



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

CORRELACIÓN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PLACA CON LOS DEL ENSAYE TRIAXIAL UU PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRA EN INGENIERÍA

Con opción terminal en Geotecnia

Presenta

ARIADNA CASTAÑEDA RODRÍGUEZ

Asesor de tesis

M.I. Miguel Ángel Figueras Corte

Puebla, Pue.

Mayo 2022



DEDICATORIA

Como uno de mis mayores triunfos, dedico este proyecto a mis padres que con mucho esfuerzo han apostado siempre por la educación y superación profesional de su familia.

A mis hermanas que son mis compañeras de vida.

A mí ser, que jamás se imaginó materializar este sueño que se convirtió en una meta, y que durante mucho tiempo puso en juicio sus capacidades y la decisión de seguir; a ella, con el mayor de los afectos. Sí lo logramos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por permitirme vivir la experiencia de una formación de posgrado, representando para mí, un periodo enriquecedor en el conocimiento profesional, así como, uno de los mayores retos a nivel personal. Por lo cual me siento profundamente orgullosa de concluir exitosamente.

A mis hermanas, mi admiración por su intelecto y su trabajo, me retan constantemente a mejorar para permanecer a su altura, gracias por ser siempre mi hogar.

Agradezco a mi asesor M.I. Miguel Ángel Figueras Corte por compartir de manera generosa siempre su conocimiento, confianza y apoyo para el desarrollo de este proyecto tan importante. Además de representar de manera personal, un alguien trascendente dentro de mi formación profesional y gran influencia en mi afecto por el área de geotecnia.

Un agradecimiento especial a la M.I. Araceli Aguilar Mora por su disposición durante la revisión constante de mi trabajo y su certero conocimiento brindando a este proyecto el enfoque esperado.

Agradezco al Mayor Apolo Castillo Zetina Ingeniero residente de la secretaria de la Defensa Nacional, por brindarme la oportunidad de trabajar en un proyecto tan importante a su cargo, así como por su colaboración al proporcionar los espacios, maquinaria, equipo y personal de apoyo durante la ejecución de los trabajos de campo en el frente a su cargo.

Agradezco al Ing. Marco Antonio Trejo Garrido por su valiosa amistad, por confiar en mis capacidades, por su ayuda incondicional. Así como, la disposición de su tiempo, equipo, personal e instalaciones proporcionadas para el desarrollo de las pruebas de campo y laboratorio realizadas durante este proyecto. Sin duda alguna, su contribución fungió un factor determinante para el desarrollo exitoso de esta investigación.

ÍNDICE

1. CAPITULO 1. MÓDULO ELÁSTICO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	7
1.1. Concepto de módulo elástico	8
1.2. Aplicación al diseño de pavimentos	10
1.2.1. Pavimentos Flexibles.....	12
1.2.2. Pavimentos Rígidos.....	12
1.3. Métodos de obtención de los módulos elásticos de los suelos	16
1.3.1. En campo	16
1.3.2. En Laboratorio	22
2. CAPITULO 2. PRUEBAS EN CAMPO Y LABORATORIO	30
2.1. Ubicación de muestreo inalterado y pruebas de placa.....	30
2.2. Pruebas de placa estática	31
2.3. Pruebas índice y clasificación de suelos.....	34
2.4. Ensayes triaxiales	39
2.5. Metodologías para la determinación del módulo de elasticidad	44
2.5.1. Determinación del módulo de elasticidad en pruebas triaxiales	44
2.5.1. Determinación del módulo de elasticidad para pruebas de placa estática.....	46
3. CAPITULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR CORRELACIÓN.	48
3.1. Correlación lineal simple	51
3.2. Correlación lineal múltiple	55
3.2.1. Modelo 1	56
3.2.2. Modelo 2.....	56
3.2.3. Modelo 3.....	56

3.2.4. Modelo 5.....	57
3.2.1. Modelo 6.....	57
3.3. Correlación no lineal.....	59
CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS	65
BIBLIOGRAFIA	70
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Las propiedades de esfuerzo y deformación resultan importantes en el comportamiento de un suelo; debido a que no es isótropo, sus propiedades varían según la dirección en que éstas son medidas.

Según Chávez (2016), el módulo elástico es una constante de proporcionalidad entre el esfuerzo de tensión aplicado y la deformación provocada, que indica el límite a partir del cual un material sufre una transición elástico-plástica en su deformación y éstas comienzan a ser permanentes hasta alcanzar su límite de fluencia, en donde solo ocurren deformaciones plásticas.

Su importancia radica en su empleo para la solución de diferentes problemas geotécnicos como lo son el cálculo de asentamientos, el diseño de pavimentos bajo un criterio mecanicista, la obtención del módulo de reacción para desarrollar el diseño de un pavimento rígido; o bien, para el cálculo de la capacidad de carga y la determinación del grado de compactación (Lehmann et al, 2020)

Existen diversas pruebas en campo mediante las cuales se determina el módulo de elasticidad del suelo (E); entre éstas, podemos encontrar el ensaye de placa estática, que según Hasard (2015), consiste en aplicar una carga al suelo y medir el desplazamiento vertical de un punto de la superficie de este bajo el centro de una placa circular rígida, sometida a uno o varios ciclos de carga predefinidos. También, se cuenta con la prueba del presiómetro de Menard que según Das (2015) consiste en la introducción de una sonda en una perforación para hacerla expandirse y de este modo medir las deformaciones producidas por ésta en las paredes de la perforación.

Por otra parte, también existen pruebas de laboratorio con las que se puede determinar la misma propiedad mecánica del suelo; como lo son las pruebas triaxiales, las cuales permiten determinar características de resistencia al corte del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción, así como, la presión de poro, la rigidez y propiedades de deformación. Gómez et al (2018) las describe como:

Las pruebas triaxiales son los ensayos de laboratorio que permiten someter al suelo a condiciones de esfuerzo de confinamiento similares a las que se tienen en campo y luego incrementar el esfuerzo axial hasta llevarlo a la falla y a partir de la información generada determinar los parámetros mecánicos del suelo.

Ahora bien, la elección del método para la determinación del módulo elástico resulta un factor importante debido a que cada uno de ellos representa un tiempo de ejecución, un costo determinado para la obra, así como el empleo de equipo y mano de obra para su realización, además de personal capacitado para la ejecución de cada prueba. Es entonces, que en la práctica la mayoría de las ocasiones, su determinación se realiza mediante el empleo de correlaciones.

En el diseño de pavimentos, el módulo de elasticidad de los materiales que conforman las terracerías ya sea medido en campo o en laboratorio, no está representado de modo correcto debido a que la estructura natural del material ha sido desintegrada durante el proceso de tendido de cada una de las capas para conformar la estructura terrea.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la correlación de los resultados de la prueba de placa con los del ensaye triaxial UU con probetas restituidas para la obtención del módulo elástico en el diseño de pavimentos.

Objetivos Específicos:

- Determinar los módulos elásticos del suelo mediante pruebas en campo empleando la placa estática.
- Realizar pruebas triaxiales tipo UU con probetas restituidas para obtener los módulos elásticos del suelo.
- Establecer la relación entre los datos obtenidos de las mediciones comparando la dispersión entre estos para definir una correlación.

ALCANCES

En el primer capítulo se aborda el concepto de modulo elástico, así como la importancia de una correcta caracterización, los métodos empleados para su obtención mediante pruebas de campo y laboratorio, además de las metodologías de diseño en las cuales se requiere la aplicación de este en el diseño de pavimentos.

Durante el segundo capítulo se describen las pruebas de campo, realizadas mediante el equipo de placa estática, su localización y la normativa aplicada para su desarrollo. Del mismo modo se presenta la ubicación de los bancos muestreados para la obtención de los materiales empleados en las pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas, las pruebas de laboratorio realizadas para su clasificación, así como las consideraciones y procedimientos realizados durante las pruebas triaxiales y los resultados obtenidos. Posteriormente, se describe la metodología para la determinación del módulo elástico a partir de las mediciones realizadas de las pruebas de campo y laboratorio.

Finalmente, en el tercer capítulo se expone las consideraciones para el desarrollo en la correlación de los datos, el análisis de correlación realizado a partir de los valores de módulo elástico determinados mediante las pruebas de campo y laboratorio, además de las propiedades físicas y mecánicas medidas.

En consecuencia, se presenta las correlaciones lineales determinadas, así como las regresiones para el cálculo del módulo elástico en campo a partir de distintas propiedades como el grado de compactación, contenido de agua natural, límites de consistencia, masa volumétrica seca máxima, entre otras.

CAPITULO 1. MÓDULO ELÁSTICO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Actualmente a través de la red nacional de carreteras se moviliza el 55% de la carga nacional y más del 96% de los pasajeros del país (SCT, 2017). Lo que indica que la infraestructura carretera es la red más importante en México mediante la cual se permite la conexión para el desarrollo económico y social del país.

De acuerdo con Garnica et al (2002):

El diseño, análisis y evaluación estructural de las condiciones de los pavimentos comúnmente se basan en el análisis de la teoría elástica multicapas; este acercamiento ofrece la posibilidad de una solución racional al problema de diseño. El éxito de esta aproximación depende de la precisión y la manera en que las propiedades de los materiales son evaluadas y utilizadas.

Debido a lo anterior, resulta importante realizar una fiel caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales a utilizar en la construcción del pavimento, durante la etapa de diseño.

La etapa de exploración del sitio del proyecto, así como de los bancos de préstamo que suministran el material para la construcción de las diferentes capas de un pavimento, permiten la toma de muestras para su caracterización mediante pruebas de laboratorio, así como la ejecución de pruebas de campo que resultan de gran ayuda para conocer sus propiedades físicas y mecánicas y, con ello, estimar su comportamiento. Sin embargo, el suelo es un medio anisotrópico que, al modificar su estructura natural, con el propósito de cumplir la normativa mexicana para el diseño de pavimentos, ésta se ve alterada.

El módulo elástico del suelo es empleado en el diseño de pavimentos como un parámetro que indica la rigidez de la estructura, el valor asignado para cada capa terrea garantizará que el trabajo en conjunto de las mismas sea satisfactorio.

Debido a esto se han desarrollado equipos que permiten su determinación de forma rápida y precisa, sin embargo, muchas de ellos se emplean cuando la estructura de pavimento ya está conformada, como control de calidad, o bien, durante la exploración del banco de préstamo donde las propiedades medidas son en su estado natural, además de representar un costo adicional al proyecto.

De acuerdo con lo anterior, lo recomendable es conocer el valor del módulo elástico del suelo durante la etapa del diseño de pavimentos obedeciendo a la condición desestructurada del material con el que se conformaran las diferentes capas. Su importancia es trascendente para describir la rigidez de un suelo para el cálculo de asentamientos y modelaciones, tal como lo cita Pineda et al (2014)

1.1. Concepto de módulo elástico

Briaud (2013) establece que la teoría de elasticidad relaciona los esfuerzos y deformaciones de forma lineal, en otras palabras, que en un cuerpo sólido hay seis esfuerzos y seis deformaciones, por lo que la matriz que los relaciona se forma por 36 constantes, que al satisfacer la isotropía y la simetría reduce esas constantes a solo dos: el módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson (ν). De forma matricial las ecuaciones de elasticidad son:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & 1 & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & -\nu & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 + \nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 + \nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 + \nu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_{xx} \\ \tau_{yy} \\ \tau_{zz} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix} \quad (\text{Ec. 1})$$

Adicional a lo anterior, Verruijt (2018), cita que en la mecánica aplicada la relación entre esfuerzos y deformaciones de un material elástico lineal isótropo se describe mediante al módulo de Young y la relación de Poisson”

Briaud (2001) establece en su artículo "Introduction to Soil Moduli" que, debido a que la curva de esfuerzo-deformación del suelo es no lineal, la pendiente de esta curva no puede ser considerada como el módulo elástico del mismo, ya que la teoría de elasticidad para una carga simétrica axialmente considera deformaciones en tres direcciones. Sin embargo, esta hipótesis sí es válida cuando la presión de confinamiento, durante la obtención del valor del módulo elástico, es cero. Por ello, el módulo elástico está relacionado con las condiciones de confinamiento y esfuerzos a los que se encuentra sometido el suelo, y su magnitud varía con el nivel de esfuerzo y deformación, así como con la velocidad de carga y el drenaje que el suelo presenta.

Apoyando lo anterior, se tiene:

El comportamiento mecánico de determinadas sustancias como lo son los suelos, rellenos, capas cementadas y materiales similares, no sólo es no lineal e irreversible en términos de distorsión espacial, sino que además depende de la disposición actual de los granos, del estado de esfuerzos y de su historia, así como de la historia de la deformación del material. (Zgútová et al, 2005)

No obstante, aunque la pendiente de la curva esfuerzo-deformación del suelo estrictamente no es el módulo elástico, la pendiente sí se asocia a un parámetro.

Para los suelos, el módulo elástico es un parámetro que varía de acuerdo con sus propiedades índice y mecánicas por lo que su valor es dependiente de otros factores, según Briaud (2001) este menciona algunos como el contenido de agua, la estructura del suelo, la historia de esfuerzos a la cual ha sido sometido, entre otros. Además, integra dos grupos que influyen en su magnitud.

Dentro del primer grupo, considera los factores que se relacionan a su estado, como la compacidad del suelo, la cual, al resultar un valor alto, refiere también un módulo elástico mayor. Entre estos, también se encuentra la estructura del suelo y su contenido de agua, que al tener un valor bajo, reduce el espacio entre las partículas

e incrementa el módulo ; sin embargo, en el caso de los suelos gruesos, al tener un contenido de agua bajo y pretender su reacomodo, no se genera la suficiente compactación y su valor disminuye. Otro factor es su historia de esfuerzos, por ejemplo, cuando un suelo es sobreconsolidado, presenta un módulo mayor en comparación a los normalmente consolidados, debido a que los primeros se ubican en el tramo de recarga de la curva de compresibilidad. Por último, también se considera la cementación entre partículas, lo que aumenta significativamente su magnitud.

El segundo grupo considera la influencia de cargas, es decir, los esfuerzos aplicados a la masa de suelo pueden ser de tipo normal, cortante o una combinación de ambas, los cuales tienen una importante influencia en el valor del módulo elástico debido al efecto de confinamiento. Cuanto mayor sea el confinamiento, mayor será el valor del módulo elástico. Otro parámetro que influye en su valor es la velocidad de deformación, cuanto más rápido se aplica la carga al suelo más rígido es y, en consecuencia, el valor de módulo es mayor, no olvidando que el número de ciclos de carga influye en el módulo.

1.2. Aplicación al diseño de pavimentos

Minaya y Ordóñez (2006) mencionan que el nivel de esfuerzos aplicado al suelo a través de la estructura de pavimento es mínimo comparado con la deformación de falla, por eso se asume que existe una relación lineal entre los esfuerzos y las deformaciones.

Siendo el módulo elástico un parámetro que nos permite estimar las deformaciones producidas bajo la aplicación de cargas, en un pavimento que se encuentra sometido a ciclos de carga y descarga, Minaya y Ordóñez (2006) indican que lo anterior produce componentes de deformación plásticas, no recuperables y de deformación elástica, recuperable. En donde los ciclos continuos de carga provocan que los incrementos de deformación plástica tiendan a desaparecer y las deformaciones elásticas a ser constantes.

El parámetro que se emplea para relacionar el esfuerzo aplicado con la deformación elástica, donde la condición en la que el suelo no acumula más deformaciones plásticas es el Módulo Resiliente, tal como se muestra en la Figura 1.1.

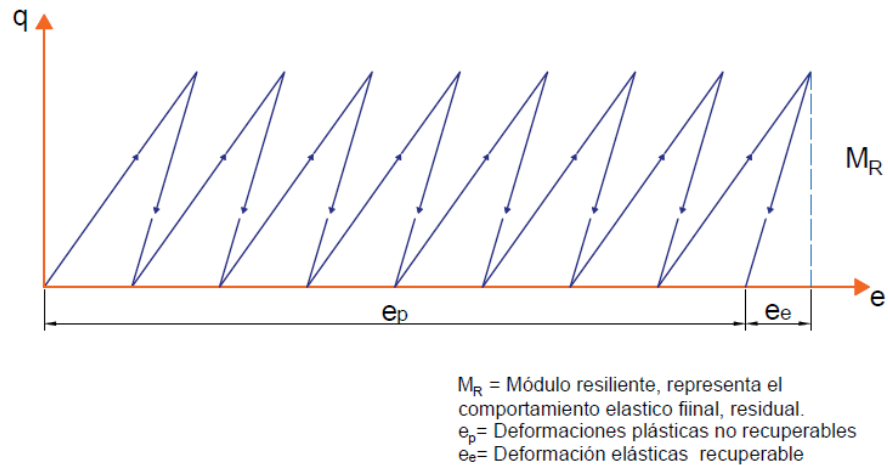


Figura 1.1. Comportamiento del suelo ante ciclos de carga-descarga (Modificado de Minaya y Ordóñez ,2006)

Sin embargo, este parámetro no representa el comportamiento total, desde el inicio del ciclo de cargas hasta el final, y puede llegar a ser 10 veces más el valor del módulo elástico.

Dado que los métodos de diseño para pavimentos parten del entendido que las propiedades mecánicas de los materiales que son necesarias para su desarrollo son conocidas, es importante contar con un valor de módulo elástico durante el diseño que represente las condiciones del material en campo. Si lo anterior se logra se tendrá una sección de pavimento funcional y económicamente óptima.

1.2.1. Pavimentos Flexibles

Se denominan pavimentos flexibles a todos aquellos que están formados por una capa bituminosa apoyada sobre una o varias capas de gran flexibilidad (base y subbase) que transmiten los esfuerzos al terreno de soporte mediante un mecanismo de disipación de esfuerzos, los cuales van disminuyendo con la profundidad (Higuera, 2011).

Las metodologías para el diseño de pavimentos flexibles consisten en la determinación de los espesores de las capas que conforman la estructura de acuerdo con las características de los materiales empleados en conjunto de que la sección sea capaz de satisfacer las repeticiones admisibles.

1.2.2. Pavimentos Rígidos

Según Higuera (2011), son aquellos que están constituidos por una losa de concreto hidráulico de gran rigidez, apoyada sobre la subrasante o una capa de material seleccionado que se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como a su elevado módulo de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

Si bien en los métodos de diseño el módulo de elasticidad no se emplea directamente, el módulo de reacción de la subrasante (k) si puede definirse a partir de él, según Otálvo y Nanclares (2008) su determinación es como lo indica la Ec. 2.

$$K_s = \frac{E_s}{1 - \nu^2} I \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

E_s = Módulo de elasticidad del suelo

ν = Relación de Poisson

I = Coeficiente de influencia

Por último, en las tablas 1.1 y 1.2 se presentan los métodos de diseño para pavimentos flexibles y rígidos, respectivamente, indicando la ecuación aplicada para la obtención del módulo de elasticidad.

Tabla 1.1. Métodos de diseño para pavimentos flexibles

Tipo de pavimento	Método de diseño		
		Método UNAM	Método del Instituto del Asfalto
	Ecuación general		
	$\log_{10}(W_{18}) = z_r + S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}[MR - 8.07]$	$Z_N = \sum_1^{i=n} a_i D_i; \widehat{VRS}_{n+1}$	-
	Variables de diseño		
Pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"> • W = Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño (ESALS). • z_r = Desviación estándar normal. • S_0 = Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural. • ΔPSI = Diferencia entre índice de servicio inicial y final. • MR = Módulo resiliente subrasante (en libras/pulgada²). • SN = Número estructural. 	<ul style="list-style-type: none"> • ZN = Espesor equivalente. • Di = espesor de capa en cm. • ai = coeficiente de equivalencia. • (VRS)ⁿ⁺¹ = Estimación del valor relativo de soporte crítico esperando en campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Tránsito equivalente. • Módulo resiliente subrasante. • Factores de ambiente. • Tipo de asfalto empleado.
Determinación usual del módulo de elasticidad	$E = 1500 \text{ CBR (Psi)}$	$E = 130 \text{ VRS}_z^{0.7}$	$E = 10.3 \text{ CBR (MPa, Psi)}$

Tabla 1.2. Métodos de diseño para pavimentos rígidos

Tipo de pavimento	Método de diseño			
	Método AASHTO	Método de PCA		
	Ecuación general			
Pavimento flexible	$\log_{10}(W_{18}) = z_r + S_0 + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.006 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times pt) \times \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\frac{Ec^{0.25}}{k}} \right]} \right]$		Erosión	Fatiga-
			$\log N = 14.524 - 6.777(C_1 P - 9.0)^{0.103}$	$D_r = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i}$
	Variables de diseño			
	<ul style="list-style-type: none"> • W_{18} = Tráfico de diseño. • z_r = Desviación estándar normal. • S_0 = Desviación estándar integral. • D = Espesor. • ΔPSI = Diferencia de serviciabilidad. • P_i = índice de servicio inicial • P_t = índice de servicio inicial • P_f = Serviciabilidad final. • $S'c$ = Módulo de ruptura del concreto. • Cd = Coeficiente de drenaje. • J = Coeficiente de Transferencia de carga. • Ec = Módulo de elasticidad del concreto. • k = Módulo de reacción de la subrasante. 		<ul style="list-style-type: none"> • N = número de repeticiones permisibles para un índice de servicio presente de 3.0. • P = proporción de trabajo o potencia • h = espesor de la losa en pulgadas. • k = módulo de reacción del apoyo, en lb/in³. • C_1 = Factor de ajuste, 1 para subbases sin trata y 0.9 para subbases estabilizadas. 	
			<ul style="list-style-type: none"> • D_r = Relación de daño acumulado en el periodo de diseño debido a todos los grupos de carga. • m = Número total de grupos de carga. • n_i = Número de cargas pronosticadas para el grupo i de cargas. 	

Determinación usual del módulo de elasticidad	$E \begin{cases} \text{Mediante tablas} \\ \text{Mediante gráficas} \end{cases}$
---	--

1.3. Métodos de obtención de los módulos elásticos de los suelos

Debido al avance tecnológico en el desarrollo de instrumentos capaces de medir y digitalizar cargas y deformaciones durante las pruebas en muestras de suelo, hoy en día se cuentan con diferentes métodos para la obtención del módulo elástico, como lo son:

- Equipo Geogauge
- Deflectómetro de impacto
- Placa dinámica
- Presiómetro de Menard
- Placa estática
- Pruebas de compresión triaxial
- Pruebas de compresión no confinada
- Pruebas de consolidación unidimensional
- Ensayo triaxial de carga repetida

1.3.1. En campo

Existen diversas pruebas en campo que permiten obtener la curva esfuerzo-deformación y, por ende, el módulo elástico, además de equipos que permiten medirlo de manera directa. Sin embargo, aunque pudieran ser las metodologías que mejor representen las condiciones del suelo en campo, los parámetros medidos son del estado natural del suelo, es decir, antes de realizar las modificaciones al material según el diseño correspondiente. O bien son metodologías empleadas como control de calidad una vez construido el proyecto.

a) Equipo Geogauge

Zgútová (2015) lo describe como un equipo portátil de medición electrónica empleado para determinar las características de deformación de estructuras terreas. Su funcionamiento consiste en la medición de resistencia estructural de la capa medida al someterla a una fuerza armónica, en consecuencia, mide la presión de la vibración transmitida a la superficie de la capa y la velocidad resultante de la superficie en función del tiempo.

Durante las mediciones, las vibraciones transmitidas por el equipo a la capa de prueba producen micromovimientos de los granos del material, provocando desplazamientos verticales del anillo que son medidos por el Geogauge y evaluados en su procesador.

El equipo mostrado en la Figura 1.2, puede ser empleado en suelos, capas cementadas ligadas con aglutinantes hidráulicos, capas de asfalto y materiales similares, debido a que no se especifica una granulometría máxima para la prueba.



Figura 1.2 Equipo Geogauge (Humboldt,2021)

b) Deflectómetro de impacto

Barman et al (2018) menciona que es un dispositivo empleado en la ejecución de pruebas no destructivas para la evaluación de pavimentos existentes; describe el proceso como la aplicación de una carga dinámica sobre una placa de carga, ubicada en la superficie del pavimento (Figura 1.3).

Las deflexiones son medidas por geófonos que se pueden ubicar según sea necesario, generalmente desde el punto de aplicación hasta 2.40 m desde el centro de la placa de carga.

De manera análoga a lo anterior, Gloria y Beltrán (2011) enuncian la prueba como la aplicación de un impulso de carga, con rango entre 2 y 15 toneladas, a través de una placa circular que se coloca sobre el pavimento; la respuesta se registra en varios sensores localizados radialmente a diferentes distancias del punto de aplicación de la carga, definiéndose una cuenca de deflexiones.



Figura 1.3. Deflectómetro de impacto (Dynatest,2021)

c) Placa dinámica

Abu-Farsakh, Alshibli, Nazzal & Seyman (2004) mencionan en su artículo “Assessment of in-situ test technology for construction control of base courses and embankments” que el deflectómetro ligero consiste en un dispositivo que produce pulsos de carga, un plato de carga y geófono central para medir las deflexiones al centro del plato. Durante el ensayo se deja caer una maza, a una altura de calibración, que será capturada después de cada impacto, mediante un acelerómetro se lee la amplitud de asentamiento al centro de la placa (Figura 1.4)

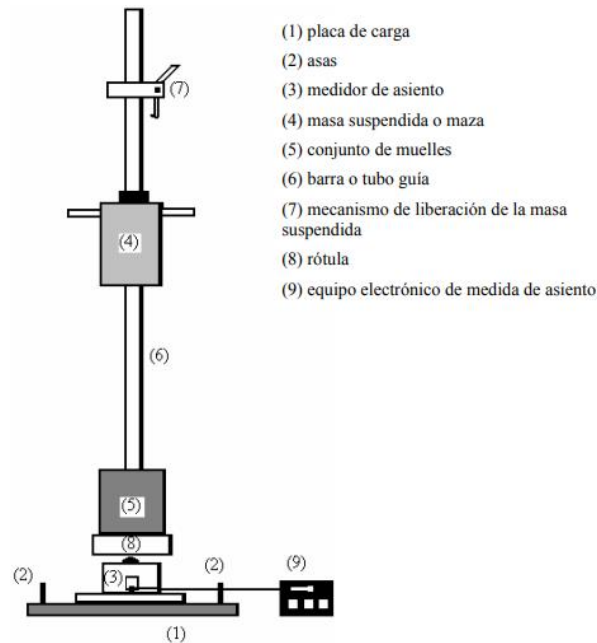


Figura 1.4 Esquema del equipo placa dinámica (Fernandez,2006)

d) Presiómetro de Menard

Galabru (2002) lo define como un ensayo que permite determinar las características mecánicas del suelo a una profundidad dada a partir de la medición de las deformaciones en un punto producidas por la aplicación de presiones crecientes.

Semejante a lo anterior, Briaud (2013), indica que la prueba de presiómetro (Figura 1.5) consiste en la perforación de un orificio de diámetro determinado a una profundidad deseada en donde se introduce una sonda cilíndrica hasta alcanzar la profundidad de la prueba, el cilindro es inflado mientras se registra la presión necesaria para ello, así como, el correspondiente aumento del radio. El resultado de la prueba es una curva esfuerzo-deformación que proporciona una serie de parámetros útiles del suelo: como el módulo (E_o), denominado primer módulo de carga; la presión (p_{ho}), la presión de fluencia (p_y) y una resistencia del suelo llamada presión límite (p_L).

De acuerdo con Poma et al (2020) el ensayo puede realizarse en suelos de todo tipo con excepción de rocas muy duras.

Dentro de las propiedades que se pueden determinar a partir de la prueba, Tranquilino et al (2019) enuncia el módulo de compresión, resistencia a la tensión, compacidad, ángulo de fricción y rigidez del suelo.

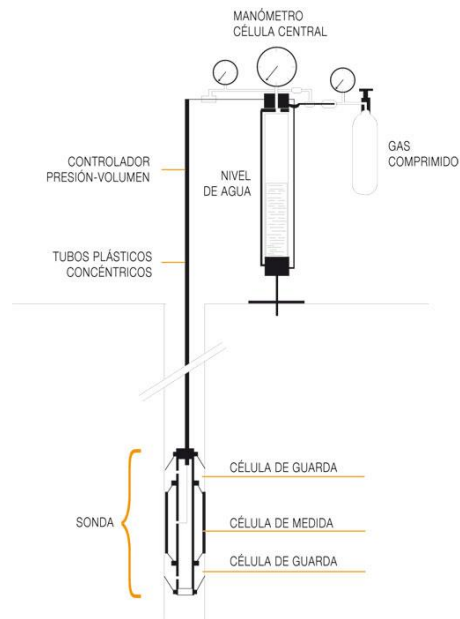


Figura 1.5. Esquema de ensayo presiométrico (Lapresta,2013)

e) Placa estática

Cruz et al (2014) señala que el ensayo de placa estática permite determinar las características esfuerzo-deformación del suelo mediante la aplicación de cargas a una serie de placas circulares para medir las deformaciones a cierto esfuerzo, tal como se precia en la Figura 1.6.

Añadiendo lo anterior, Briaud (2011) compara la prueba con el comportamiento de la cimentación bajo la aplicación de cargas.

Una serie de cargas es aplicada en incrementos del 10% al 20% de la capacidad de carga estimada y es mantenida hasta que los asentamientos son mínimos, registrando solo el asentamiento final. El incremento de cargas es aplicado hasta que ocurre la falla o bien cuando los asentamientos exceden el 10% del diámetro del plato.

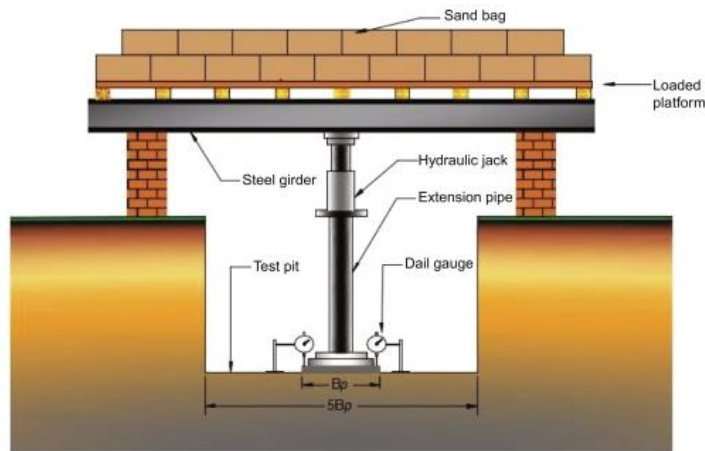


Figura 1.6. Esquema del ensayo de placa estática (Patel,2019)

En la prueba se determina el parámetro K , conocido como módulo de reacción de la subrasante, coeficiente de balasto o módulo de Westergaard, este parámetro es empleado para el diseño de pavimentos rígidos.

f) Prueba de penetración de cono

Poma et al (2020) expone que el ensayo consiste en la introducción continuada de un cono con dimensiones normalizadas mediante presión hidráulica al suelo de prueba. (Figura 1.7)

Otros autores como González (2001) y Das (2015), concuerdan con que tipo de ensayos miden la resistencia del suelo a la penetración de las barras con punta en forma de cono (q_c), que es introducida lentamente en el suelo durante la prueba para considerar los efectos dinámicos son despreciables, así como la resistencia a la fricción (q_s) de un manguito con el suelo circundante.

De acuerdo con Poma et al (2020) dentro de los parámetros que puede determinarse mediante la resistencia por punta (q_c) medida en este ensayo se encuentran el módulo de corte (G), y el módulo de elasticidad (E). Por ejemplo González expone en su trabajo una gráfica por Bellotti (1981) para la determinación del módulo elástico en suelos arenosos.

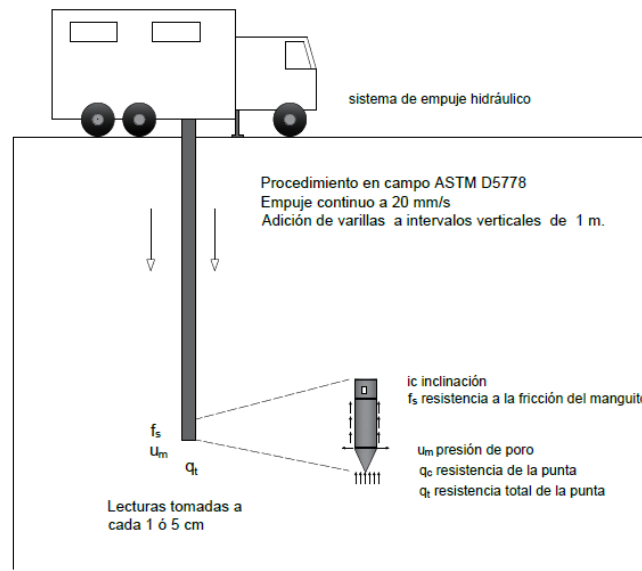


Figura 1.7 Configuración de CPT (Modificado de Briaud,2013)

1.3.2. En Laboratorio

Existen pruebas de laboratorio en las cuales se realizan registros de esfuerzo-deformación que nos permiten determinar el valor del módulo elástico. A continuación, se describen las pruebas mayormente empleadas en la práctica profesional.

a) Pruebas de compresión triaxial

Gómez et al (2018) refiera a las pruebas triaxiales como ensayos de laboratorio en los cuales se aplica al suelo esfuerzos de confinamiento semejantes a los que experimenta en campo, además del esfuerzo axial, el cual se incrementa hasta hacer fallar la probeta de prueba, refiere que a partir de la información de la prueba se pueden determinar parámetros mecánicos.

Este tipo de pruebas permiten determinar características de resistencia al corte del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción, así como, la presión de poro, la rigidez y propiedades de deformación entre otras.

En la opinión de Verruijt (2018) las pruebas triaxiales poseen ese nombre debido a que los esfuerzos aplicados ocurren en tres direcciones, por lo que existen ensayos en los cuales los esfuerzos que se aplican de forma ortogonal a la muestra pueden ser todos diferentes; sin embargo, en las pruebas triaxiales normales los dos esfuerzos horizontales aplicados son idénticos.

Aportando a lo anterior, el procedimiento descrito por Briaud (2013) señala la colocación de dos discos porosos encima y debajo de una muestra cilíndrica; enseguida ésta es colocada dentro de una membrana impermeable e introducida en la cámara triaxial. Posteriormente el pistón se pone en contacto con la muestra y la prueba comienza. La prueba radica en someter a la probeta cilíndrica a dos etapas de carga. La primera etapa consiste en aplicar un esfuerzo de confinamiento que corresponde al principal menor (σ_3), mediante el llenado de la cámara por un líquido, mientras que la segunda etapa consiste en aplicar una fuerza axial a la cámara mediante el desplazamiento del fondo del marco, lo que corresponde al esfuerzo principal mayor (σ_1). El equipo empleado para realizar la prueba se muestra en la Figura 1.8.

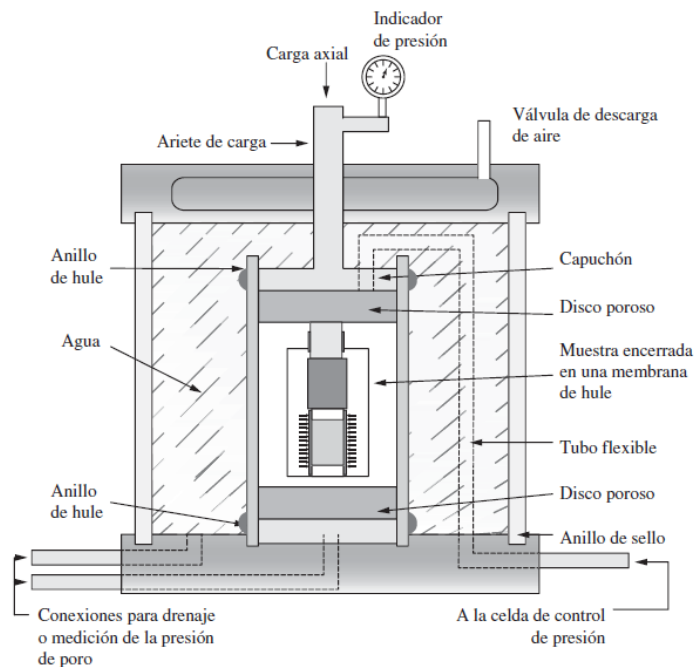


Figura 1.8 Diagrama de equipo triaxial (Das ,2015)

b) Pruebas de compresión no confinada

Como plantea Braja Das (2015), esta prueba es un caso especial del ensaye triaxial no consolidado-no drenado y se utiliza normalmente para muestras de arcillas. La presión de confinamiento durante el desarrollo de esta prueba es cero, donde a la muestra se le aplica una carga axial para provocar una falla, en la Figura 1.9 se aprecia la configuración del equipo.

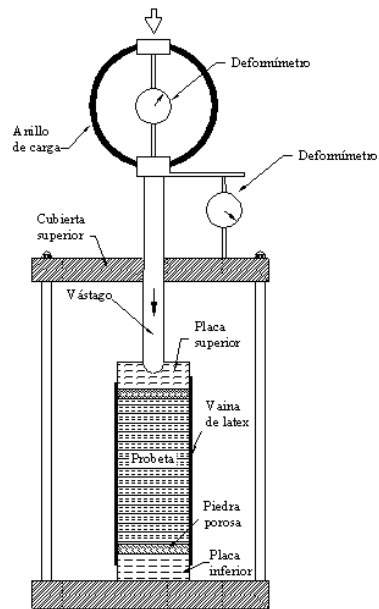


Figura 1.9. Esquema de prueba de compresión no confinada

c) Ensayo triaxial de carga repetida

La prueba de laboratorio disponible para determinar el valor de modulo resiliente en materiales granulares es el ensayo triaxial de carga repetida, el cual, Jiménez (2009) lo define como la aplicación de una serie de cargas axiales por un periodo muy corto de tiempo, dando un lapso de reposo entre cargas mientras que al mismo tiempo se aplica una presión de confinamiento constante.

En esa misma línea, Calderón y Muniz (2018) establecen que el ensayo se realiza de manera análoga a una prueba triaxial en donde se realiza la aplicación de esfuerzos principales (σ_3 y σ_1) en una condición de axisimetría sobre un cuerpo de prueba cilíndrico y enseguida se aplica un esfuerzo desviador repetidamente mediante un pulso de carga con frecuencia típica de 1 ó 2 Hz.

La probeta por ensayar posee un diámetro y altura de 10 cm y 20 cm, respectivamente, y es conformada mediante compactación o extraída en campo con muestras cúbicas. El ensayo se realiza en la condición no consolidada drenada y los especímenes son no saturados (Figura 1.10).

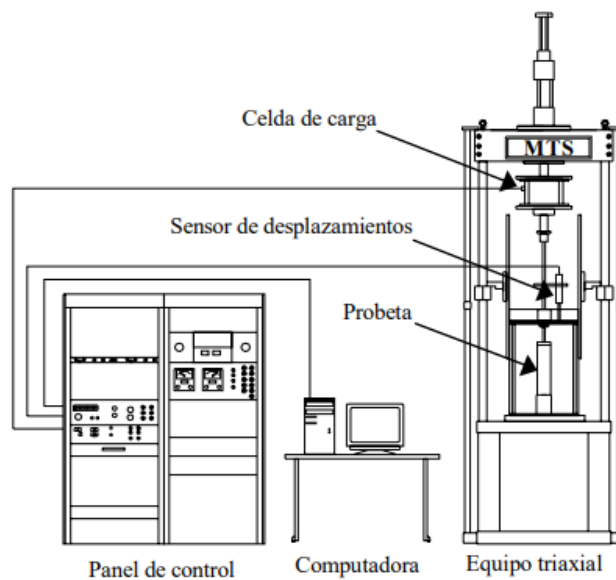


Figura 1.10. Esquema de equipo triaxial cíclico (Flores et al, s.f.)

Por último, se presenta la tabla 1.3 donde se observa un resumen de las diferentes pruebas que son útiles para obtener el módulo de elasticidad en campo o laboratorio, además de las ventajas y desventajas que presenta cada una de ellas.

Tabla 1.3 Pruebas de campo para la obtención de módulo elástico del suelo.

Método	Descripción	Aparato de medición	Parámetro obtenido	Norma de estandarización	Ventaja	Desventaja
Geogauge	Equipo portátil para la determinación de las características de deformación de estructuras terreas, de forma electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> sensores de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo de elasticidad Módulo de rigidez Coefficiente de Poisson Medición de módulos que definen una compactación relativa Densidad 	ASTM D6758	<ul style="list-style-type: none"> Equipo portátil Mediciones in situ Permite el control de calidad de compactación en subrasantes, subbases y bases. Obtención rápida de datos Permite la estimación de CBR y módulo de resiliencia No se establece un tamaño máximo de las partículas de la capa a probar. 	<ul style="list-style-type: none"> El valor del módulo obtenido es en estado natural o cuando una capa de terracería ya está conformada. Profundidad de alcance de 0.30 m
Deflectómetro de impacto FWD	Dispositivo empleado en la ejecución de pruebas no destructivas para la evaluación de pavimentos existentes.	<ul style="list-style-type: none"> Geófonos 	<ul style="list-style-type: none"> Deflexión Rigidez de estructura de pavimento Evaluación de capacidad estructural Vida remanente Módulo elástico 	ASTM E2583	<ul style="list-style-type: none"> Método no destructivo Rápido Datos estructurales precisos, reproducibles y repetibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Deben detenerse el tránsito durante la prueba.
Placa dinámica (LFWD o LWD)	Dispositivo portátil usado para determinar el módulo dinámico del suelo el equipo comprende una placa de carga, un medidor de deformación y equipo de carga.	<ul style="list-style-type: none"> Para la carga: celda de carga Para deformación: Sensor acelerómetro geófono 	<ul style="list-style-type: none"> Deformación Módulo dinámico Velocidad 	ASTM 1194	<ul style="list-style-type: none"> Resultados inmediatos Rápida comprobación Medición in situ Control en zonas de difícil acceso Peso reducido Disponibilidad de resultados inmediatos 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño máximo de las partículas que conforman el medio a probar es de 63mm La profundidad de influencia depende del diámetro de la placa.

Método	Descripción	Aparato de medición	Parámetro obtenido	Norma de estandarización	Ventaja	Desventaja
Presiómetro de Menard	Equipo para realizar ensayos de suelo "in situ". Consta de tres componentes principales, los cuales son: - La Unidad de Control - El Tubo Coaxial - La Probeta	<ul style="list-style-type: none"> Celda de medición 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo Presiométrico Presión de Fluencia Presión Límite. Mediante expresiones se puede obtener: Modulo elástico Resistencia al corte no drenado en arcilla Ángulo de fricción interna en arenas 	ASTM 4719	<ul style="list-style-type: none"> La prueba es rápida (10 min) Puede ser empleado en suelos y rocas blandas. Se obtiene una curva esfuerzo-deformación del sitio y a partir de estas otras propiedades. Es relativamente económico. Se pueden hacer pruebas de carga cíclica. Se puede determinar el esfuerzo horizontal del suelo. Los ciclos de carga y descarga permiten mitigar las perturbaciones producidas al realizar el empleo de una perforación. El presiómetro puede ser colocado adecuadamente evitando perturbaciones del terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere perforación Requiere la calibración de sondas La confiabilidad de los datos depende del ajuste de la perforación con la probeta del equipo Sobreestima los valores de cohesión Subestima los valores de ángulo de fricción Se requiere personal calificado para operar el equipo, que es un tanto sofisticado. Los efectos de esfuerzos y alivio sobre las paredes de la excavación deben ser considerados para calibrar el ensayo No se obtienen muestras
Placa estática	Equipo empleado para realizar pruebas in situ para conocer la capacidad de carga del suelo, se conforma por una serie de placas de acero, deformímetros, gato hidráulico.	<ul style="list-style-type: none"> Deformímetros 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo de reacción (k) Deformaciones Esfuerzos 	AASHTO-T222 ASTM E2835	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento sencillo Los datos determinados se pueden emplear como parámetro de diseño o como verificación de control de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere el empleo de maquinaria pesada para funcionar como contrapeso. Se necesita más de un operador. El equipo es pesado. La preparación de la prueba es relativamente tardada.
Penetración de cono	Prueba para determinar la resistencia de penetración por punta y fricción	<ul style="list-style-type: none"> Celdas de carga Celdas eléctricas extensómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia por punta Resistencia por fricción Presión de poro Permeabilidad 	ASTM D 5778	<ul style="list-style-type: none"> Registro continuo de información Medición de resistencia por fricción directa Si se instrumentan se puede medir presión de poro y permeabilidad Mediante correlaciones se puede obtener: resistencia al corte no drenado, relación de sobre consolidación, clasificar el suelo, Ángulo de fricción drenado, Módulo de elasticidad, módulo de corte 	<ul style="list-style-type: none"> No se obtienen muestras Dificultad en la penetración de suelos densos o materiales duros. Instrumentación relativamente costosa

Método	Descripción	Aparato de medición	Parámetro obtenido	Norma de estandarización	Ventaja	Desventaja
Pruebas triaxiales	Método para la obtención de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo. La prueba consiste de dos etapas: La primera la muestra de suelo es sometida a esfuerzos de confinamiento y en la segunda un esfuerzo desviador se aplica para hacerlo fallar.	<ul style="list-style-type: none"> Celda de carga 	<ul style="list-style-type: none"> ϕ-ángulo de fricción interna c-cohesión 	ASTM D 2850	<ul style="list-style-type: none"> Permite simular diferentes condiciones del suelo en campo. Proporciona información esfuerzo-deformación unitaria del suelo. Permite medir cambios volumétricos y presiones de poro. Controlar condiciones de drenaje Permite el cálculo de módulos a través de las deformaciones medidas Mide el cambio volumétrico 	<ul style="list-style-type: none"> Algunas de las pruebas son tardadas Solo puede simular condiciones axisimétricas a la muestra
Compresión no confinada	Es una prueba no consolidada-no drenada especial para especímenes de arcilla que permite obtener la resistencia a compresión de los suelos mediante la aplicación de carga axial a deformación controlada.	<ul style="list-style-type: none"> Celda de carga (straining gages) Diales 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a compresión Curva esfuerzo-deformación 	ASTM D 2166	<ul style="list-style-type: none"> Proceso rápido Económico El equipo empleado no es especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> No se puede variar el esfuerzo intermedio σ_2 y menor σ_3. Se realizan solo en materiales cohesivos.
Ensayo triaxial de carga repetida	También conocido como ensayo triaxial cíclico, tiene como finalidad conocer el comportamiento esfuerzo-deformación y la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo que, similar al ensayo triaxial, un esfuerzo desviador es aplicado, pero de forma cíclica a una muestra confinada previamente.	<ul style="list-style-type: none"> Celda de carga sensores o transductores de movimiento (LVDT's) 	<ul style="list-style-type: none"> Curva esfuerzo-deformación 	ASTM D 3999. AASHTO T274	<ul style="list-style-type: none"> Representa mejor los ciclos de carga y descarga a los cuales está sujeto el pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Prueba costosa Equipo no es común y es costoso Es difícil conseguir medidas de deformación cortante por debajo de 10-2 %. Las fases de extensión y compresión de cada ciclo producen diferentes resultados. Durante el ensayo triaxial cíclico, se producen cambios en la relación de vacíos dentro de la probeta.

Método	Descripción	Aparato de medición	Parámetro obtenido	Norma de estandarización	Ventaja	Desventaja
						<ul style="list-style-type: none"> • En la parte superior y en la base de la probeta, se generan concentraciones de esfuerzos. • El esfuerzo mayor principal, cambia de dirección en 90° durante el ensayo.

CAPITULO 2. PRUEBAS EN CAMPO Y LABORATORIO

2.1. Ubicación de muestreo inalterado y pruebas de placa

Se realizó el muestreo de tres bancos de materiales, ubicados al sureste del municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México; la Tabla 2.1 muestra la localización de cada banco y la distribución se muestra en la Figura 2.1 .

Tabla 2.1 Localización de bancos de materiales

Denominación	Coordenadas UTM	
	x	y
Banco No. 3	502162.20	2184812.74
Banco No. 4	498376.00	2185249.00
Banco No. 5	500011.64	2180853.

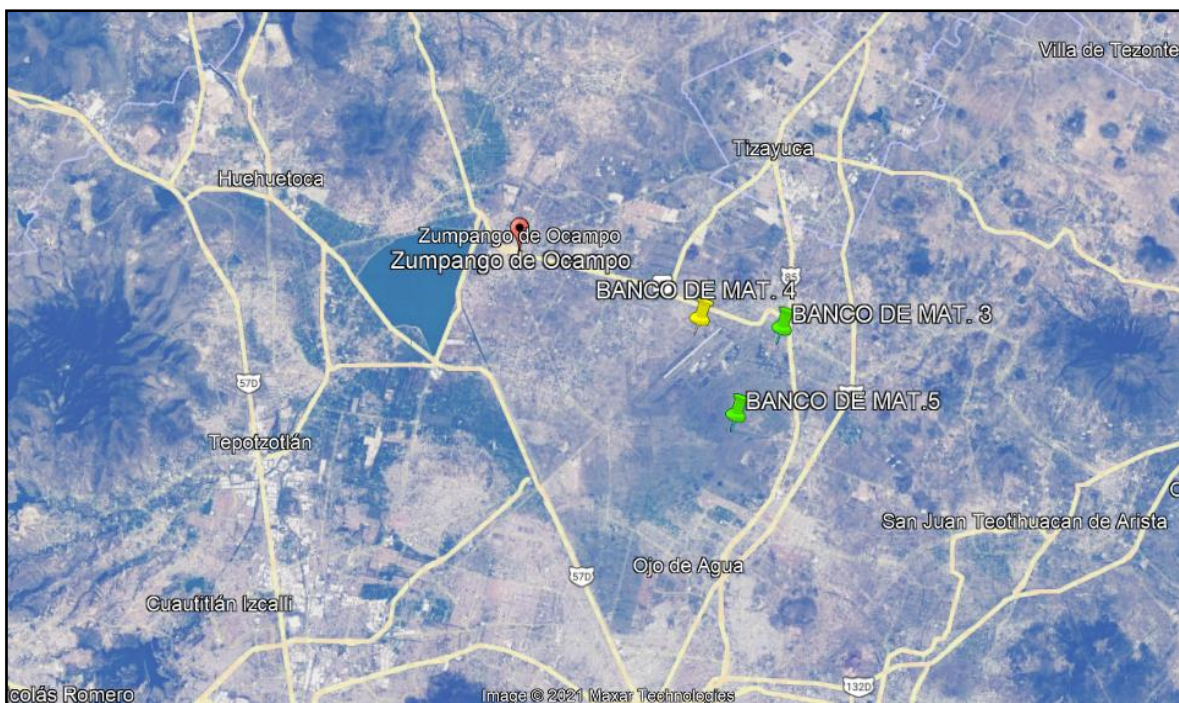


Figura 2.1. Distribución de bancos.

El muestreo inalterado se realizó bajo lo establecido en la norma M-MMP-1-01/03. Se obtuvieron un total de 10 muestras cúbicas inalteradas, en la Tabla 2.2 se presenta la cantidad de muestras obtenidas por banco, así como el nombre de cada uno.

Tabla 2.2. Resumen de muestras obtenidas por banco.

Nombre	Cantidad de muestras obtenidas	Número de muestra
Banco No. 3	5	MC-01
		MC-02
		MC-03
		MC-09
		MC-10
Banco No. 4	1	MC-04
Banco No. 5	4	MC-05
		MC-06
		MC-07
		MC-08

2.2. Pruebas de placa estática

Las pruebas de campo consistieron en la ejecución de 10 pruebas de placa estática bajo el procedimiento establecido en la norma AASHTO T-222: “Pruebas no repetitivas de carga de placa estática de suelos y componentes flexibles de pavimento para su uso en evaluación y diseño de pavimentos para aeropuertos y carreteras”.

El equipo para la prueba de placa estática se describe a continuación en la Tabla 2.3

Tabla 2.3. Equipo empleado para la ejecución de prueba de placa estática

Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Otros
Placa	DAVI	-	-	-
Gato Hidráulico	Truper	GAT-50	50 ton	-
Indicador de peso digital	INSTRUTEK	TEK METER	100 ton	-
3 bases Magnéticas	WESTON TOOLS	STWS 7000-0005	-	-
Dial 1	MITUTOYO	CZL238	20 mm	-
Dial 2	MITUTOYO	CZL238	20 mm	-
Dial 3	MITUTOYO	CZ6238	20 mm	-
Camión de carga	KENWORTH	T800	14 m ³	Peso de vehículo 15 ton

La ejecución se llevó a cabo en la capa subrasante correspondiente a las terracerías de un camino perimetral ubicado en el municipio de Zumpango de Ocampo; su denominación y localización se muestra en la Tabla 2.4 , por otra parte, su distribución se observa en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Localización de pruebas de placa realizadas

Tabla 2.4 Coordenadas UTM de las pruebas de placa realizadas.

Prueba	Coordenadas UTM	
	X	Y
PE -01	496271.99	2184328.54
PE-02	494300.20	2182072.99
PE-03	494952.92	2180872.32
PE -04	497360.15	2180471.30
PE -05	501052.49	2180691.56
PE-06	502336.39	2181168.06
PE-07	501760.85	2184935.41
PE-08	499998.43	2185565.00
PE-09	497790.12	2185626.85
PE-10	502558.72	2182773.83

El procedimiento empleado para la realización de la prueba se describe a continuación:

Como trabajos preliminares la norma AASHTO T-222 establece la limpieza de cualquier material suelto en el área de estudio, al tratarse de un terraplén conformado, posteriormente, las placas circulares de acero son asentadas en arena de Ottawa, en orden ascendente, primero se coloca la placa con diámetro igual a 76.2 cm seguida por las placas de 61.0 y 45.7 cm verificando su nivelación con un nivel de mano. A continuación, se dispone el gato hidráulico sobre las placas y se colocan las vigas tubulares para la colocación de los diales. El medidor digital es conectado al gato y el camión de carga es ajustado sobre el equipo.

Para la ejecución de la prueba se empleó el procedimiento de asentamiento número 2, establecido en la norma AASHTO-T222 como:

Después de que el equipo ha sido correctamente colocado, la placa es asentada mediante la aplicación rápida de una carga capaz de producir una deflexión de 0.25 a 0.50 mm, la cual es registrada como carga cero, enseguida, cuando las agujas de los micrómetros se encuentren estabilizadas, la carga es retirada. Posteriormente se aplica la mitad de la carga cero y se procede a colocar los micrómetros en cero al encontrarse fijas las agujas, lo anterior sin liberar la carga aplicada.

Para la aplicación de cargas se empleó el procedimiento número 1, el cual establece realizar los suficientes incrementos que permitan el registro de, al menos, seis puntos en la curva carga-deflexión.

Se aplica el primer incremento de carga, cuando los micrómetros no cambian más de 0.02 mm/min durante varios minutos, se registra la deformación marcada en los tres micrómetros; los incrementos continúan hasta alcanzar los 69 kPa.

El valor de módulo de reacción del suelo se determinará para cada incremento como la Ecuación 3.

$$K_s = \frac{69.0 \text{ kPa}}{\text{deflexión promedio}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Si el valor del módulo de reacción K_s resulta menor a 54.33 kPa/mm la prueba se considera completa y la carga es liberada, en caso contrario se aplican incrementos de 1605 kg hasta alcanzar una carga de 9630 kg, donde cada incremento permanece hasta que el promedio de la deformación sea inferior a 0.02 mm/min durante 10 minutos consecutivos.

Los registros de la prueba de placa se presentan en el Anexo I

2.3. Pruebas índice y clasificación de suelos

Con el propósito de clasificar el material que conforma las muestras cubicas obtenidas en los bancos de materiales se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Contenido de Agua
- Granulometría
- Límites de consistencia
- Densidad relativa de sólidos

Además, para la restitución de las probetas empleadas en los ensayos triaxiales se determinó la masa volumétrica seca máxima, así como el contenido de agua óptimo de cada material.

a) Contenido de Agua

La determinación se realizó mediante la norma NMX-C-475-ONNCCE-2013, que permite determinar el contenido de agua mediante el secado en horno de un material. La SCT (2003) define el concepto como la cantidad total de agua que contiene la muestra de suelo.

A partir de las pruebas realizadas se determinó que el contenido de agua en estas se encuentra por debajo del 30% a excepción de la muestra No. 5 cuyo valor es igual a 41.5%.

b) Granulometría

La norma empleada en la determinación de la composición granulométrica de las muestras, NMX-C-496-ONNCCE-2014, permite determinar la composición por tamaños de las partículas que integran los materiales térreos.

Para las muestras obtenidas del banco No.3 el porcentaje del material que pasa la malla No. 4 varía del 60.7% al 69.4% mientras que el porcentaje de finos se encuentra entre el 30.6 % y 39.3%; en consecuencia, que de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) los materiales procedentes de este banco corresponden a arenas.

Por otra parte, para la muestra proveniente del banco No. 4 el porcentaje correspondiente al material que pasa la malla No. 4 es del 72.1%, en cuanto al material fino el porcentaje es del 27.9 %, por lo tanto, se trata de una arena.

Finalmente, para el muestreo en el banco No.5, el porcentaje que pasa la malla No.4 se encuentran por arriba del 50%, entre el 51.5% y el 70.5%, mientras que el porcentaje que pasa la malla No. 200 se encuentra entre el 36.8% y el 48.5%, lo que indica que el material también corresponde a arenas.

Sin embargo, para las muestras número cinco y ocho los porcentajes de material que pasan la malla No. 4 son del 20.5% y 45.4% respectivamente, en cuanto al porcentaje de finos para estas últimas dos muestras se encuentra por arriba del 50%, de 54.6% y 79.5 % respectivamente.

c) Límites de Consistencia

Los límites de consistencia se obtuvieron mediante el procedimiento establecido en la norma NMX-C-493-ONNCCE-2018 que permite determinar las características de plasticidad de los materiales térreos.

Los valores de límite líquido (LL) para las muestras recuperadas del banco No. 3 se encuentran entre el 38% y 44%, mientras que el valor de límite plástico (LP) está entre el 24% y 29%; que de acuerdo con la granulometría obtenida las muestras se clasifican, dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como arenas arcillosas y limosas.

Por otra parte, la muestra obtenida en el banco No. 4 se clasifica como una arena limosa debido a que presenta un LL igual a 34% mientras que el LP es del 10%.

En cuanto a las muestras tomadas del banco No.5, los valores de LP varían entre el 34% y 55%, mientras que el LP se encuentra entre el 23% y 36%. Del total de muestras, tres se clasificaron como arena arcillosa, una más como arena limosa y las dos restantes como limos de alta y baja plasticidad.

En la Tabla 2.5 se muestra el resumen de los valores obtenidos de límite líquido y plástico por muestra, así como su respectiva clasificación mediante el sistema SUCS.

d) Densidad relativa de sólidos

La densidad relativa de sólidos se realizó mediante lo establecido en la norma NMX-C-532-ONNCCE-2017.

Para las muestras obtenidas en el banco No. 3 los valores varían de 2.40 a 2.52.

En cuanto a las muestras ensayadas del banco No.5 el valor de la densidad se encuentra entre valores del 2.30 y 2.54. Finalmente, para el banco No.4 la muestra cuenta con una densidad igual con 2.44

e) Compactación dinámica estándar y contenido de agua óptimo

La norma NMX-C-476-ONNCCCE-2019 permite determinar la masa volumétrica seca máxima y el contenido de agua óptimo de los materiales térreos a partir de su curva de compactación.

Para las arenas encontradas en el banco No.3 la masa volumétrica seca máxima (M.V.S.M) determinada varía entre 1375 y 1466 kg/m³, en cuanto al contenido de agua óptimo los rangos son del 27.1% al 32.7%.

Por otro lado, para la muestra recuperada en el banco No. 4 la M.V.S.M encontrada fue de 1380 kg/m³ y el contenido de agua óptimo del 29%.

Finalmente, en el banco No.5 los valores del contenido de agua se encuentran entre el 27 % y 38.8 % y la M.V.S.M varía entre 1174 y 1142.3 kg/m³.

En la Tabla 2.5 se presentan, a manera de resumen, los valores obtenidos de las pruebas índice realizadas en cada muestra, así como su clasificación mediante el SUCS.

Los registros para las pruebas índice realizadas para cada muestra se encuentran en el Anexo II.

Tabla 2.5 .Resultados de pruebas de laboratorio de pruebas índice.

NO. DE MUESTRA	NO. DE BANCO	UBICACIÓN		Contenido de Agua, w. (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA			GRANULOMETRÍA			Densidad de sólidos S _s	Masa Vol. Seca Máx. (kg/m ³)	Cont. De Agua pt. (%)	S.U.C.S.	
		X	Y		LL (%)	LP [%]	IP (%)	G (%)	A (%)	F (%)				SIMBOLO	DESCRIPCION
01	3	502162.2	2184812.74	21.8	38	24	14	0	60.7	39.3	2.52	1466	27.1	SC	Arena arcillosa
02	3	502162.2	2184812.74	29.9	44	29	15	0	62.0	38	2.40	1375	32.7	SC	Arena arcillosa
03	3	502162.2	2184812.74	29.3	39	27	12	0	69.4	30.6	2.46	1416	29.6	SM	Arena limosa
04	4	498376	2185249	18.7	34	24	10	0	72.1	27.9	2.44	1380	29.0	SM	Arena limosa
05	5	498376.21	2185249.16	41.5	55	36	19	0	20.5	79.5	2.30	1174	41.8	MH	Limo de alta plasticidad
06	5	498376.21	2185249.16	19.8	34	23	11	0	63.2	36.8	2.48	1437	27.0	SC	Arena arcillosa
07	5	498376.21	2185249.16	26.7	35	24	11	0	51.5	48.5	2.54	1442	27.8	SC	Arena arcillosa
08	5	498376.21	2185249.16	28.5	49	28	21	0	45.4	54.6	2.38	1226	38.8	ML	Limo de baja plasticidad
09	3	502162.2	2184812.7	22.7	42	28	14	0	54.7	45.3	2.49	1365	31.3	SM	Arena limosa
10	3	502162.2	2184812.7	17.7	37	24	13	0	70.5	29.5	2.45	1391	29.2	SC	Arena arcillosa

2.4. Ensayes triaxiales

Los ensayos triaxiales realizados consistieron en la ejecución de 10 pruebas, se ejecutó una prueba triaxial por banco de suelo muestreado.

Las pruebas triaxiales se desarrollaron bajo lo establecido en la norma NMX-C-432-ONNCCE. El procedimiento realizado siguió los lineamientos para muestras reproducidas y/o remoldeadas. De acuerdo con la norma, los requisitos a satisfacer para probetas remoldeadas son la masa volumétrica y el contenido de agua óptimo; al tratarse de un material destinado a emplearse en la conformación de un terraplén, se realizó la determinación de ambos parámetros para poder reproducir las probetas al porcentaje de compactación que se espera alcanzar en campo y que está relacionado a la normativa correspondiente.

La normativa establecida por la SCT (2002) para la calidad de los materiales empleados en las capas de terracería, presenta las propiedades y límites que deben cumplirse.

De acuerdo con lo anterior y los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los materiales provenientes de los bancos muestreados, los resultados obtenidos para las muestras cinco y ocho se encuentran fuera de los límites establecidos para los valores de límite plástico. Sin embargo, dichas muestras sí se consideran en el análisis de la correlación para considerar su efecto en la misma.

Las especificaciones del equipo empleado para la reproducción de las probetas utilizadas durante los ensayos se establecen en la Tabla 2.6 y se presentan, de manera visual, en las Figura 2.3 a 2.5.

Tabla 2.6. Especificaciones de equipo empleado en la reproducción de probetas.

Molde bipartido	
Diámetro exterior (mm)	47.10
Diámetro interior (mm)	36
Altura (mm)	89.60
Collarín	
Diámetro (mm)	47.10
Altura (mm)	30
Base	
Diámetro exterior (mm)	87.90
Diámetro interior (mm)	47.15



Figura 2.3. Dimensiones de equipo empleado para la reproducción de probetas.



Figura 2.4 Dimensiones en planta para la reproducción de probetas.



Figura 2.5. Molde para la elaboración de probetas.

El procedimiento de reproducción de probetas se describe a continuación:

Primero dos kilogramos de material muestreado fueron cribados por la malla No. 4, enseguida se añade la cantidad de agua determinada mediante el procedimiento compactación dinámica estándar y contenido de agua óptimo; el material se homogeneiza y se coloca en una bolsa para evitar la pérdida de agua por evaporación. Posteriormente se prepara el molde, colocando un desmoldante líquido en la base y las paredes del tubo bipartido, este se ensambla y se coloca el collarín. Después, se coloca dentro de una charola, para la recuperación del material sobrante, se procede a pesar el material correspondiente a la primer capa (500 g) y se vierte sobre el molde con ayuda de un embudo, se comienza el proceso de compactación dinámica, el pisón de la Figura 2.5 se coloca dentro del molde y con ayuda de otro pisón, empleado para la prueba de compactación dinámica (Figura 2.6) , cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 2.7, se aplican una serie de golpes, al terminar de compactar la primer capa se escarifica la superficie con ayuda de un desarmador y se pesa el material correspondiente a la segunda capa (500g), se coloca el material dentro del molde y el proceso de compactación y escarificación se repite hasta formar la capa número tres.

Finalmente, la base del molde se retira y la probeta se obtiene con ayuda de un gato hidráulico y un marco formado con placas de acero, como se muestra en la Figura 2.7. La probeta es protegida con emplaye transparente para evitar la pérdida de agua, seguido de ello se pesa y se toman las medidas de altura y diámetro.

De acuerdo con la normativa empleada una prueba de compresión triaxial comprende el ensayo de tres probetas.

Tabla 2.7. Características de pisón de compactación.

Masa de pisón (kg)	2,5 ± 0,01
Diámetro del pisón (mm)	50,8 ± 0,25
Altura de caída del pisón (cm)	30,5 ± 0,1



Figura 2.6. Pisón para compactación dinámica estándar



Figura 2.7. Desmolde de probeta

Una vez obtenida la probeta se procede a realizar el ensaye triaxial de tipo no consolidado no drenado como lo establece la norma NMX-C-432-ONNCCE-2002: se coloca la probeta, de 36 mm de diámetro y una altura de 90 mm, en el pedestal de la cámara triaxial, a continuación, se coloca el cabezal y la membrana impermeable deslizándola a lo largo de la probeta, asegurando la parte inferior de la membrana con una liga. Una vez centrada la probeta se coloca el tubo de lucita y se cierra herméticamente ajustando los tornillos; se monta en el marco de carga, enseguida se llena la cámara triaxial con agua y se comienza a aplicar la presión lateral de confinamiento, para la primera correspondió a 0.5 Kg/cm², el micrómetro se ajusta a cero y se aplica la carga axial, tomando lecturas de carga y deformación constante hasta alcanzar la falla del espécimen.

Una vez alcanzada la falla, la cámara se vacía y se retira la tapa para desmontar el espécimen, se coloca en una tara para determina su masa y eventualmente se introduce en el horno por un periodo de 18 h para determinar el contenido de agua. El procedimiento se repite para las otras dos probetas cuyos esfuerzos de confinamiento fueron de 1.0 y 1.5 Kg/cm², respectivamente.

Durante el ensayo se realiza el registro de las lecturas de carga y deformación obtenidas para cada probeta.

2.5. Metodologías para la determinación del módulo de elasticidad

2.5.1. Determinación del módulo de elasticidad en pruebas triaxiales

La determinación del módulo de elasticidad en los ensayos triaxiales se realizó empleando un método gráfico, a partir de la curva esfuerzo deformación se determinó el módulo secante para el 50% del esfuerzo máximo vertical registrado. De acuerdo con lo anterior, se calculó el 50% del esfuerzo máximo vertical por cada probeta ensayada y se trazó una línea horizontal, con dicho valor, en la gráfica esfuerzo-deformación. Posteriormente, se determinó el punto de intersección para realizar la relación entre el esfuerzo y su correspondiente deformación obteniendo así el módulo de elasticidad secante para el 50% del esfuerzo vertical. En la Figura 2.8 se muestra la obtención del módulo de elasticidad mediante el método gráfico.

En la Tabla 2.8 se presentan los resultados de las pruebas realizadas por banco muestreado. El ángulo de fricción (ϕ) obtenido varía de 24.8° a 42.7° , mientras que los valores de cohesión se encuentran entre 0 y 0.47 kg/cm^2 . Por otra parte, los módulos de elasticidad tienen valores de 158.16 a 276.12 kg/cm^2 .

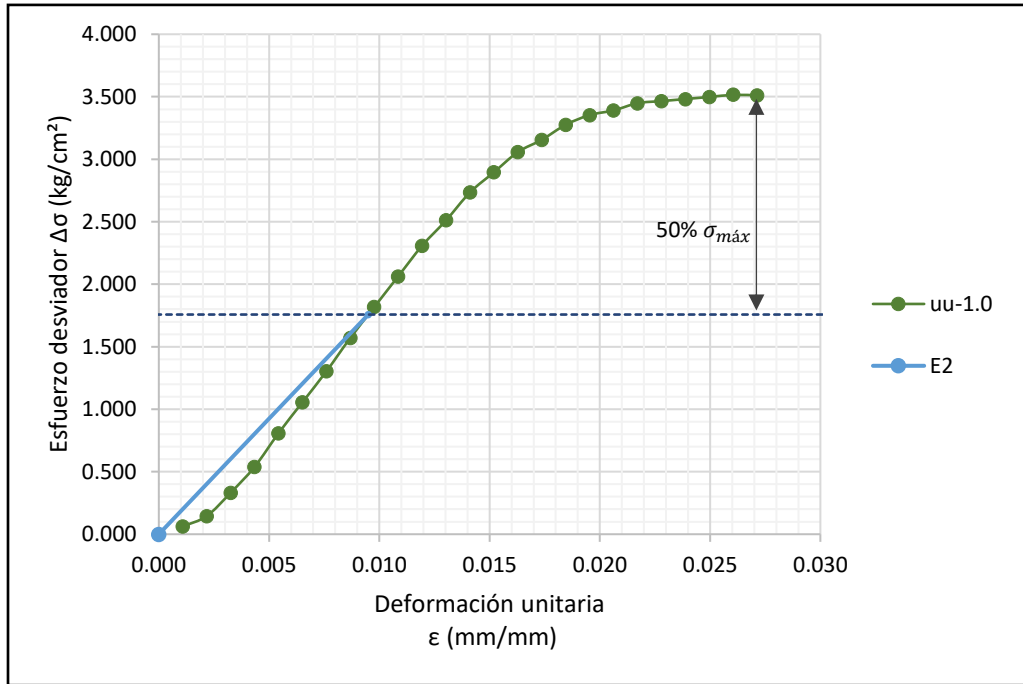


Figura 2.8. Aplicación del método gráfico para la determinación del módulo de elasticidad E50 para la probeta TX-02.

Tabla 2.8. Resumen de resultados de prueba de compresión triaxial UU.

Número de muestra	Número de banco	UBICACIÓN		Ensaye triaxial						
		X	Y	Ángulo de fricción	Cohesión kg/cm^2	E_{prom} kg/cm^2	ν	G.C (%)	e	Gw(%)
01	3	502162.2	2184812.74	37.1	0.38	168.29	0.50	97.35	0.80	78.10
02	3	502162.2	2184812.74	36.4	0.32	166.17	0.50	97.56	0.80	83.30
03	3	502162.2	2184812.74	42.7	0	214.27	0.50	95.88	0.80	87.20
04	4	498376	2185249	41	0.1	256.07	0.50	97.75	0.80	83.00
05	5	498376.21	2185249.16	33.5	0.7	293.38	0.50	97.75	1.00	87.80
06	5	498376.21	2185249.16	40.6	0.09	276.12	0.50	97.33	0.80	78.30
07	5	498376.21	2185249.16	31	0.2	180.84	0.50	98.22	0.80	85.80
08	5	498376.21	2185249.16	25.6	0.4	141.75	0.50	98.57	1.00	88.00
09	3	502162.2	2184812.74	24.8	0.47	158.16	0.50	98.74	0.80	84.50
10	3	502162.2	2184812.7	34	0.6	224.5	0.50	97.48	0.80	83.60

En el Anexo III se presentan los resultados de las pruebas triaxiales realizadas.

2.5.1. Determinación del módulo de elasticidad para pruebas de placa estática.

Simons et al. (2002) describen el ensayo de placa estática en su libro “A short course in geotechnical site investigation” y proporcionan una serie de ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad a partir del ensayo. Dentro de estas se presenta la ecuación en donde se determina el módulo de elasticidad cuando el ensayo es realizado a una relación $Z/D = 0$, donde Z es la profundidad debajo de la superficie del terreno a la cual se realiza el ensayo y D es el diámetro de la placa.

$$E = 0.85 \frac{qD(1-\nu^2)}{\rho_{ave}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

q = Presión aplicada entre el plato y la superficie del suelo

D = Diámetro de la placa en contacto con la superficie del suelo

ν = Relación de Poisson del suelo

ρ_{ave} = Asentamiento promedio a una relación de 0.75 del centro de la placa

En consecuencia, se determinó la relación de Poisson a partir de la prueba triaxial, considerando las deformaciones axiales y laterales de las probetas ensayadas. Tomando en cuenta las mediciones dentro del rango elástico, por debajo del 50% del esfuerzo vertical máximo registrado, la relación de Poisson (ν) promedio se determinó igual a 0.50.

Los valores de la relación de Poisson se presentan en el Anexo III en conjunto de los resultados de pruebas triaxiales.

A partir de los resultados obtenidos, se determinó el módulo de elasticidad para cada prueba realizada, mediante el empleo de la Ecuación 4. Los valores se encuentran entre 523 y 1298 kg/cm² y se presentan en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Valores de módulo de elasticidad obtenidos mediante las pruebas de placa.

Prueba	E kg/cm ²
PE -01	931.33
PE-02	677.84
PE-03	523.97
PE -04	998.52
PE -05	1298.51
PE-06	865.66
PE-07	876.29
PE-08	642.39
PE-09	962.65
PE-10	687.52

CAPITULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR CORRELACIÓN.

El propósito de la presente correlación es poder estimar el valor de una variable dependiente, en este caso, el módulo de elasticidad, obtenido en mediciones de campo a través de pruebas de placa estática en un suelo construido a partir de la modificación de su estructura natural mediante una energía de compactación, en función de una variable independiente. Es decir, el módulo de elasticidad obtenido en laboratorio a través de una prueba cotidiana, como lo es la prueba de compresión triaxial no consolidada no drenada, o más variables independientes de forma adicional, como la masa volumétrica seca máxima (M.V.S.M), contenido de agua (W%), límites de consistencia (LL, LP), grado de compactación (G.C), etc.

Durante el procesamiento de los datos se determinó utilizar la masa volumétrica seca máxima medida en campo durante la construcción de la capa subrasante para correlacionar los valores de módulo elástico calculados a partir de la prueba de placa estática a aquellos obtenidos durante la ejecución del ensaye triaxial UU.

En la Tabla 3.1 se muestran los valores de algunas propiedades del suelo medidas en los sitios en campo donde se realizaron las pruebas de placa estática.

Tabla 3.1 Propiedades medidas en campo durante la ejecución de pruebas de placa estática.

Banco No.	MVSM	H.O. (%)	LL	SUCS	Eplaca (kg/cm ²)
3	1453	25.8	33	SC	998.52
3	1480	26.6	34	SM	687.52
3	1433	28	35	SC	642.39
4	1470	23.8	30	SC	876.29
5	1458	27	29	SM	962.65
5	1429	27.9	36	SM	931.33
5	1452	27.7	32	SM	677.84
5	1451	27.1	32	SM	523.97
3	1433	30.9	34	SM	865.66
3	1465	26.1	37	SM	1298.51

De este modo, las propiedades en campo y laboratorio se relacionaron como se muestra en la Tabla 3.2, para el desarrollo de la correlación.

Tabla 3.2 Orden de las propiedades empleadas para el análisis.

LABORATORIO							CAMPO					
Número de muestra	Número de Banco	Et _x prom kg/cm ²	Masa Vol. Seca Máx. (kg/m ³)	Contenido de agua óptimo (%)	Contenido de agua natural	Límite líquido (%)	Número de banco.	Masa Vol. Seca Máx. (kg/m ³)	Contenido de agua óptimo (%)	Límite líquido (%)	SUCS	Eplaca (kg/cm ²)
1	3	168.29	1466	27.1	21.8	38	3	1453	25.8	33	SC	998.52
2	3	166.17	1375	32.7	29.9	44	3	1480	26.6	34	SM	687.52
3	3	214.27	1416	29.6	29.3	39	3	1433	28	35	SC	642.39
4	4	256.07	1380	29	18.7	34	4	1470	23.8	30	SC	876.29
5	5	293.38	1174	41.8	41.5	55	5	1458	27	29	SM	962.65
6	5	276.12	1437	27	19.8	34	5	1429	27.9	36	SM	931.33
7	5	180.84	1442.3	27.8	26.7	35	5	1452	27.7	32	SM	677.84
8	5	141.75	1226	38.8	28.5	49	5	1451	27.1	32	SM	523.97
9	3	158.16	1365	31.3	22.7	42	3	1433	30.9	34	SM	865.66
10	3	224.5	1391	29.2	17.7	37	3	1465	26.1	37	SM	1298.51

Los parámetros estadísticos empleados para la evaluación de las correlaciones realizadas son los coeficientes de correlación lineal de Pearson y de determinación (R^2).

De acuerdo con Álvarez (1995), la asociación entre dos o más variables puede medirse mediante un parámetro que proporciona la intensidad en que estas se relacionan linealmente, el coeficiente de determinación R^2 . Además, la literatura menciona, que puede tomar valores entre cero y uno, donde cero indica la ausencia de relación lineal, y el valor igual con uno, una correlación perfecta; donde también R^2 , muestra el porcentaje de las variaciones de la variable dependiente. Por otra parte, el coeficiente de determinación lineal también es útil para cuantificar la bondad del ajuste de un modelo no lineal.

En la Tabla 3.3 se presentan los criterios para la bondad de ajuste.

Tabla 3.3 Criterios de bondad de ajuste (Pellinen,2001)

Criterio	R2
Excelente	≥ 0.90
Buena	0.70-0.89
Aceptable	0.40-0.69
Pobre	0.20-0.39
Muy pobre	≥ 0.19

3.1. Correlación lineal simple

La correlación simple se determina con ayuda del programa Minitab Statistical Software, entre los módulos elásticos obtenidos a través de la prueba de placa estática (Eplaca) y los módulos elásticos determinados a partir de las pruebas de compresión triaxial no consolidado no drenado (Etx).

El coeficiente de correlación de Pearson para el Eplaca y el Etx que se obtuvo con el programa es igual con 0.457, se considera como una correlación moderada.

Paralelamente, el coeficiente de determinación R^2 para la correlación lineal obtenida muestra un valor de 0.209, lo que establece una correlación pobre.

Los diagramas de dispersión en conjunto de la regresión lineal de los parámetros Eplaca y Etx se muestran en las Figura 3.1 y 3.2.

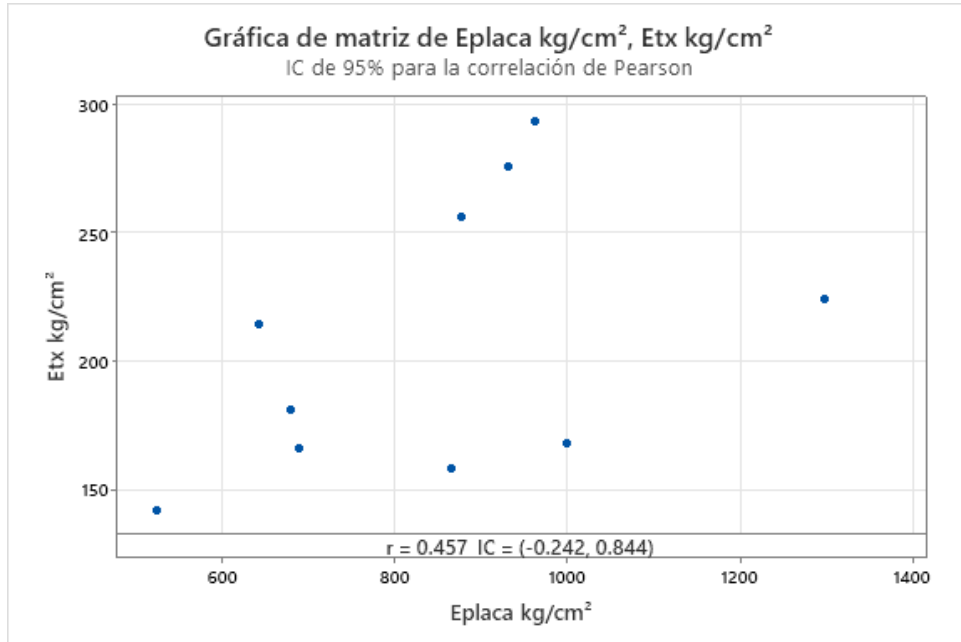


Figura 3.1 Gráfica de dispersión para el coeficiente de correlación de Pearson

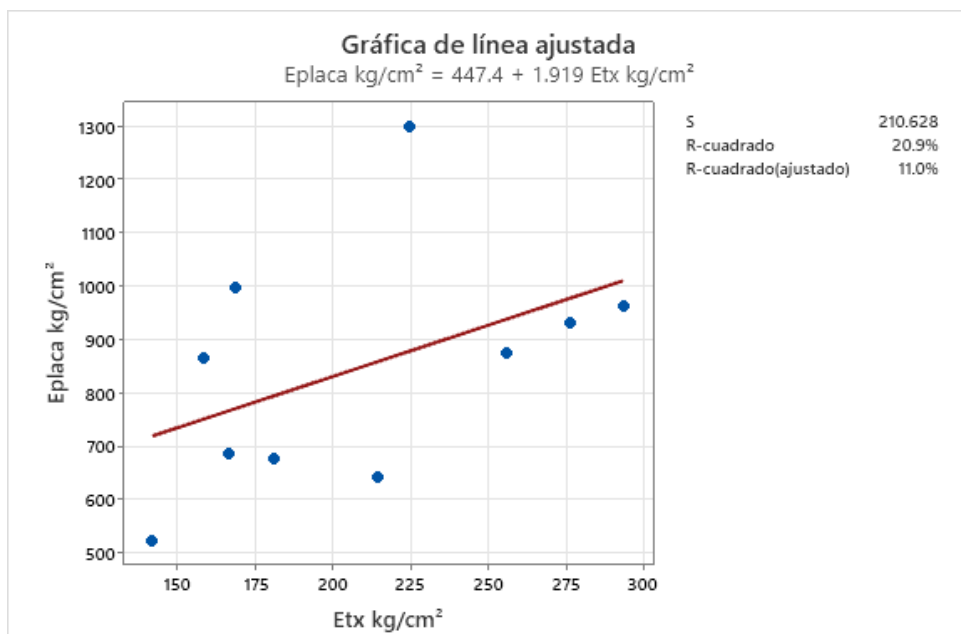


Figura 3.2 Análisis de regresión entre los módulos elásticos de placa estática y prueba de compresión triaxial

Como se puede apreciar en las Figura 3.3 y 3.4 se presentan las correlaciones simples entre el módulo de elasticidad obtenido mediante la prueba de placa estática (Eplaca) y propiedades del suelo conseguido del muestreo de bancos.

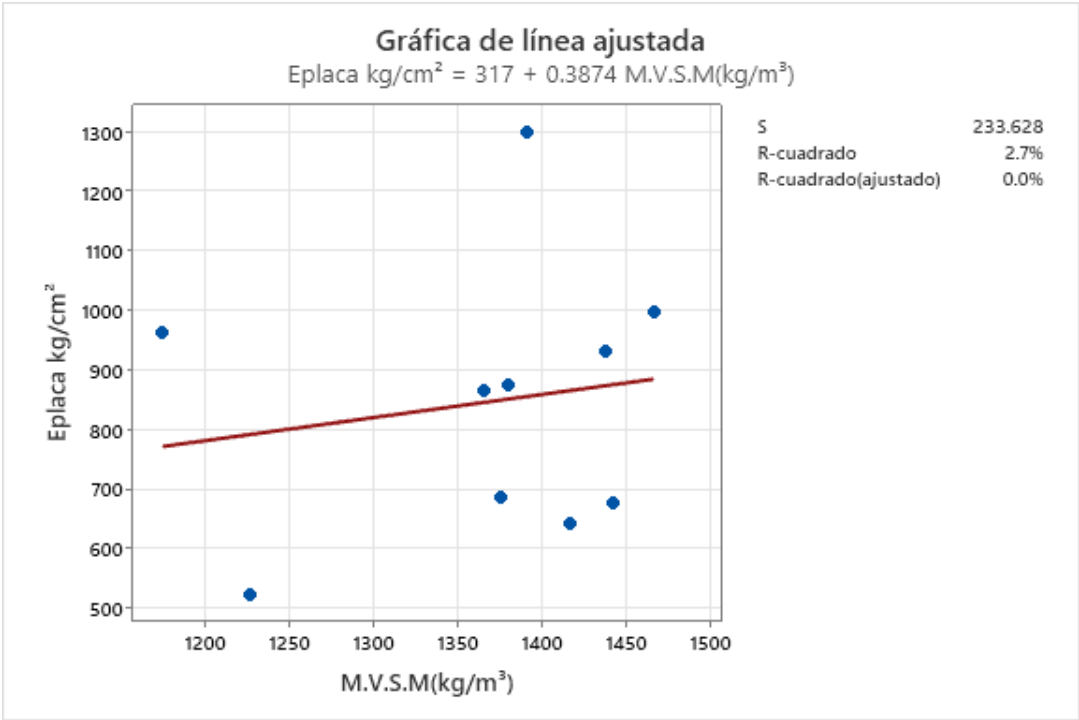


Figura 3.3 Análisis de regresión lineal entre Eplaca y M.V.S.M.

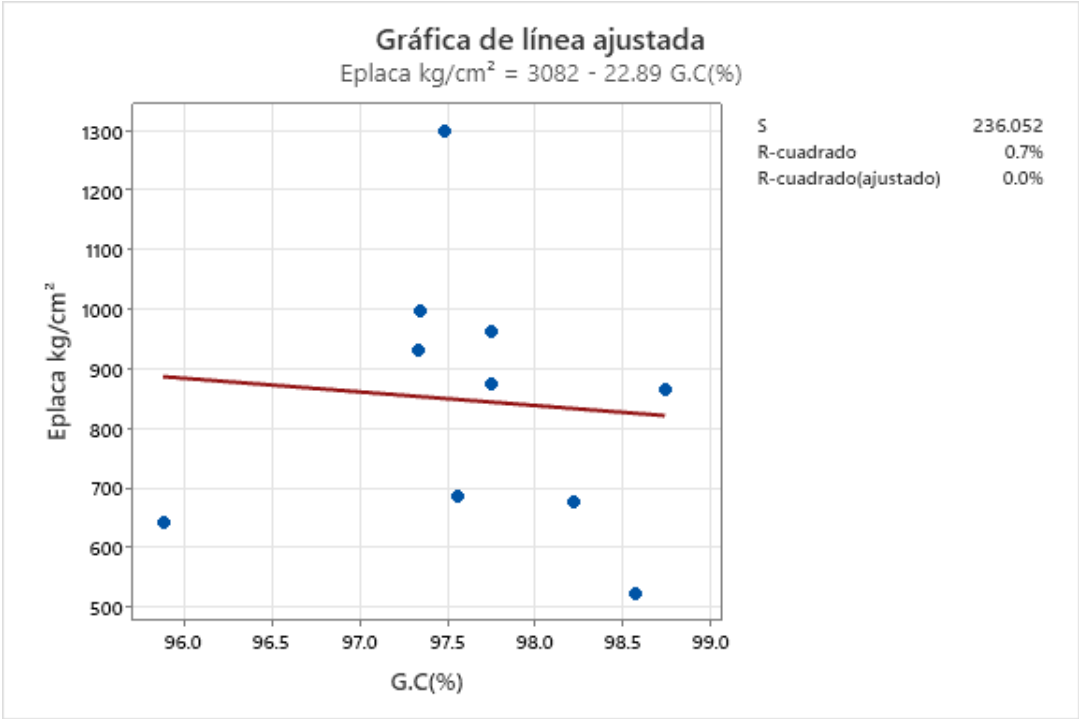


Figura 3.4 Análisis de regresión lineal entre Eplaca y Grado de compactación (G.C).

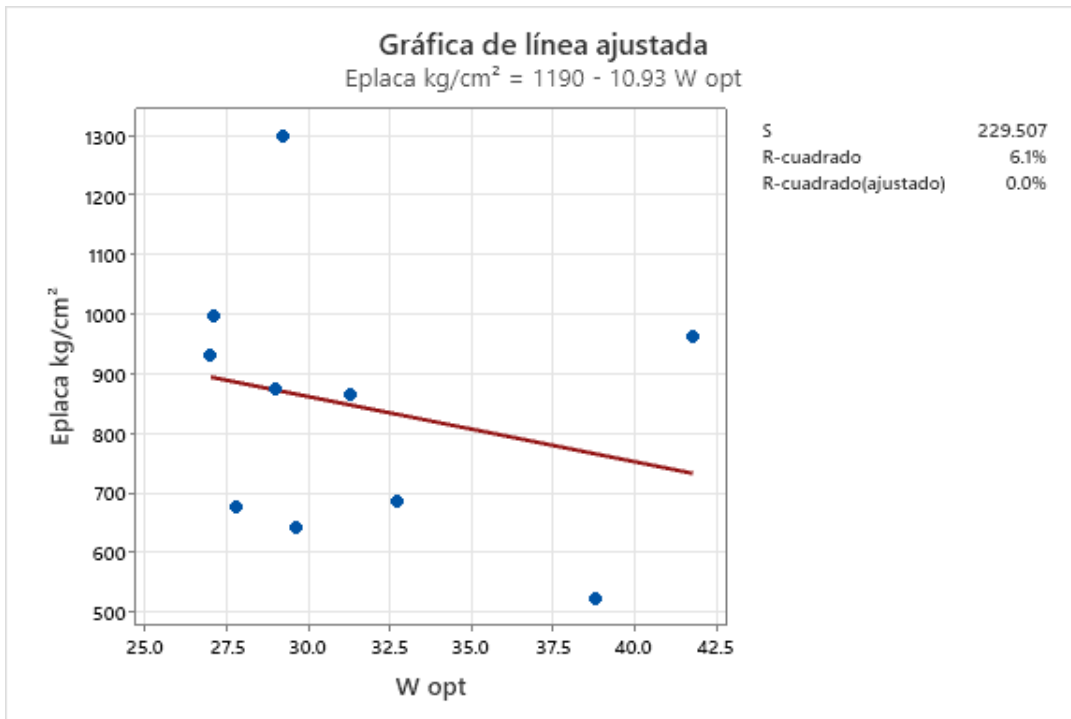


Figura 3.6 Análisis de regresión lineal entre Eplaca y contenido de agua óptimo (W_{ópt}).

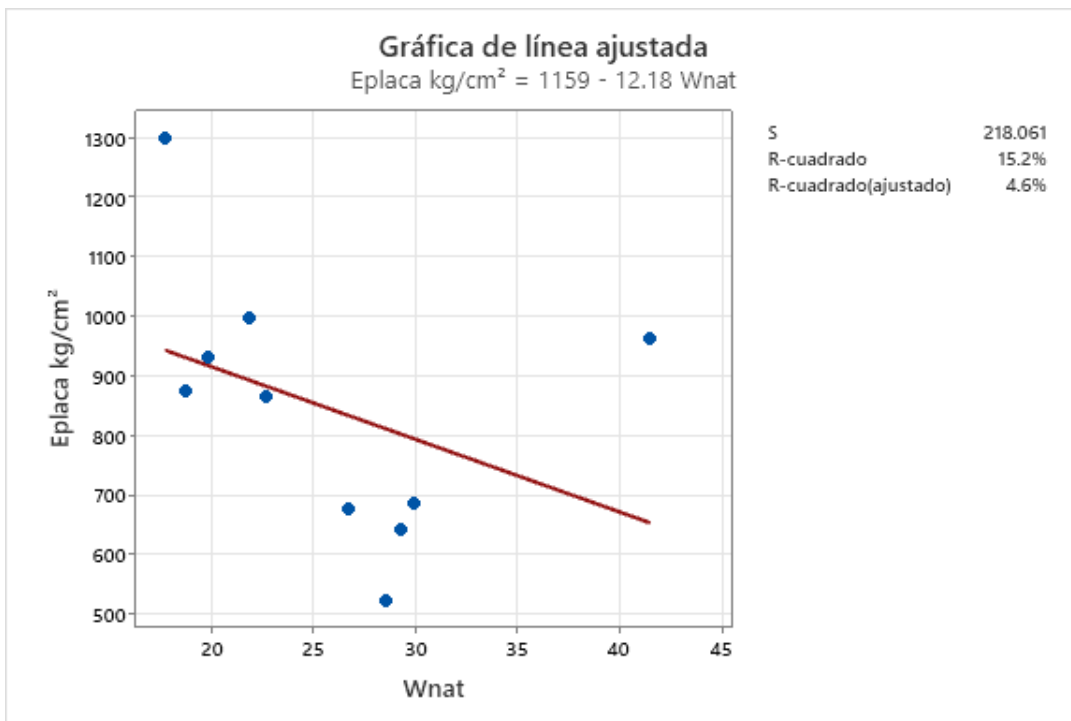


Figura 3.5 Análisis de regresión lineal entre Eplaca y contenido de agua natural (W_{nat}).

3.2. Correlación lineal múltiple

Haciendo uso del programa Minitab Statistical Software, se determinaron las correlaciones múltiples entre el módulo elástico de placa estática con diferentes combinaciones de propiedades físicas y mecánicas del suelo adquirido durante el muestreo de bancos, los modelos encontrados se presentan en la Tabla 3.4. Además, se muestran los parámetros de R^2 , R^2 ajustado y el valor de significación p de cada modelo.

El mejor modelo de ajuste se obtuvo mediante una regresión paso a paso, en donde se consideraron las propiedades determinadas en laboratorio para el suelo muestreado, como el contenido de agua natural, grado de compactación, densidad de sólidos, masa volumétrica seca máxima, límites de consistencia, contenido de agua óptimo, ángulo de fricción interna, cohesión y módulo elástico determinado en pruebas de compresión triaxial no consolidada no drenada.

Los resultados muestran que el modelo de mejor ajuste es el número cuatro, pues de acuerdo con el valor de R^2 y R^2 ajustado se considera que las variables dependientes explican el comportamiento del valor de módulo elástico en campo al ser mayor al 90%.

A través de los valores p para los coeficientes se considera que estos son significativos para la correlación considerando un nivel de confianza del 90%.

De acuerdo con lo anterior, se pudo determinar que las variables que muestran una relación lineal con la variable dependiente, en este caso, el módulo elástico obtenido en campo, son el módulo elástico triaxial, el contenido de agua óptimo y natural, así como el límite líquido.

A partir de lo anterior se concluye que el modelo de regresión utilizado para la determinación de módulo elástico de campo establece una trayectoria de análisis para la obtención de este parámetro en laboratorio a través del módulo elástico triaxial.

3.2.1. Modelo 1

Como se aprecia en la Tabla 3.4 el modelo número uno establece una relación entre los parámetros que deben considerarse para la construcción de una capa compactada; en este caso, los valores de masa volumétrica seca máxima, grado de compactación, contenido de agua óptimo, donde además se agregó el módulo de elasticidad obtenido en la prueba triaxial, con el módulo de placa estática.

De acuerdo con los resultados, el valor R^2 indica que el modelo presenta una correlación buena y aún cuando el valor p de la correlación se encuentra por debajo del nivel de significancia, los valores de p para los coeficientes individuales indican que estas variables independientes no se relacionan linealmente con el valor de módulo elástico E_{placa} .

3.2.2. Modelo 2

En relación con el modelo número dos se consideran propiedades obtenidas mediante la prueba de compresión triaxial como el módulo elástico (E_{tx}), el grado de saturación (G_w), el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (c), sin embargo, los valores p para cada una de las variables, excepto la cohesión, indican que ninguna de estas propiedades se relaciona de manera lineal con la variable dependiente.

3.2.3. Modelo 3

Por lo que se refiere al modelo número tres, se emplean propiedades que consideren parámetros relacionados con la modificación de la estructura del suelo durante la construcción de la capa subrasante, el grado de compactación ($G.C$) y propiedades índice obtenidas en laboratorio, como la densidad de sólidos (S_s) en conjunto del módulo elástico triaxial (E_{tx}) para el cálculo del módulo elástico en campo (E_{placa}).

Sin embargo, los valores p de las variables independientes indican que estas no son significativas para la determinación del módulo elástico en campo mediante esta regresión.

3.2.4. Modelo 5

Para esta correlación se consideran propiedades de plasticidad del suelo, límite líquido (LL) e índice plástico (IP) así como el contenido de agua óptimo para lograr la masa volumétrica seca máxima (M.V.S.M) del suelo. El valor de R^2 indica que el modelo tiene un ajuste lineal pobre, así mismo el valor alto de p muestra que estas variables no explican el comportamiento de la variable dependiente.

3.2.1. Modelo 6

El comportamiento del modelo seis expone la relación entre los módulos elásticos de campo y laboratorio en conjunto de propiedades importantes para el proceso de compactación, la M.V.S.M y el contenido de agua óptimo (W_{opt}).

En consecuencia, se tiene que las variables involucradas explican en más del 95% la variación de la variable independiente. A través de los valores cercanos a uno del valor p se puede concluir que estas variables independientes no se relacionan de forma lineal, en este caso, con el valor de módulo elástico en campo.

De acuerdo con el análisis de los modelos generados, se concluye que, aunque algunos modelos presentan valores de determinación R^2 que establecen una correlación aceptable o buena, los valores de módulo elástico de campo calculados a partir de las ecuaciones presentadas representarían valores fuera del rango esperado o medido, así como que las propiedades empleadas no se relacionan con el valor obtenido.

Tabla 3.4. Ecuaciones de correlaciones y parámetros estadísticos obtenidos de Minitab.

Modelo	Ecuación	R ²	R ² ajustado	p-value
Modelo 1	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 1.95 E_{tx} - 1.57 M.V.S.M - 43.1W_{opt} + 40.3 G.C$	96.07	93.44	0.0
Modelo 2	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 0.66 E_{tx} - 873 C + 23.5\varphi - 4.68 G.W$	97.56	95.94	0.0
Modelo 3	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = -11.2G.C + 2.12E_{tx} + 614Ss$	95.59	93.70	0.0
Modelo 4	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 3.80 E_{tx} - 81.5W_{opt} - 41.1W_{nat} + 90.2LL$	98.24	97.07	0.0
Modelo 5	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 71.9 IP + 33.0 LL + 15.7 W_{opt}$	91.90	88.42	0.0
Modelo 6	$E_{placa} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = 2.09 E_{tx} - 4.4 W_{opt} + 0.403 M.V.S.M$	95.72	93.89	0.478

3.3. Correlación no lineal

A partir de los datos obtenidos se realizó un análisis de correlación no lineal, mediante el programa Excel, para el módulo de elasticidad determinado en las pruebas de placa estática y el módulo elástico de las pruebas triaxiales, así como con otras características determinadas al suelo muestreado en los bancos de materiales. Las gráficas que representan el mejor ajuste para las correlaciones buscadas se presentan de las Figura 3.7 a la 3.12

La Figura 3.7 muestra la correlación entre los módulos elásticos de campo y laboratorio, en donde, se aprecia un ajuste con una confiabilidad de 20.91 % de los resultados calculados mediante el modelo cuadrático.

Seguidamente para la correlación del módulo elástico de placa y la masa volumétrica seca máxima presentada en la Figura 3.8, la confiabilidad procede al 2.7 %, el modelo para el cálculo del módulo elástico es de tipo cuadrático. Se aprecia que a partir de una M.V.S.M igual entre 1350 y 1500 kg/m³ el módulo elástico de placa parece mantenerse entre valores que se encuentran entre los 600 y 1400 kg/cm².

La correlación polinómica entre el grado de compactación y el módulo elástico de la placa estática presentado en la Figura 3.9 parece presentar un mejor ajuste con un R² cercano al 33%.

Por otra parte, en la Figura 3.10 se aprecia que la dispersión de datos del contenido de agua óptimo y módulo elástico de placa estática presentan una regresión polinomial de grado dos, cuya confiabilidad es cercana al 6.1 %.

La correlación para el contenido de agua natural y el módulo elástico de placa estática de la Figura 3.11 presenta el mayor ajuste con un R² superior al 77%, lo que considera a esta correlación como buena.

Finalmente, en la Figura 3.12 se presenta la correlación de la cohesión y el módulo elástico de placa estática, la cual, a pesar de presentar un valor R^2 tal que se considera como una correlación pobre, parece ser una de las correlaciones con mayor ajuste.

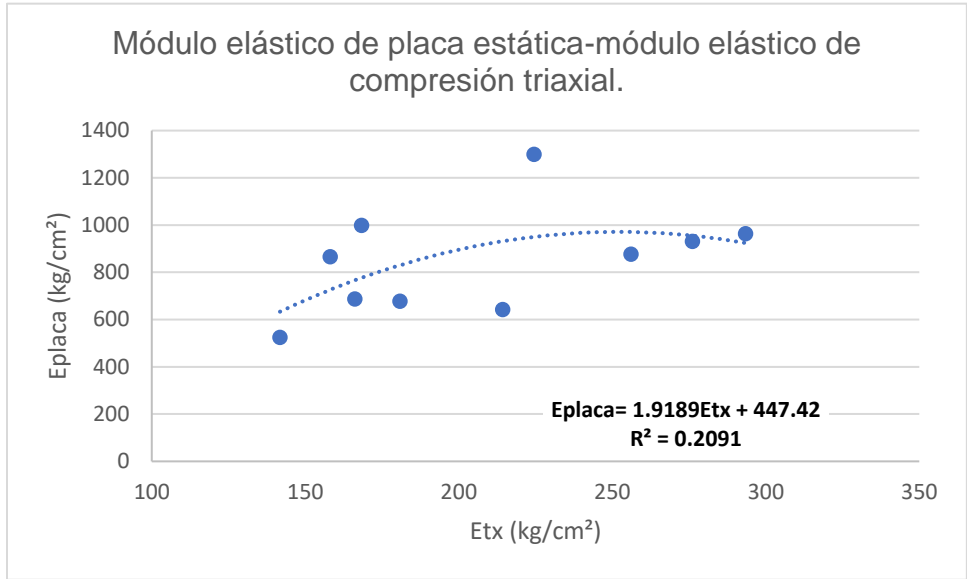


Figura 3.7 Correlación polinómica para módulos elásticos.

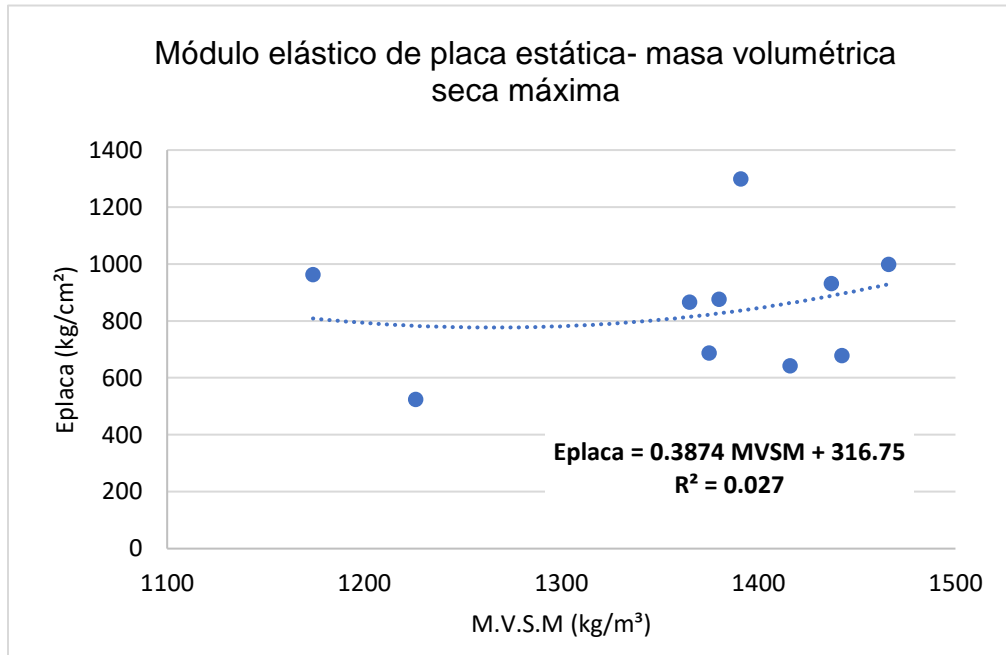


Figura 3.8. Correlación polinómica para módulo elástico de placa y masa volumétrica seca máxima

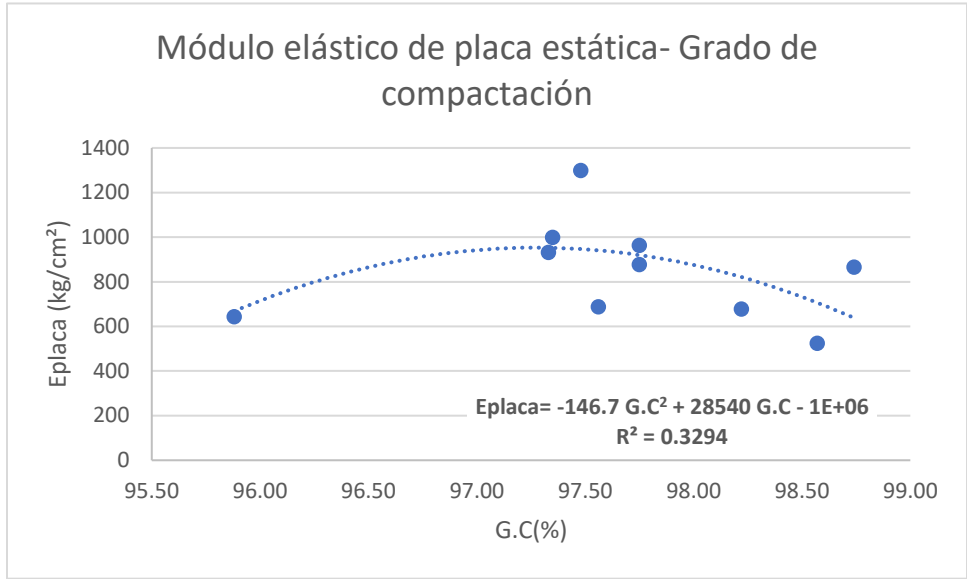


Figura 3.9. Correlación polinómica para el módulo elástico de placa estática y el grado de compactación

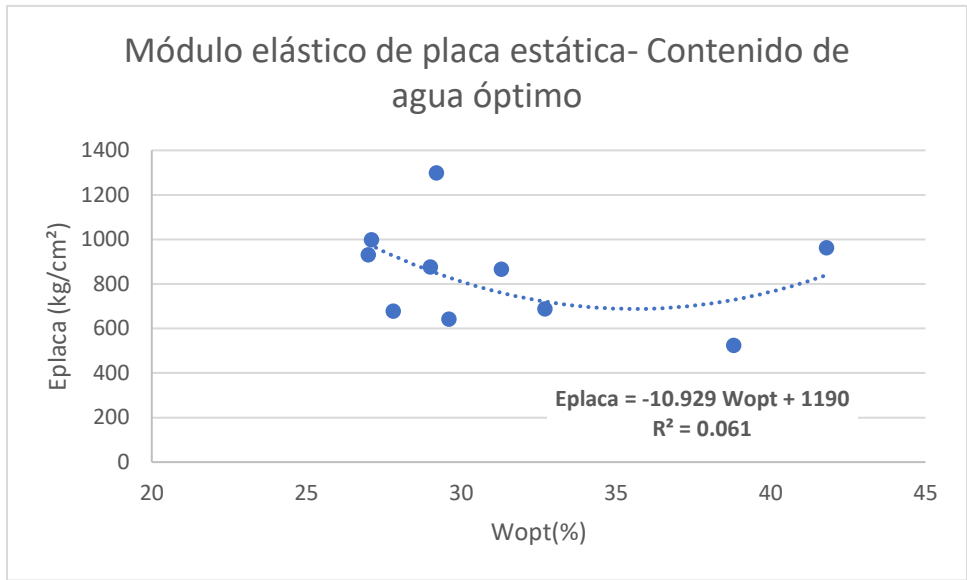


Figura 3.10 Correlación polinómica para el módulo elástico de placa estática y el contenido de agua óptimo.

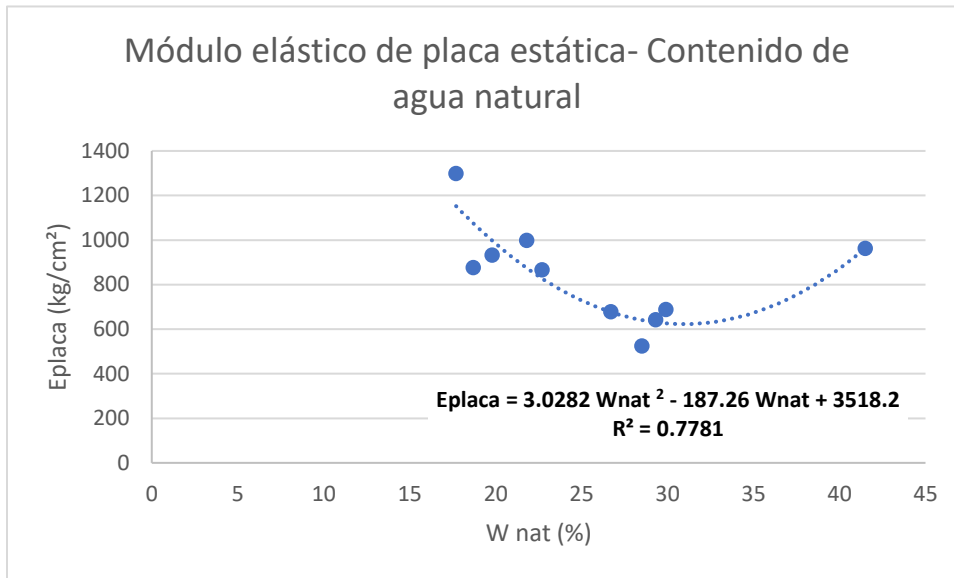


Figura 3.11 Correlación polinómica para el módulo elástico de placa estática y el contenido de agua natural.

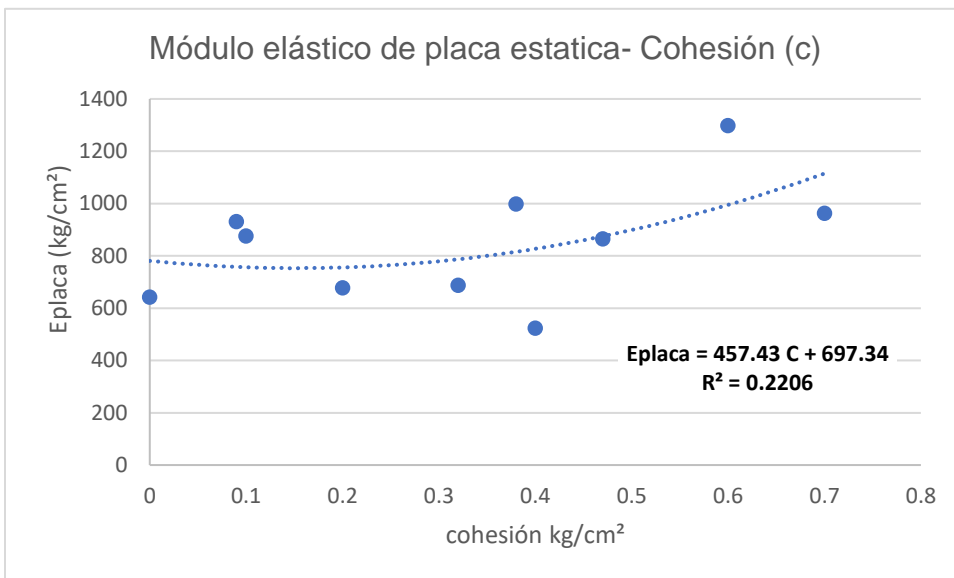


Figura 3.12 Correlación polinómica para el módulo elástico de placa estática y cohesión.

CONCLUSIONES

Los suelos analizados en esta correlación corresponden a arenas limosas y arenas arcillosas, además de materiales finos, lo que representa la variación estratigráfica que se puede identificar en la conformación de terraplenes.

Se determinaron los módulos elásticos del suelo mediante pruebas en campo utilizando la placa estática donde se observaron variaciones en los valores obtenidos debido a factores como características físicas de los materiales, procedimiento de conformación del terraplén, control de las características como contenido de agua óptimo y porcentaje de compactación.

De los módulos elásticos del suelo obtenidos mediante pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas en comparación de los obtenidos por pruebas en campo, se observan valores menores, esto puede deberse a efectos de escala y que el fundamento teórico para cada una de las pruebas es distinto, es decir, con lo mostrado se confirma que dichos valores son diferentes.

Un factor importante que considerar durante la elaboración de las probetas ensayadas en la prueba triaxial no consolidada no drenada es el proceso que se desarrolla para su restitución, donde se debe tomar en cuenta características como contenido de agua y su procedimiento de compactación.

Se determinó la correlación de los resultados de la prueba de placa con los del ensaye triaxial no consolidado no drenado con pruebas restituidas con un rango de confiabilidad del 95% para las correlaciones lineales múltiples.

En cuanto a las correlaciones no lineales se puede concluir que los parámetros con los que se relaciona mejor el módulo elástico de campo fueron el contenido de agua natural, el grado de compactación y la cohesión; lo anterior permite apreciar algunas de las propiedades establecidas, en el capítulo I por diversos autores, como fundamentales en la variación del valor del módulo elástico.

En consecuencia, estos resultados brindan un fundamento para la dirección de futuras investigaciones relacionadas al tema.

La determinación del módulo elástico para los suelos analizados en esta correlación permitió apreciar que los valores para este parámetro poseen una magnitud diferente aun cuando se obtienen de procesos que establecen las mismas condiciones de esfuerzo y del suelo. Lo anterior confirma la importancia de una correcta caracterización de este parámetro para el diseño de pavimentos.

Análogamente la metodología realizada permite percibir la dificultad de asignar un valor de módulo elástico más representativo al suelo una vez que es construido en campo.

Con ayuda de las diferentes correlaciones se puede concluir que existen propiedades físicas, como contenido de agua natural y grado de compactación, y mecánicas como la cohesión, que influyen de mayor manera en la obtención indirecta del módulo de elasticidad

Con la aplicación de distintas correlaciones se pudo observar la necesidad de obtener más información para el campo muestral, lo que se recomienda en futuras investigaciones que aborden el tema de este proyecto.

REFERENCIAS

Álvarez Cáceres, R. (1995). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS Aplicación a las ciencias de la salud. Díaz de Santos

AASHTO. (2004). Prueba no repetitiva de carga de placa estática de suelos y componentes de pavimentos flexibles para su uso en la evaluación y diseño de pavimentos de aeropuertos y carreteras.

Barman, M., Zaman, M., Chang, J.R. (2018) Transportation and Geotechniques: Materials, Sustainability and Climate. Springer

Braja Das, M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Cengage Learning

Braja Das, M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cengage Learning

Briaud, J.L. (2001). Introduction to soil moduli. BiTech

Briaud, J.L. (2013). Geotechnical engineering: Unsaturated and saturated soils. Wiley.

Calderón Vizcarra, G., Muniz da Silva, L. (23-27 de abril de 2018). *Ensayos triaxiales de carga repetida para la evaluación de subestructura ferroviaria*. [Informe]. XXVII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LIMA, PERÚ

Chávez Castillo, M. R. (2016). *“Estudio de las propiedades mecánicas de siliceno mediante simulaciones de dinámica molecular”* [Tesis de Doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional – Buap.

Cruz, E., Marín, C., Reyes, L. (19-21 de noviembre de 2014). *Pruebas de placa dinámica para el control de calidad en terraplenes*. [Acta de conferencia]. Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica

Díaz Rodríguez, J. A. (2014). Mecánica de Suelos: Naturaleza y propiedades. Trillas

Dynatest. (s.f.). Falling Weight Deflectometer (FWD).
<https://dynatest.com/equipment/falling-weight-deflectometer/>

Fernandez Tadeo, C. (2006). Ensayo de placa de carga dinámica de 300 mm de diámetro. <https://www.fernandeztadeo.com/Adobe/HMParticuloAlacam.pdf>

Flores Castrellón, O., Gómez Rosas, E., Romo Organista, M.P., Flores Berrones, R. (s.f). Instrumentación y automatización del equipo triaxial cíclico MTS.
<https://sismica.com.mx/layout/acervo/instrumentacion-automatizacion-equipo-triaxial-ciclico-mts.pdf>

Galabru, P. (2002). Maquinaria general en obras y movimientos de tierra. Reverté.

Garnica Anguas, P., Gómez López, J.A., Sesma Martínez, J.A. (2002). *Mecánica de materiales para pavimentos. (197). SCT.*
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf> (p.11)

Gloria I. Gloria I. & Beltrán C.(2011). *Estimación de módulos elásticos en pavimentos usando redes neuronales artificiales.* [Informe]. Pan-Am CGS Geotechnical Conference.

González Cabalero, M. (2001). El terreno. Edición UPC

Gómez Rosas, E., Mendoza García, M.Á., Flores Castrellón, O. (2018) Pruebas triaxiales anisotrópicas. *Proyectos.* <http://www.ii.unam.mx/es-mx/Investigacion/Proyecto/Paginas/PruebasTriaxialesAnisotropicas.aspx>

Hasard Kursbaum, D. (2015) “Control de calidad de terraplenes” [Tesis de Maestría, Universidad de la República Uruguay].
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/22402/1/Has15.pdf>

Higuera Sandoval, C. H. (2011). Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. p15)

Humboldt. (s.f.). Recuperado el 17 de junio de 2020 de <https://www.humboldtmfg.com/geogauge.html>

Instituto de Estructuras y Transporte de Uruguay. (s.f.). *Falling Weight Deflectometer (FWD)* <https://www.fing.edu.uy/es/node/11852>

Jiménez Acuña, M. (2009). Implementación del ensayo de módulo resiliente en bases granulares para pavimentos. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1207/UI-07-09-ENSAYO%20MODULO%20RESILIENTE%20EN%20BASES%20GRANULARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lapresta, B. (3 de junio de 2013). Presiómetro Menard: cálculo de la carga admisible. <https://geologiaygeotecnia.wordpress.com/2013/07/03/ensayo-presiometrico-calculo-carga-admisible/>

Lehmann, S., Leppla, S., Norkus, A. (2020). Experimental study of the modulus of deformation determined by static and dynamic plate load tests. *The baltic journal of road and bridge engineering*. 15 (4), 109–124, 24. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.497>, pp 109).

Murad, Y, Abu-Farsakh, Khalid Alshibli, Munir Nazzal , Ekrem Seyman. (2004). *Assessment of in-situ test technology for construction control of base courses and embankments*. FHWA. https://www.ltrc.lsu.edu/pdf/2008/fr_389.pdf

Patel, A. (2019). *Geotechnical investigations and improvement of ground conditions*. Woodhead publishing.

Pineda Jaimes, J.A., Estevez Rey, L.A., Daza Rodríguez, N. A. (22-24 de julio de 2014). Estimación del Módulo de Elasticidad (E) en una secuencia de Arcillas Blandas Lacustres de la Ciudad de Bogotá (Colombia). [Acta de conferencia].

Poma Balbin, H.R., Paytan López, Y., Serrano Huaman, D., Ccansaya Maldonado, R. (2020). “*Métodos de investigación geotécnica para la caracterización mecánica de un suelo arenoso*”. [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2017). *Infraestructura estratégica y prospectiva 2030 del subsector carretero*. <https://www.cmic.org.mx/cmic/eventos/infraestructura2030/assets/presentacion-mesa-2.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2002). Materiales para subrasante (N-CMT-1-03/02) <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-1-03-02.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2003). Contenido de agua (M-MMP-1-04/03) <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-04-03.pdf>

Tranquilino, D., Diaz, R., Ouvier-Martin, D. (17-20 de noviembre de 2019). Correlación de resultados de ensayos presiométricos frente a resultados de compresión uniaxial en materiales de la zona conurbada de Monterrey (México). [Acta de conferencia]. Geotechnical Engineering in the XII Century: Lessons learned and future challenges. Proceedings of the XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE).

Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. p2).

Verruijt, A. (2018). An Introduction to Soil Mechanics. Springer. (p112).

Zgútová, K., Decký, M., Šrámek, J., Drevený, I. (2015). Using of Alternative Methods at Earthworks Quality Control. *Procedia Earth and Planetary Science*. 15(2015), 263-270. doi:10.1016/j.proeps.2015.08.064 p. 265

Zgútová, K., Decký, M., Šrámek, J., Drevený, I. (2015). Using of Alternative Methods at Earthworks Quality Control. *Procedia Earth and Planetary Science*. 15(2015), 263-270. doi:10.1016/j.proeps.2015.08.064 p266)

BIBLIOGRAFÍA

Alves P., C.J. (2018). Influencia de la manipulación de muestras de laboratorio en la evaluación de la resistencia al corte de suelos blandos. [Trabajo de grado, Universidad Católica Andres Bello].

Bran Sánchez, J.G., González Cruz, R.A., Ortiz Landaverde, H.A. (2009). Métodos de ensayo para la determinación de las principales propiedades dinámicas de los suelos de el salvador. [Tesis de licenciatura, Universidad de el Salvador].

Briaud, J.L. (2013). Geotechnical engineering Saturated and unsaturated soil

Elhakim, A.F., Elbaz, K., Amer, M.I. (2013). The use of light weight deflectometer for in situ evaluation of sand degree of compaction. *HBRC Journal* (10), 298-307. <https://core.ac.uk/download/pdf/82425661.pdf>

García de la Oliva, J.L., Santiago Recuerda, E. (s.f.) Comparación de diferentes métodos de control de compactación del subbalasto. <https://fernandeztadeo.com/Adobe/G%20DE%20LA%20OLIVA.pdf>

Humboldt. (2000). Geogauge User Guide: Impact Test Equipment Ltd. [GeoGaugeUserGuide3.5 \(impact-test.co.uk\)](http://www.impact-test.co.uk/GeoGaugeUserGuide3.5)

HMP, Magdeburger Prüfgerätebau GmbH. (s.f.). Recuperado el 1 de diciembre de 2021 de https://www.hmp-online.com/en/products/light-weight-deflectometer_hmp-lfg/dynamic-plate-load-test_advantages

Jiménez Duarte, P. (2010). Implantación y Calibración del Presiómetro Ménard para estimación de la capacidad de soporte y deformabilidad de suelos en cimentaciones de proyectos ICE. [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica].

Muñoz Beltrán, A.J. (2017). Manual de laboratorio para determinar parámetros dinámicos en suelos, con el uso de los equipos: triaxial cíclico, columna resonante y elementos piezoeléctricos vender. [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

Pérez García, N., Lavariega Aguirre, D.O., Garnica Angua,P. (201). Comportamiento dinámico de suelos no saturados y su aplicación a las vías terrestres. (420). IMT.

Rojas Montenegro, R.A. (2016). Implementación de ensayos de compresión triaxial ciu y cid en laboratorio lemco para posterior análisis de resultados mediante la teoría del estado crítico [Tesis de Licenciatura, Universidad técnica Federico Santa María departamento de obras civiles].

ANEXO I: PRUEBAS DE PLACA ESTÁTICA





BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 496271.99 y= 2184328.54 z= -

Prueba No. PE-01 Fecha: 2021-05-14

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σσ (kg/cm²)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)				v=	0.5
Asiento 1	2040	14:20	14:23	0.4	0.35	0.3					
Asiento 2	1020	14:31	14:34	0.21	0.21	0.1					
										0.75D	al centro
1	535	14:41	14:44	0.1	0.1	0	0.07		0.1173	814.12	957.79
2	1071	14:45	14:48	0.16	0.12	0.06	0.11		0.2348	1037.13	1220.15
3	1605	14:51	14:54	0.23	0.2	0.13	0.19		0.3519	899.82	1058.61
4	2148	14:56	14:59	0.29	0.2	0.2	0.23		0.4710	994.81	1170.37
5	2675	15:01	15:04	0.35	0.28	0.32	0.32		0.5866	890.45	1047.59
6	3210	15:06	15:09	0.45	0.38	0.47	0.43	160.5	0.7039	795.19	935.52
7	4287	15:20	15:23	0.51	0.45	0.57	0.51		0.9401	895.40	1053.42
8	5364	15:24	15:27	0.61	0.53	0.72	0.62		1.1762	921.58	1084.21
9	6441	15:28	15:31	0.72	0.6	0.84	0.72		1.4124	952.92	1121.08
10	7518	15:33	15:36	0.76	0.64	1.02	0.81		1.6486	988.67	1163.14
11	8595	15:37	15:40	0.91	0.67	1.17	0.92		1.8847	995.16	1170.78
12	9672	15:42	15:45	1.01	0.79	1.32	1.04	200.06	2.1209	990.65	1165.47
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{0.43 \text{ (mm)}} = 160.465 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9672 \text{ kg}}{0.45604 \text{ m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{208058.5039}{1000} \text{ Pa} = 208.058504 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{208.0585 \text{ kPa}}{1.04 \text{ (mm)}} = 200.06 \text{ kPa/mm}$	E (Kg/cm²)	931.33
-----	---	------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 494300.2 y= 2182072.99 z= -

Prueba No. PE-02 Fecha: 2021-05-14

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σσ (kg/cm2)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)				v=	0.5
Asiento 1	2721	08:30	08:33	0.63	0.58	0.97					
Asiento 2	1148	08:46	08:49	0.27	0.21	0.3					
										0.75D	al centro
1	535	08:53	08:56	0.08	0.06	0.02	0.050		0.1173	1139.77	1340.91
2	1070	08:59	09:02	0.13	0.11	0.09	0.110		0.2346	1036.16	1219.01
3	1605	09:04	09:07	0.21	0.2	0.18	0.200		0.3519	854.83	1005.68
4	2140	09:08	09:11	0.44	0.46	0.39	0.430		0.4693	530.13	623.68
5	2675	09:13	09:16	0.61	0.69	0.56	0.620		0.5866	459.59	540.69
6	3210	09:17	09:20	0.75	0.83	0.68	0.750	92	0.7039	455.91	536.36
7	4280	09:22	09:25	0.84	0.92	0.78	0.850		0.9385	536.36	631.02
8	5364	09:27	09:30	0.97	1.04	0.87	0.960		1.1762	595.19	700.22
9	6441	09:31	09:34	1.1	1.16	1.08	1.110		1.4124	618.11	727.19
10	7518	09:35	09:38	1.23	1.31	1.2	1.250		1.6486	640.66	753.72
11	8595	09:40	09:43	1.49	1.48	1.38	1.450		1.8847	631.41	742.84
12	9672	09:44	09:47	1.63	1.54	1.69	1.620	128.43	2.1209	635.97	748.20
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.75} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 92 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9672}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{208058.5039}{1000} \text{ Pa} = 208.059 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{208.0585}{1.62} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 128.43 \text{ kPa/mm}$	E (Kg/cm²)	677.84
-----	---	------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 494952.92 y= 2180872.32 z= -

Prueba No. PE-03 Fecha: 2021-06-15

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m ²)	0.456037	Área(m ²)	0.292	Área(m ²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σσ (kg/cm2)	E (Kg/cm ²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)				v=	0.5
Asiento 1	2431	15:10	15:13	0.41	0.39	0.5					
Asiento 2	1216	15:18	15:21	0.23	0.31	0.28					
										0.75D	al centro
1	535	15:40	16:43	0.05	0.05	0.07	0.060		0.1173	949.81	1117.43
2	1070	15:45	16:48	0.11	0.14	0.13	0.130		0.2346	876.75	1031.47
3	1605	15:50	16:53	0.24	0.37	0.41	0.340		0.3519	502.84	591.58
4	2140	15:54	16:57	0.58	0.63	0.71	0.640		0.4693	356.18	419.03
5	2675	15:59	17:02	0.87	0.79	0.77	0.810		0.5866	351.78	413.86
6	3210	16:04	17:07	1.02	0.91	0.88	0.940	73.40	0.7039	363.76	427.95
7	4287	16:15	17:18	1.1	1.07	0.97	1.050		0.9401	434.91	511.66
8	5364	16:19	17:22	1.31	1.30	1.27	1.290		1.1762	442.93	521.09
9	6441	16:24	17:27	1.44	1.53	1.43	1.470		1.4124	466.74	549.10
10	7518	16:28	17:31	1.64	1.71	1.61	1.650		1.6486	485.35	571.00
11	8595	16:32	17:35	1.79	1.79	1.78	1.790		1.8847	511.48	601.74
12	9672	16:36	17:39	1.98	1.89	1.81	1.890	110.08	2.1209	545.12	641.31
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.94} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 73.4043 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9672}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{208058.5039}{1000} \text{ Pa} = 208.059 \text{ kPa}$

K _u	$K'_u = \frac{208.0585}{1.89} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 110.08 \text{ Pa/mm}$	E (Kg/cm ²)	523.97
----------------	--	-------------------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 497360.15 y= 2180471.30 z= -

Prueba No. PE-05 Fecha: 2021-06-15

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σσ (kg/cm2)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)				v=	0.5
Asiento 1	3471	11:50	11:53	0.48	0.53	0.41					
Asiento 2	1736	11:41	11:44	0.31	0.28	0.19					
										0.75D	al centro
1	535	11:50	11:53	0.01	0.03	0.04	0.030		0.1173	1899.62	2234.85
2	1070	11:55	11:58	0.06	0.1	0.12	0.090		0.2346	1266.42	1489.90
3	1605	12:00	12:03	0.09	0.17	0.17	0.140		0.3519	1221.19	1436.69
4	2140	12:05	12:08	0.15	0.23	0.24	0.210		0.4693	1085.50	1277.06
5	2675	12:09	12:12	0.27	0.33	0.34	0.310		0.5866	919.17	1081.38
6	3210	12:14	12:17	0.38	0.44	0.44	0.420	164.29	0.7039	814.12	957.79
7	4287	12:25	12:28	0.45	0.62	0.59	0.550		0.9401	830.28	976.80
8	5364	12:29	12:32	0.59	0.81	0.75	0.720		1.1762	793.58	933.63
9	6441	12:34	12:37	0.75	0.96	0.88	0.860		1.4124	797.79	938.58
10	7518	12:39	12:42	0.86	1.1	1	0.990		1.6486	808.91	951.66
11	8595	12:43	12:46	1.09	1.25	1.16	1.170		1.8847	782.52	920.61
12	9672	12:48	12:51	1.32	1.4	1.34	1.350	154.12	2.1209	763.16	897.84
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.42} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 164.286 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9672}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{208058.5039}{1000} \text{ Pa} = 208.059 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{208.0585}{1.35} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 154.1 \text{ kPa/mm}$	E (Kg/cm²)	998.52
-----	--	------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 501052.49 y= 2180691.56 z= -

Prueba No. PE-05 Fecha: _____

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m ²)	0.456037	Área(m ²)	0.292	Área(m ²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm ²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	
Asiento 1	3590	14:50	14:53	0.24	0.35	0.35					
Asiento 2	1800	15:10	15:13	0.14	0.13	0.15					
										0.75D	al centro
1	550	15:20	15:23	0.02	0.02	0.03	0.020		0.1206	2929.33	3446.27
2	1069	15:23	15:26	0.05	0.06	0.06	0.060		0.2344	1897.85	2232.76
3	1610	15:27	15:30	0.08	0.15	0.14	0.120		0.3530	1429.16	1681.36
4	2142	15:30	15:33	0.13	0.17	0.20	0.170		0.4697	1342.16	1579.02
5	2674	15:34	15:37	0.21	0.22	0.25	0.230		0.5864	1238.42	1456.97
6	3215	15:37	15:40	0.32	0.36	0.38	0.350	197.14	0.7050	978.47	1151.14
7	4230	15:55	15:58	0.35	0.44	0.42	0.400		0.9276	1126.46	1325.25
8	5430	15:59	16:02	0.41	0.51	0.50	0.470		1.1907	1230.66	1447.83
9	6640	16:02	16:05	0.89	0.78	0.59	0.750		1.4560	943.07	1109.49
10	7650	16:05	16:08	0.93	0.97	0.89	0.930		1.6775	876.22	1030.85
11	8750	16:09	16:12	1.07	1.20	1.31	1.190		1.9187	783.24	921.46
12	9850	16:12	16:15	1.26	1.30	1.35	1.300	162.99	2.1599	807.10	949.53
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.35} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 197.143 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9850}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{211887.5375}{1000} \text{ Pa} = 211.888 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{211.8875 \text{ kPa}}{1.30 (\text{mm})} = 162.99 \text{ Pa/mm}$	E (Kg/cm ²)	1298.51
-----	---	-------------------------	---------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



BUAP

Obra: Vialidad y barda perimetral
 Localización: x= 502336.39 y= 2181168.06 z= -
 Prueba No. PE-06 Fecha: 2021-10-21

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	0.5
Asiento 1	2017	14:10	14:13	0.55	0.6	0.5					
Asiento 2	1009	14:30	14:33	0.21	0.23	0.25					
										0.75D	al centro
1	535	14:40	14:43	0.05	0.03	0.07	0.050		0.1173	1139.77	1340.91
2	1070	14:43	14:46	0.07	0.11	0.1	0.090		0.2346	1266.42	1489.90
3	1608	14:47	14:50	0.15	0.19	0.17	0.170		0.3526	1007.56	1185.37
4	2138	14:50	14:53	0.19	0.23	0.26	0.230		0.4688	990.18	1164.92
5	2678	14:54	14:57	0.24	0.38	0.39	0.340		0.5872	839.01	987.07
6	3218	14:57	15:00	0.39	0.58	0.56	0.510	135.29	0.7056	672.13	790.74
7	4295	15:06	15:09	0.49	0.65	0.63	0.590		0.9418	775.44	912.28
8	5372	15:10	15:13	0.73	0.81	0.79	0.780		1.1780	733.63	863.09
9	6442	14:13	15:16	0.9	0.93	0.97	0.930		1.4126	737.86	868.07
10	7512	15:17	15:20	1.07	1.19	1.11	1.120		1.6472	714.45	840.53
11	8589	15:21	15:24	1.18	1.33	1.22	1.240		1.8834	737.83	868.04
12	9659	15:27	15:27	1.25	1.4	1.33	1.330	156.22	2.1180	773.60	910.12
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.51} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 135.294 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9659}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{207778.8553}{1000} \text{ Pa} = 207.78 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{207.7789 \text{ kPa}}{1.33 (\text{mm})} = 156.22 \text{ Pa/mm}$	E (Kg/cm²)	865.66
-----	---	------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 501760.85 y= 2184935.41 z= -

Prueba No. PE-07 Fecha: 2021-10-21

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	0.5
Asiento 1	1735	10:23	10:26	0.43	0.39	0.51					
Asiento 2	867	10:35	10:38	0.27	0.21	0.25					
										0.75D	al centro
1	535	10:45	10:48	0.01	0.08	0.04	0.040		0.1173	1424.72	1676.14
2	1073	10:48	10:51	0.17	0.13	0.12	0.140		0.2353	816.41	960.48
3	1620	10:52	10:55	0.23	0.18	0.19	0.200		0.3552	862.82	1015.08
4	2155	10:55	10:58	0.31	0.23	0.22	0.250		0.4725	918.21	1080.25
5	2690	11:00	11:03	0.42	0.3	0.35	0.360		0.5899	795.95	936.41
6	3226	11:03	11:06	0.51	0.35	0.46	0.440	156.82	0.7074	780.99	918.82
7	4303	11:15	11:18	0.65	0.41	0.54	0.530		0.9436	864.83	1017.45
8	5373	11:18	11:21	0.81	0.59	0.67	0.690		1.1782	829.47	975.85
9	6443	11:22	11:25	0.98	0.73	0.8	0.840		1.4128	817.04	961.23
10	7520	11:25	11:28	1.14	0.95	0.97	1.020		1.6490	785.33	923.92
11	8590	11:29	11:32	1.21	1.14	1.11	1.150		1.8836	795.67	936.08
12	9670	11:32	11:35	1.31	1.2	1.25	1.250	166.41	2.1204	824.05	969.47
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.44} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 156.818 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9670}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{208015.481}{1000} \text{ Pa} = 208.02 \text{ kPa}$

K'u	$K'_u = \frac{208.0155 \text{ kPa}}{1.25 (\text{mm})} = 166.41 \text{ kPa/mm}$	E (Kg/cm²)	876.29
-----	--	------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



BUAP

Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 499998.43 y= 2185565.00 z= -

Prueba No. PE-08 Fecha: 2021-10-21

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m ²)	0.456037	Área(m ²)	0.292	Área(m ²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm ²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	
Asiento 1	1220	09:30	09:33	0.5	0.41	0.35					
Asiento 2	670	09:45	09:48	0.31	0.28	0.3					
										0.75D	al centro
1	546	09:53	09:58	0.07	0.04	0.08	0.060		0.1197	969.34	1140.40
2	1072	09:58	10:01	0.2	0.13	0.15	0.160		0.2351	713.69	839.64
3	1610	10:02	10:05	0.34	0.24	0.3	0.290		0.3530	591.38	695.74
4	2154	10:05	10:08	0.45	0.33	0.4	0.390		0.4723	588.32	692.15
5	2686	10:09	10:12	0.55	0.43	0.53	0.500		0.5890	572.23	673.21
6	3215	10:12	10:15	0.63	0.5	0.58	0.570	121.05	0.7050	600.82	706.84
7	4235	10:20	10:23	0.9	0.69	0.67	0.750		0.9287	601.49	707.63
8	5330	10:23	10:26	1.15	0.84	0.91	0.970		1.1688	585.32	688.61
9	6435	10:27	10:30	1.36	0.97	1.1	1.140		1.4111	601.28	707.39
10	7545	10:30	10:33	1.55	1.1	1.37	1.340		1.6545	599.78	705.62
11	8630	10:33	10:36	1.69	1.23	1.49	1.470		1.8924	625.36	735.72
12	9846	10:37	10:41	1.8	1.33	1.64	1.590	133.21	2.1590	659.63	776.03
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.57} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 121.053 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9846}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{211801.4918}{1000} \text{ Pa} = 211.80 \text{ kPa}$

K'_u	$K'_u = \frac{211.8015}{1.59} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 133.21 \text{ kPa/mm}$	E (Kg/cm ²)	642.39
--------	---	-------------------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral

Localización: x= 497790.12 y= 2185626.85 z= -

Prueba No. PE-09 Fecha: 2021-10-22

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m ²)	0.456037	Área(m ²)	0.292	Área(m ²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm ²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	0.5
Asiento 1	2600	12:26	12:29	0.35	0.3	0.33					
Asiento 2	1300	13:05	13:08	0.18	0.15	0.16					
										0.75D	al centro
1	538	13:11	13:14	0.02	0.06	0.07	0.050		0.1180	1146.17	1348.43
2	1075	13:14	13:17	0.07	0.14	0.12	0.110		0.2357	1041.00	1224.71
3	1615	13:18	13:21	0.1	0.18	0.19	0.160		0.3541	1075.20	1264.94
4	2150	13:22	13:25	0.12	0.24	0.25	0.200		0.4715	1145.10	1347.18
5	2680	13:25	13:28	0.18	0.33	0.31	0.270		0.5877	1057.32	1243.91
6	3223	13:28	13:31	0.29	0.59	0.47	0.450	153.33	0.7067	762.93	897.56
7	4331	13:40	13:43	0.33	0.6	0.53	0.490		0.9497	941.52	1107.67
8	5430	13:43	13:46	0.42	0.78	0.67	0.620		1.1907	932.92	1097.55
9	6545	13:47	13:50	0.55	0.97	0.81	0.780		1.4352	893.82	1051.55
10	7656	13:50	13:53	0.68	1.17	1.01	0.950		1.6788	858.45	1009.94
11	8790	13:54	13:57	0.8	1.26	1.24	1.100		1.9275	851.20	1001.41
12	9850	13:57	14:00	0.95	1.41	1.37	1.240	170.88	2.1599	846.15	995.48
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.45} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 153.333 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9850}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{211887.5375}{1000} \text{ Pa} = 211.89 \text{ kPa}$

K _u	$K'_u = \frac{211.8875}{1.24} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 170.88 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$	E (Kg/cm ²)	962.65
----------------	---	-------------------------	--------



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
REGISTRO DE CAMPO PARA PRUEBA DE PLACA ESTÁTICA AASHTO-T-222



Obra: Vialidad y barda perimetral
 Localización: x= 502558.72 y= 2182773.83 z= -
 Prueba No. PE-10 Fecha: 2021-10-22

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
diámetro (m)	0.762	diámetro (m)	0.61	diámetro (m)	0.457
Área(m²)	0.456037	Área(m²)	0.292	Área(m²)	0.16403

Incremento	Carga kg	Hora		Deflexiones			Promedio (mm)	Ku (KPa/mm)	σo (kg/cm2)	E (Kg/cm²)	
		Inicio	Fin	Micrómetro (mm)	Micrómetro (mm)	Micrómetro				v=	al centro
Asiento 1	3348	09:40	09:44	0.39	0.42	0.45					
Asiento 2	1492	09:49	09:52	0.18	0.38	0.32					
										0.75D	al centro
1	538	09:55	09:58	0.06	0.09	0.02	0.060		0.1180	955.14	1123.69
2	1073	10:02	10:06	0.11	0.11	0.07	0.100		0.2353	1142.97	1344.67
3	1619	10:10	10:14	0.26	0.24	0.19	0.230		0.3550	749.82	882.14
4	2147	10:16	10:19	0.41	0.39	0.31	0.370		0.4708	618.11	727.19
5	2694	10:20	10:23	0.59	0.52	0.45	0.520		0.5907	551.86	649.25
6	3215	10:24	10:26	0.78	0.74	0.59	0.700	98.57	0.7050	489.24	575.57
7	4298	10:28	10:31	0.86	0.96	0.68	0.830		0.9425	551.60	648.94
8	5380	10:33	10:35	0.95	1.15	0.76	0.950		1.1797	603.25	709.70
9	6435	10:37	10:40	1.15	1.3	0.83	1.090		1.4111	628.86	739.84
10	7580	10:41	10:44	1.34	1.49	0.97	1.270		1.6621	635.77	747.97
11	8593	10:46	10:49	1.51	1.52	1.15	1.390		1.8843	658.51	774.72
12	9740	10:51	10:53	1.75	1.66	1.28	1.560	134.31	2.1358	665.07	782.44
13											
14											

$$K'_u = \frac{69 \text{ kPa}}{\text{Deflexión (mm)}}$$

Observaciones: $K'_u = \frac{69}{0.70} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 98.57 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$ $K'_u = \frac{9740}{0.45604} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{209521.2808}{1000} \text{ Pa} = 209.52 \text{ kPa}$



K'_u	$K'_u = \frac{209.5213}{1.56} \frac{\text{kPa}}{(\text{mm})} = 134.31 \frac{\text{kPa}}{\text{mm}}$	E (Kg/cm²)	687.52
--------	---	------------	--------

ANEXO II: PRUEBAS DE LABORATORIO



MC-01



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	01
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	-

Contenido de agua									
0	1	2	3				4 = (2-3)	5 = (3-1)	6 = (4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo húmedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa maf. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-004	451.8	835.3	766.9	766.3	-	766.6	68.7	314.8	21.8

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Abertura nominal de la malla, mm	Masa de la muestra, g
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCE-2014)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	01
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	-

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 239.0

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	46.8	19.6	19.6	80.4
N°. 60	0.250	0.0	0.0	19.6	80.4
N°. 100	0.150	0.0	0.0	19.6	80.4
N°. 200	0.075	98.3	41.1	60.7	39.3
Pasa N° 200		93.9	39.3	100.0	0.0
SUMA		239.0	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 60.7 %
F = 39.3 %

Observaciones:

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

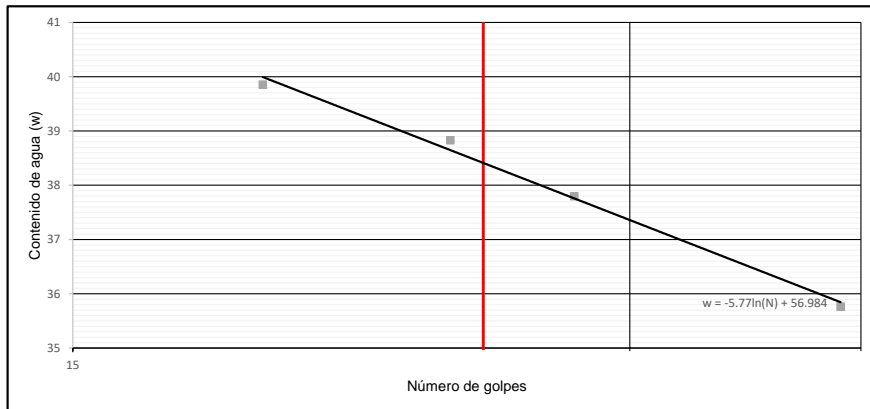
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	01
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	-

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	C001	39	37.1	31.0	6.08	14.0	17.00	35.8
2	C002	28	46.4	40.8	5.59	26.0	14.79	37.8
3	C003	24	33.0	27.7	5.30	14.1	13.65	38.8
4	C004	19	37.1	31.1	5.99	16.0	15.03	39.9



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	T001	15.7	14.5	1.17	9.6	4.95	23.6
2	T003	19.6	18.3	1.25	13.1	5.29	23.6

LL=	<u>38</u>	%
LP=	<u>24</u>	%
IP =	<u>14</u>	%

CLASIFICACION
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
CL



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	01
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	-

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{fsw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fww} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-01	28.1	1381.8	1277.5	172.9	2.52

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

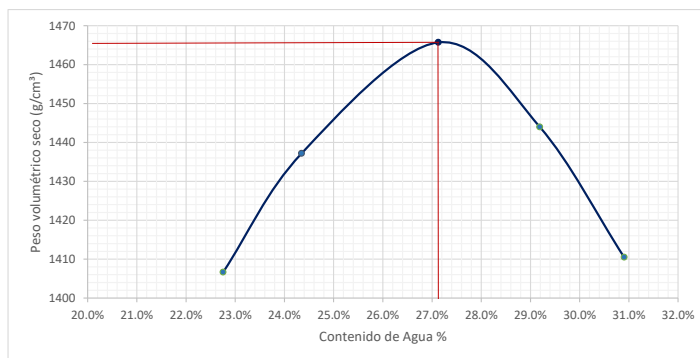
Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	01
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	-

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A



Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta						
Determinación No.	1	2	3	4	5	
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3631	3688	3760	3762	3744	
Masa de suelo húmedo (g)	1630	1687	1759	1761	1743	
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1726.7	1787.1	1863.3	1865.5	1846.4	
Determinación del contenido de agua						
Capsula No	6	11	29	20	23	
Masa de la capsula (g)	459.6	441.1	446.8	445.7	444.1	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	760.1	727.1	745.3	786.5	765.6	
Masa suelo húmedo (g)	300.5	286	298.5	340.8	321.5	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	704.6	671.6	681.6	709.8	689.8
	Det.2	704.2	670.6	681.6	709.2	689.6
	Det.3					
	Det. Prom	704.4	671.1	681.6	709.5	689.7
Masa suelo seco(g)	244.8	230.0	234.8	263.8	245.6	
Contenido de Agua	22.8%	24.3%	27.1%	29.2%	30.9%	
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1407	1437	1466	1444	1410	



PVSM	1466
CONT. AGUA ÓPTIMO	27.1%

MC-02



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: _____ x=502162.2 _____ y=2184812.74

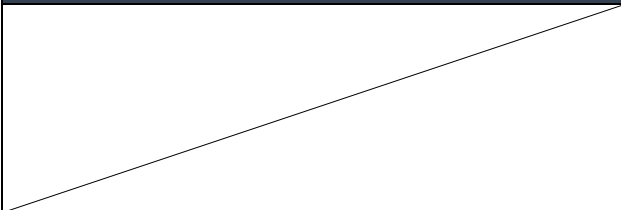
prestamos: _____ Banco 03 **Capa:** _____ Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	02
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09		

Contenido de agua									
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100
Tara No.	Wtar a (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-027	458.5	700.9	645.3	644.9	-	645.1	55.8	186.6	29.9

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Abertura nominal de la malla, mm	masa de la muestra, g
Designación de la malla		
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones


	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCE-2014)	

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: _____ x=502162.2 _____ y=2184812.74 _____

Banco de prestamos: _____ Banco 03 _____ **Capa:** _____ Subrasante _____

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	02
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 293.4

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	181.8	62.0	62.0	38.0
Pasa N° 200		111.6	38.0	100.0	0.0
SUMA		293.4	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 62.0 %
F = 38.0 %

Observaciones:

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

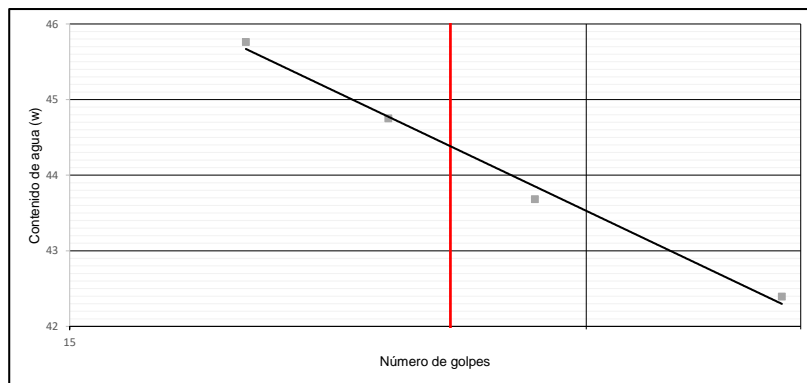
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	02
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V008	39	38.5	32.9	5.63	19.6	13.28	42.4
2	V011	28	38.2	32.9	5.29	20.8	12.11	43.7
3	T002	23	31.1	26.0	5.16	14.5	11.53	44.8
4	T004	19	32.4	26.4	5.94	13.5	12.98	45.8



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V007	36.8	35.4	1.43	30.6	4.77	30.0
2	V002	32.7	31.4	1.36	26.7	4.64	29.3

LL =	<u>44</u>	%
LP =	<u>29</u>	%
IP =	<u>15</u>	%

CLASIFICACIÓN
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
CL



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=502162.2 y=2184812.74

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	02
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura	Peso matraz W _{fsw}	Peso matraz + Mat. W _{fw}	Peso material seco W _s	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s
	(°C)	(g)	(g)	[g]	[-]
MC-01	23.9	1334.4	1278.1	96.6	2.40

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Maestría opción terminal en Geotecnia

Formato para la compactación dinámica estándar y modificada
NMX-C-476-ONNCE-2019**BUAP**

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

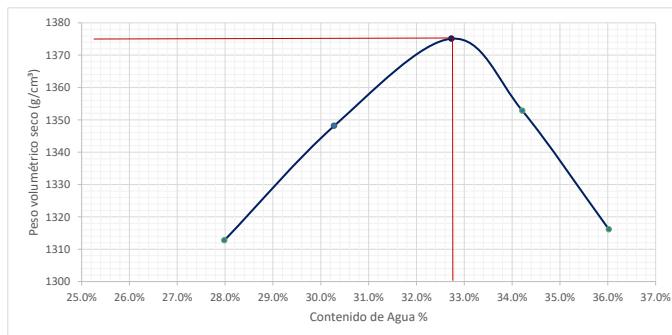
Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 Capa: Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	02
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A



Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta					
Determinación No.	1	2	3	4	5
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3587	3659	3724	3715	3691
Masa de suelo húmedo	1586	1658	1723	1714	1690
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1680.1	1756.4	1825.2	1815.7	1790.3
Determinación del contenido de agua					
Capsula No	4	9	7	5	11
Masa de la capsula (g)	451.9	434.1	445.6	449.6	441.1
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	735	745.6	792.7	825.8	756.4
Masa suelo húmedo (g)	283.1	311.5	347.1	376.2	315.3
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	673.1	673.2	707.1	729.9
	Det.2				
	Det.3				
	Det. Prom	673.1	673.2	707.1	729.9
Masa suelo seco (g)	221.2	239.1	261.5	280.3	231.80
Contenido de Agua	28.0%	30.3%	32.7%	34.2%	36.0%
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1313	1348	1375	1353	1316



PVSM	1375
CONT. AGUA OPT.	32.7%

MC-03



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	03
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-05-07		

Contenido de agua									
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-013	459.5	747	682.1	681.6	-	681.85	65.15	222.35	29.3

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Abertura nominal de la malla, mm	Masa de la muestra, g
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA		
	Facultad de Ingeniería		
	Maestría opción terminal en Geotecnia Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCCE-2014)		

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	03
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 284.0

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	197.1	69.4	69.4	30.6
Pasa N° 200		86.9	30.6	100.0	0.0
SUMA		284.0	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
 S = 69.4 %
 F = 30.6 %

Observaciones:

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 Capa: Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	03
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	T001	35	30.8	25.0	5.78	9.6	15.41	37.5
2	T002	28	34.1	28.6	5.46	14.5	14.13	38.6
3	T003	21	34.5	28.3	6.17	13.0	15.28	40.4
4	T004	17	35.8	29.2	6.55	13.5	15.73	41.6

LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V007	36.8	35.5	1.35	30.7	4.84	27.9
2	V002	32.8	31.5	1.28	26.7	4.81	26.6

LL =	39	%
LP =	27	%
IP =	12	%

CLASIFICACION
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
ML



Observaciones



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Maestría opción terminal en Geotecnia

Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)



BUAP

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=502162.2 y=2184812.74

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	03
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{sw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-03	26.5	1398.5	1277.8	203.4	2.46

Observaciones

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

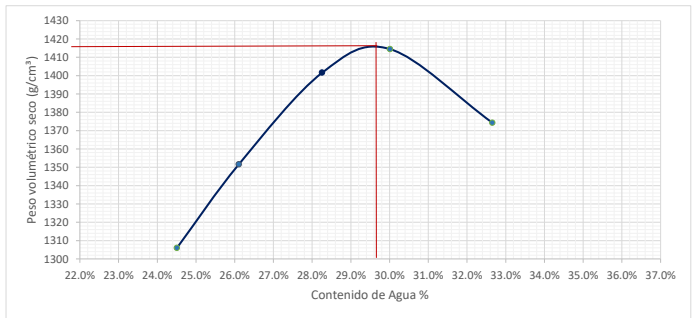
Ubicación del muestreo: _____ $x=502162.2$ _____ $y=2184812.74$

Banco de préstamos: _____ Banco 03 _____ **Capa:** _____ Subrasante _____

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	03
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A



Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta						
Deferminación No.	1	2	3	4	5	
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3536	3610	3698	3737	3722	
Masa de suelo húmedo (g)	1535	1609	1697	1736	1721	
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1626.1	1704.4	1797.7	1839.0	1823.1	
Determinación del contenido de agua						
Capsula No	16	2	17	6	4	
Masa de la capsula (g)	452.6	443.4	434.7	452.7	451.8	
Masa capsula+ masa suelo húmedo	679.7	728.4	727.9	772.4	784.5	
Masa suelo húmedo	227.1	285	293.2	319.7	332.7	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	635	669.4	663.3	698.6	702.6
	Det.2					
	Det.3					
	Det. Prom	635	669.4	663.3	698.6	702.6
Masa suelo seco	182.4	226.0	228.6	245.9	250.80	
Contenido de Agua	24.5%	26.1%	28.3%	30.0%	32.7%	
Peso volumétrico seco(g/cm ³)	1306	1352	1402	1414	1374	



PVS	1374
H.ÓPTIMA	29.6%

MC-04



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.00 y=2185249.00

Banco de prestamos: Banco 04 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	04
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09		

Contenido de agua									
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-017	434.3	694.8	653.9	653.7	-	653.8	41	219.5	18.7

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Masa de la muestra, g	
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCCE-2014)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.00 y=2185249.00

Banco de prestamos: Banco 04 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	04
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 279.6

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	201.7	72.1	72.1	27.9
Pasa N° 200		77.9	27.9	100.0	0.0
SUMA		279.6	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 72.1 %
F = 27.9 %

Observaciones:

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación de límites de consistencia (NMX-C-493-ONNCC-2018)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.00 y=2185249.00

Banco de prestamos: Banco 04 **Capa:** Subrasante

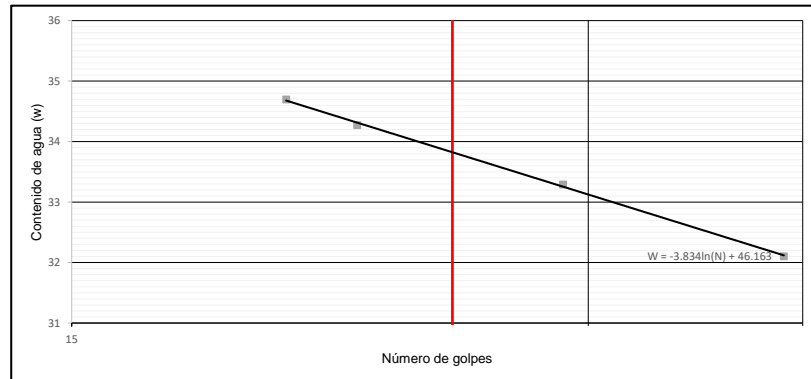
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	04
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V003	39	38.4	33.7	4.70	19.1	14.64	32.1
2	V005	29	42.2	36.9	5.34	20.9	16.04	33.3
3	V006	22	39.4	33.8	5.59	17.5	16.31	34.3
4	V010	20	39.5	34.8	4.75	21.1	13.69	34.7



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V012	34.14	32.90	1.24	27.9	4.97	24.9
2	V004	37.25	36.08	1.17	31.1	5.01	23.4

LL =	34	%
LP =	24	%
IP =	10	%

CLASIFICACION
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
ML



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=498376.00 y=2185249.00

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	04
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{fsw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-04	30.7	1361.7	1277.2	143	2.44

Observaciones



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Maestría opción terminal en Geotecnia

Formato para la compactación dinámica estándar y modificada
NMX-C-476-ONNCE-2019



BUAP

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

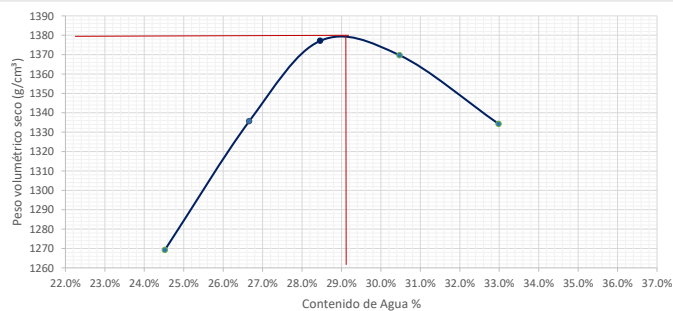
Ubicación del muestreo: x=498376.00 y=2185249.00

Banco de prestamos: Banco 04 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	04
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A



Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta						
Determinación No.	1	2	3	4	5	
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3493	3598	3671	3688	3676	
Masa de suelo húmedo (g)	1492	1597	1670	1687	1675	
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1580.5	1691.7	1769.1	1787.1	1774.4	
Determinación del contenido de agua						
Capsula No	9	2	27	21	4	
Masa de la capsula (g)	434.2	443.2	458.5	449.8	451.8	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	688.1	727.3	759.1	805.6	781.6	
Masa suelo húmedo (g)	253.9	284.1	300.6	355.8	329.8	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	638.1	667.5	692.5	722.5	699.8
	Det.2					
	Det.3					
	Det. Prom	638.1	667.5	692.5	722.5	699.8
Masa suelo seco(g)	203.9	224.3	234	272.7	248.00	
Contenido de Agua	24.5%	26.7%	28.5%	30.5%	33.0%	
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1269	1336	1377	1370	1334	



PVSM	1380
CONT. AGUA OPTIMO	29.0%

MC-05



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	05
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua									
0	1	2	3				4 = (2-3)	5 = (3-1)	6 = (4/5)*100
Tara No.	Wtar a (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-009	433.7	823.4	709.2	708.9	-	709.05	114.35	275.35	41.5

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Masa de la muestra, g	
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

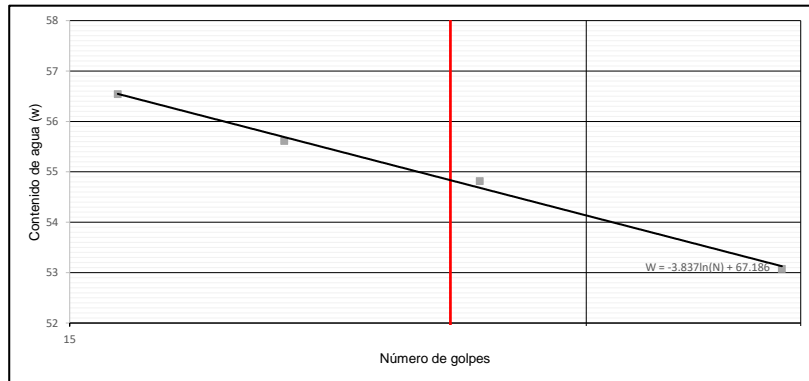
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	05
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V003	39	33.99	28.81	5.18	19.05	9.76	53.1
2	V009	26	44.39	39.27	5.12	29.93	9.34	54.8
3	V012	20	46.15	39.66	6.49	27.99	11.67	55.6
4	V004	16	49.72	42.98	6.74	31.06	11.92	56.5



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V002	35.86	33.42	2.44	26.71	6.71	36.4
2	V012	31.74	29.81	1.93	24.46	5.35	36.1

LL =	<u>55</u>	%
LP =	<u>36</u>	%
IP =	<u>19</u>	%

CLASIFICACION LIMO DE ALTA PLASTICIDAD MH
--



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=498376.21 y=2185249.16

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	05
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura	Peso matraz W _{sw}	Peso matraz + Mat. W _{fw}	Peso material seco W _s	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s
	(°C)	(g)	(g)	(g)	[-]
MC-05	22.7	1371.4	1278.3	164.8	2.30

Observaciones

MC-06





BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
 Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
 Formato para la determinación del contenido de agua en suelos
 NMX-C-475-ONNCCE-2013



Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	06
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua										
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100	
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)	
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.				
CH-002	443.1	716.7	671.8	671.2	-	671.5	45.2	228.4	19.8	

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾	Abertura nominal de la malla, mm	Masa de la muestra, g
Designación de la malla		
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

Obra: Frete 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

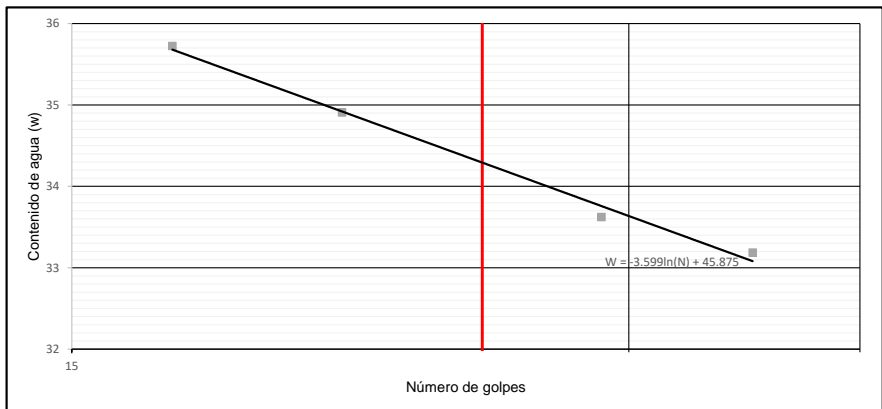
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	6
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V011	35	38.7	34.3	4.47	20.8	13.47	33.2
2	V008	29	39.7	34.6	5.05	19.6	15.02	33.6
3	V010	21	40.8	35.7	5.10	21.1	14.61	34.9
4	V005	17	42.4	36.7	5.68	20.8	15.90	35.7



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V012	34.1	32.9	1.16	27.9	4.97	23.3
2	V004	37.1	36.0	1.12	31.1	4.94	22.7

LL =	34	%
LP =	23	%
IP =	11	%

CLASIFICACION
ARENA ARCILLOSA
SC



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=498376.21 y=2185249.16

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	06
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura	Peso matraz W _{fs}	Peso matraz + Mat. W _{fw}	Peso material seco W _s	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s
	(°C)	(g)	(g)	(g)	[-]
MC-06	19.4	1364.1	1278.8	143	2.48

Observaciones

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

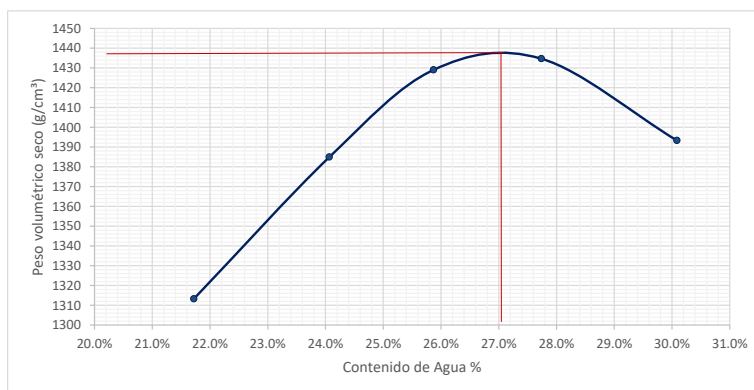
Ubicación del muestreo: _____ x=498376.21 _____ y=2185249.16

Banco de prestamos: _____ Banco 05 _____ **Capa:** _____ Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	06
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): _____ 4.75 _____ Tipo de ensayo: _____ Estándar _____ Variante: _____ A _____

Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta						
Determinación No.	1	2	3	4	5	
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3510	3623	3699	3731	3712	
Masa de suelo húmedo (g)	1509	1622	1698	1730	1711	
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1598.5	1718.2	1798.7	1832.6	1812.5	
Determinación del contenido de agua						
Capsula No	4	2	27	17	21	
Masa de la capsula (g)	451.8	443.3	458.5	434.7	450.1	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	716.3	712.4	722.2	701.8	709.1	
Masa suelo húmedo (g)	264.5	269.1	263.7	267.1	259	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	669.1	660.2	668	643.8	649.2
	Det.2					
	Det.3					
	Det. Prom	669.1	660.2	668	643.8	649.2
Masa suelo seco(g)	217.3	216.9	209.5	209.1	199.1	
Contenido de Agua	21.7%	24.1%	25.9%	27.7%	30.1%	
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1313	1385	1429	1435	1393	





PVSM	1437
CONT. AGUA OPTIMO	27.0%

Realizó

Autorizó

MC-07



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de préstamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante


Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	07
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua									
0	1	2	3				4 = (2-3)	5 = (3-1)	6 = (4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-010	445.3	694.3	642	641.5	-	641.75	52.55	196.45	26.7

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾		Masa de la muestra, g
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCE-2014)	

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: _____ x=498376.21 _____ y=2185249.16

Banco de prestamos: _____ Banco 05 _____ **Capa:** _____ Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	07
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 258.9

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	133.4	51.5	51.5	48.5
Pasa N° 200		125.5	48.5	100.0	0.0
SUMA		258.9	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 51.5 %
F = 48.5 %

Observaciones:

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación de límites de consistencia (NMX-C-493-ONNCE-2018)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

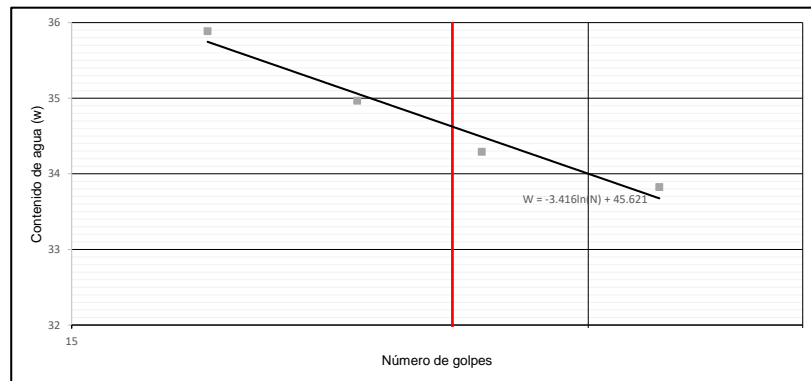
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	07
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V006	33	36.52	31.72	4.80	17.5	14.19	33.8
2	V010	26	39.29	34.64	4.65	21.1	13.56	34.3
3	V005	22	37.61	33.26	4.35	20.8	12.44	35.0
4	V003	18	41.56	35.61	5.95	19.0	16.58	35.9



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V004	38.40	36.98	1.42	31.06	5.92	24.0
2	V001	33.32	32.06	1.26	26.70	5.36	23.5

LL=	<u>35</u>	%
LP=	<u>24</u>	%
IP =	<u>11</u>	%

CLASIFICACION
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
CL



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=498376.21 y=2185249.16

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	07
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{sw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-07	20.1	1362.4	1278.7	138.2	2.54

Observaciones

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

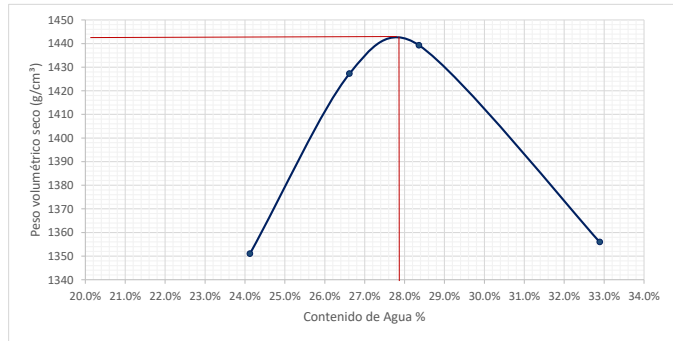
Ubicación del muestreo: _____ x=498376.21 _____ y=2185249.16

Banco de préstamos: _____ Banco 05 _____ **Capa:** _____ Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	07
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	



Tamaño máximo del agregado (mm): _____ 4.75 _____ Tipo de ensayo: _____ Estándar _____ Variante: _____ A _____

Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta					
Determinación No.	1	2	3	4	5
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3584	3707	3745	3702	3702
Masa de suelo húmedo (g)	1583	1706	1744	1701	1701
Peso volumetrico húmedo γ _m , (kg/m ³)	1676.9	1807.2	1847.5	1801.9	1801.9
Determinación del contenido de agua					
Capsula No	16	2	11	8	
Masa de la capsula (g)	454.3	443.5	440.9	454.5	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	737.8	722.7	724.2	754.7	
Masa suelo húmedo (g)	283.5	279.2	283.3	300.2	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	682.7	664	661.6	680.4
	Det.2				
	Det.3				
	Det. Prom	682.7	664	661.6	680.4
Masa suelo seco(g)	228.4	220.5	220.7	225.9	
Contenido de Agua	24.1%	26.6%	28.4%	32.9%	
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1351	1427	1439	1356	



MC-08



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de préstamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	08
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua									
0	1	2	3				4 = (2-3)	5 = (3-1)	6 = (4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-030	454.7	790.2	716.1	715.6	-	715.85	74.35	261.15	28.5

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾		Masa de la muestra, g
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCE-2014)	

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: _____ x=498376.21 _____ y=2185249.16

Banco de prestamos: _____ Banco 05 _____ **Capa:** _____ Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	08
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 235.0

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	106.6	45.4	45.4	54.6
Pasa N° 200		128.4	54.6	100.0	0.0
SUMA		235.0	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 45.4 %
F = 54.6 %

Observaciones:

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación de límites de consistencia (NMX-C-493-ONNCE-2018)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de prestamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

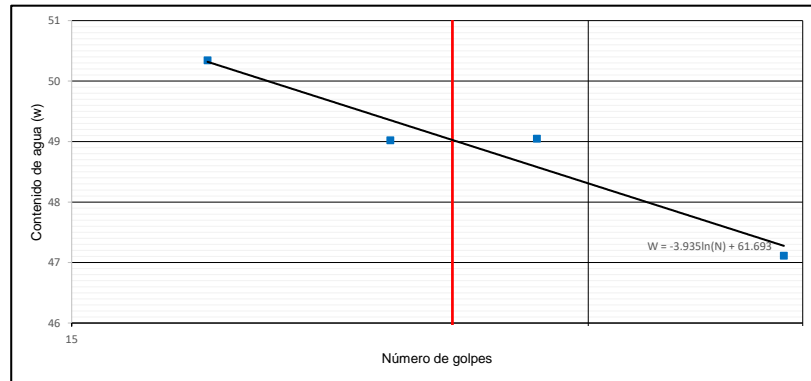
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	08
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V003	39	33.31	28.74	4.57	19.04	9.70	47.1
2	V005	28	36.51	31.35	5.16	20.83	10.52	49.0
3	V010	23	38.65	32.88	5.77	21.11	11.77	49.0
4	V006	18	35.00	29.15	5.85	17.53	11.62	50.3

LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V004	37.40	36.01	1.39	31.06	4.95	28.1
2	V012	35.78	34.02	1.76	27.92	6.10	28.9

LL =	49	%
LP =	28	%
IP =	21	%

CLASIFICACION
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
ML





Observaciones

Realizó

Revisó

Ing. Ariadna Castañeda Rodríguez

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=498376.21 y=2185249.16

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	08
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{sw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-08	24.9	1353.3	1277.9	129.9	2.38

Observaciones



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
Formato para la compactación dinámica estándar y modificada
NMX-C-476-ONNCE-2019



Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

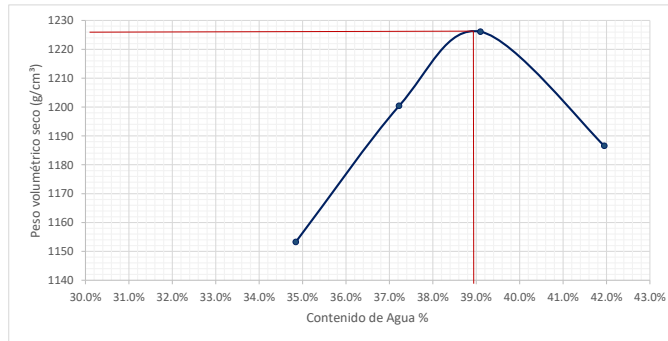
Ubicación del muestreo: x=498376.21 y=2185249.16

Banco de préstamos: Banco 05 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	08
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A



Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta					
Determinación No.	1	2	3	4	5
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3469	3556	3611	3591	
Masa de suelo húmedo (g)	1468	1555	1610	1590	
Peso volumetrico húmedo γ _m , (kg/m ³)	1555.1	1647.2	1705.5	1684.3	
Determinación del contenido de agua					
Capsula No	30	29	6	11	
Masa de la capsula (g)	455	446.6	459.4	441.2	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	722.8	745.2	735.1	754.2	
Masa suelo húmedo (g)	267.8	298.6	275.7	313	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	653.6	664.2	657.6	661.7
	Det.2				
	Det.3				
	Det. Prom	653.6	664.2	657.6	661.7
Masa suelo seco(g)	198.6	217.6	198.2	220.5	
Contenido de Agua	34.8%	37.2%	39.1%	42.0%	
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1153	1200	1226	1187	



PVSM	1226.0
CONT. AGUA OPTIMO	38.8%

MC-09



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	09
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua									
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-012	447	700.3	653.8	653.1	-	653.45	46.85	206.45	22.7

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾		Masa de la muestra, g
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA		
	Facultad de Ingeniería		
	Maestría opción terminal en Geotecnia		
	Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCCE-2014)		

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	09
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

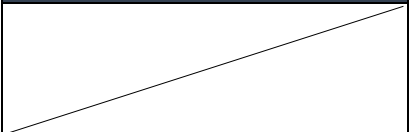
Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 310.2

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	169.8	54.7	54.7	45.3
Pasa N° 200		140.4	45.3	100.0	0.0
SUMA					310.2

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 54.7 %
F = 45.3 %

Observaciones:	
	

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación de límites de consistencia (NMX-C-493-ONNCE-2018)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

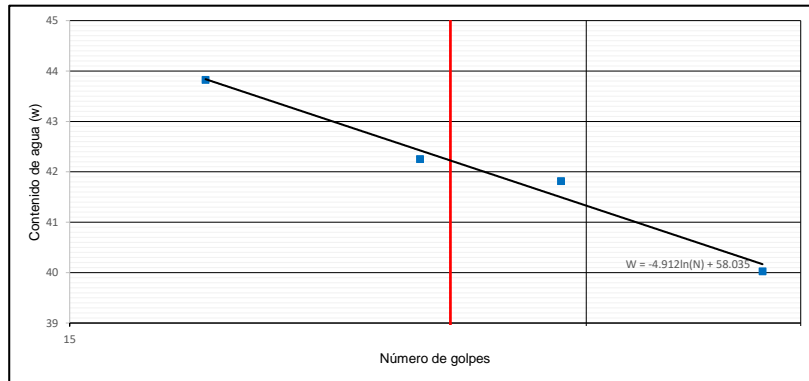
Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	09
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V001	38	34.63	28.73	5.90	13.99	14.74	40.0
2	V002	29	46.26	40.28	5.98	25.98	14.30	41.8
3	V003	24	37.01	30.19	6.82	14.05	16.14	42.3
4	V004	18	37.45	30.92	6.53	16.02	14.90	43.8



LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmedo	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V009	36.23	34.85	1.38	29.92	4.93	28.0
2	V012	35.05	33.50	1.55	27.93	5.57	27.8

LL =	42	%
LP =	28	%
IP =	14	%

CLASIFICACION
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
ML



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=502162.2 y=2184812.74

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	09
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{sw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-09	28.3	1371.1	1277.4	156.4	2.49

Observaciones



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
 Facultad de Ingeniería
 Maestría opción terminal en Geotecnia
 Formato para la compactación dinámica estándar y modificada
 NMX-C-476-ONNCE-2019



Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

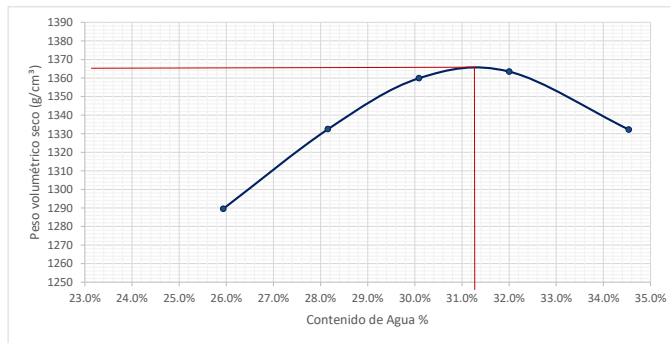
Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	09
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A

Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta					
Determinación No.	1	2	3	4	5
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	2001
Volumen molde (cm ³)	944	944	944	944	944
Masa del molde + suelo húmedo(g)	3534	3613	3671	3700	3693
Masa de suelo húmedo (g)	1533	1612	1670	1699	1692
Peso volumetrico húmedo γ_m , (kg/m ³)	1623.9	1707.6	1769.1	1799.8	1792.4
Determinación del contenido de agua					
Capsula No	19	23	17	3	10
Masa de la capsula (g)	446.1	461.6	434.8	442.5	446.1
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	745.7	798.4	740.9	789.792	788.5
Masa suelo húmedo (g)	299.6	336.8	306.1	347.292	342.4
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	684	724.4	670.1	705.6
	Det.2				
	Det.3				
	Det. Prom	684	724.4	670.1	705.6
Masa suelo seco(g)	237.9	262.8	235.3	263.1	254.5
Contenido de Agua	25.9%	28.2%	30.1%	32.0%	34.5%
Peso volumétrico seco(Kg/m ³)	1290	1332	1360	1363	1332



PVSM	1365.0
CONT. AGUA OPTIMO	31.3%



Realizó

Autorizó

Ing. Ariadna Castañeda Rodríguez

MC-10



	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para la determinación del contenido de agua en suelos NMX-C-475-ONNCCE-2013	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de préstamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante



Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	10
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Contenido de agua									
0	1	2	3				4=(2-3)	5=(3-1)	6=(4/5)*100
Tara No.	Wtara (g)	Masa tara+suelo humedo (g)	Masa tara+suelo seco (g)				Masa agua (g)	Masa mat. seco (g)	Contenido de agua W (%)
			Det.1	Det.2	Det.3	Prom.			
CH-028	438.2	786.5	734.2	733.9	-	734.05	52.45	295.85	17.7

Masas para las muestras		
Tamaño máximo del material ¹⁾		Masa de la muestra, g
Designación de la malla	Abertura nominal de la malla, mm	
2"	50	1000
1"	25	500
No.4	4.75	100

¹⁾ El material que pasa por las mallas indicadas.

Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia Formato para el análisis granulométrico (NMX-C-496-ONNCCE-2014)	

Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: _____ x=502162.2 _____ y=2184812.74 _____

Banco de prestamos: _____ Banco 03 _____ **Capa:** _____ Subrasante _____

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	10
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Material Retenido en Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
3"	75.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
1/4"	6.30				
N°. 4	4.75				
SUMA					100.0
Pasa N° 4					100.0

Masa a ensayar que pasa la malla N°4. (g) 299.7

Material Que Pasa la Malla N°4.					
Malla		Masa Retenida Parcial (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Material Que Pasa
Número	Abertura				
N°. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 40	0.425	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0
N°. 200	0.075	211.2	70.5	70.5	29.5
Pasa N° 200		88.5	29.5	100.0	0.0
SUMA		299.7	100.0		

Porcentajes Granulométricos

G = 0.0 %
S = 70.5 %
F = 29.5 %

Observaciones:

--

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

Ubicación del muestreo: x=502162.2 y=2184812.74

Banco de prestamos: Banco 03 Capa: Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	10
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

LÍMITE LÍQUIDO								
Prueba No.	Cápsula No.	Número de golpes	Masa de cápsula + Suelo Húmedo (g)	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V001	37	39.52	32.90	6.62	13.96	18.94	35.0
2	V002	30	44.14	39.31	4.83	25.98	13.33	36.2
3	V003	23	38.77	32.06	6.71	14.03	18.03	37.2
4	V004	18	42.99	35.42	7.57	16.06	19.36	39.1

LÍMITE PLÁSTICO							
Prueba No.	Cápsula No.	Masa de cápsula + Suelo Húmed	Masa de cápsula + Suelo Seco (g)	Masa de agua (g)	Masa de la cápsula (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de Agua (%)
1	V002	36.06	34.89	1.17	29.97	4.92	23.8
2	V001	32.94	31.74	1.20	26.72	5.02	23.9

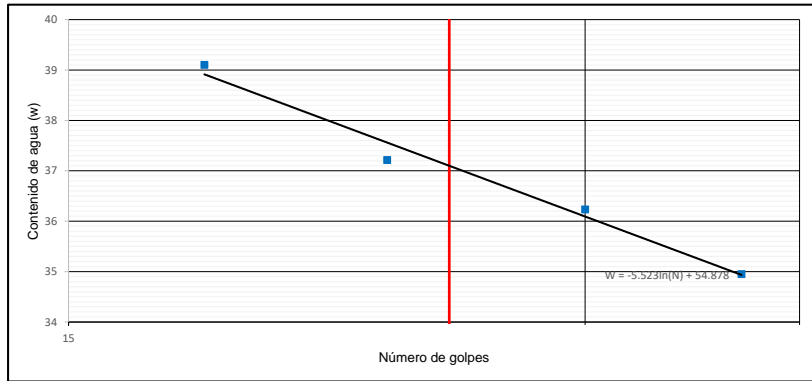
LL = $\frac{37}{100}$ %

LP = $\frac{24}{100}$ %



IP = 13 %

CLASIFICACION

ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CL



Observaciones

	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA	
	Facultad de Ingeniería	
	Maestría opción terminal en Geotecnia	
	Formato para densidad relativa de sólidos (NMX-C-532-ONNCCE-2017)	

Obra: Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

del x=502162.2 y=2184812.74

prestamos: Banco 03 **Capa:** Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	10
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Muestra	Temperatura (°C)	Peso matraz W _{sw} (g)	Peso matraz + Mat. W _{fw} (g)	Peso material seco W _s (g)	DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s [-]
MC-10	26.7	1377.6	1277.6	169.1	2.45

Observaciones



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ingeniería
Maestría opción terminal en Geotecnia
Formato para la compactación dinámica estándar y modificada
NMX-C-476-ONNCE-2019



Obra: _____ Frente 15: Vialidad y barda perimetral del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

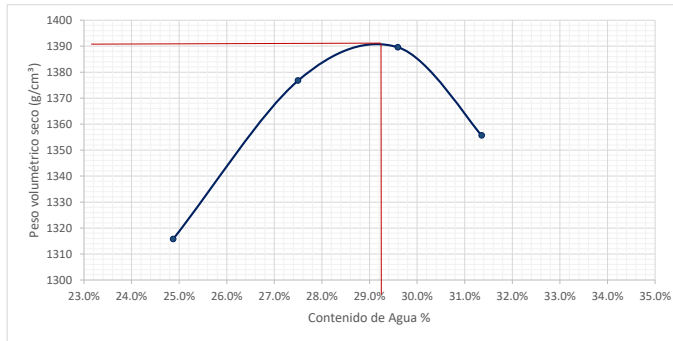
Ubicación del muestreo: _____ x=502162.2 _____ y=2184812.74

Banco de préstamos: _____ Banco 03 _____ **Capa:** _____ Subrasante

Fecha de Muestreo:	Tipo de muestra	No. De Muestra
2021-03-09	inalterada	10
Fecha de recepción	No. de Ensaye	Fecha del informe
2021-03-09	1	

Tamaño máximo del agregado (mm): 4.75 Tipo de ensayo: Estándar Variante: A

Determinación de la masa volumétrica húmeda compacta					
Determinación No.	1	2	3	4	5
Masa de molde (g)	2001	2001	2001	2001	
Volumen molde (g)	944	944	944	944	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	3552	3658	3701	3682	
Masa de suelo húmedo (g)	1551	1657	1700	1681	
Peso volumetrico húmedo ym, (Kg/m³)	1643.0	1755.3	1800.8	1780.7	
Determinación del contenido de agua					
Capsula No	19	23	17	3	
Masa de la capsula (g)	434.5	445.8	448.9	458.4	
Masa capsula+ masa suelo húmedo(g)	731.2	775	797	795.2	
Masa suelo húmedo (g)	296.7	329.2	348.1	336.8	
Masa capsula+ masa suelo seco	Det.1	672.1	704	717.5	714.8
	Det.2				
	Det.3				
	Det. Prom	672.1	704	717.5	714.8
Masa suelo seco(g)	237.6	258.2	268.6	256.4	
Contenido de Agua	24.9%	27.5%	29.6%	31.4%	
Peso volumétrico seco(Kg/m³)	1316	1377	1390	1356	



PVSM	1391.0
CONT. AGUA OPT.	29.2%

**ANEXO III: PRUEBAS DE COMPRESIÓN TRIAXIALUU
(NO CONSOLIDADA – NO DRENADA)**



MC-01



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SC
Muestra	TX-01		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	9.21
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.19
σ _s (kg/cm ²)	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.0000	10.1938	0.0000	0.000
0.85	0.100	0.0011	10.2049	0.0829	0.041
1.49	0.200	0.0022	10.2160	0.1457	0.073
1.92	0.300	0.0033	10.2272	0.1874	0.094
2.35	0.400	0.0043	10.2383	0.2291	0.115
2.76	0.500	0.0054	10.2495	0.2696	0.135
3.62	0.600	0.0065	10.2607	0.3528	0.176
4.90	0.700	0.0076	10.2719	0.4775	0.239
5.75	0.800	0.0087	10.2832	0.5593	0.280
7.68	0.900	0.0098	10.2944	0.7459	0.373
9.60	1.000	0.0109	10.3057	0.9311	0.466
11.30	1.100	0.0119	10.3171	1.0951	0.548
13.01	1.200	0.0130	10.3284	1.2598	0.630
15.14	1.300	0.0141	10.3398	1.4645	0.732
17.49	1.400	0.0152	10.3512	1.6895	0.845
19.41	1.500	0.0163	10.3626	1.8726	0.936
21.33	1.600	0.0174	10.3741	2.0563	1.028
22.39	1.700	0.0185	10.3855	2.1562	1.078
23.89	1.800	0.0195	10.3970	2.2980	1.149
24.52	1.900	0.0206	10.4086	2.3562	1.178
26.24	2.000	0.0217	10.4201	2.5180	1.259
26.87	2.100	0.0228	10.4317	2.5758	1.288
27.73	2.200	0.0239	10.4433	2.6549	1.327
28.15	2.300	0.0250	10.4549	2.6929	1.346
28.80	2.400	0.0261	10.4666	2.7513	1.376
29.01	2.500	0.0271	10.4783	2.7687	1.384
29.44	2.600	0.0282	10.4900	2.8064	1.403
29.86	2.700	0.0293	10.5017	2.8431	1.422
30.07	2.800	0.0304	10.5135	2.8603	1.430
29.86	2.900	0.0315	10.5253	2.8367	1.418
29.64	3.000	0.0326	10.5371	2.8132	1.407

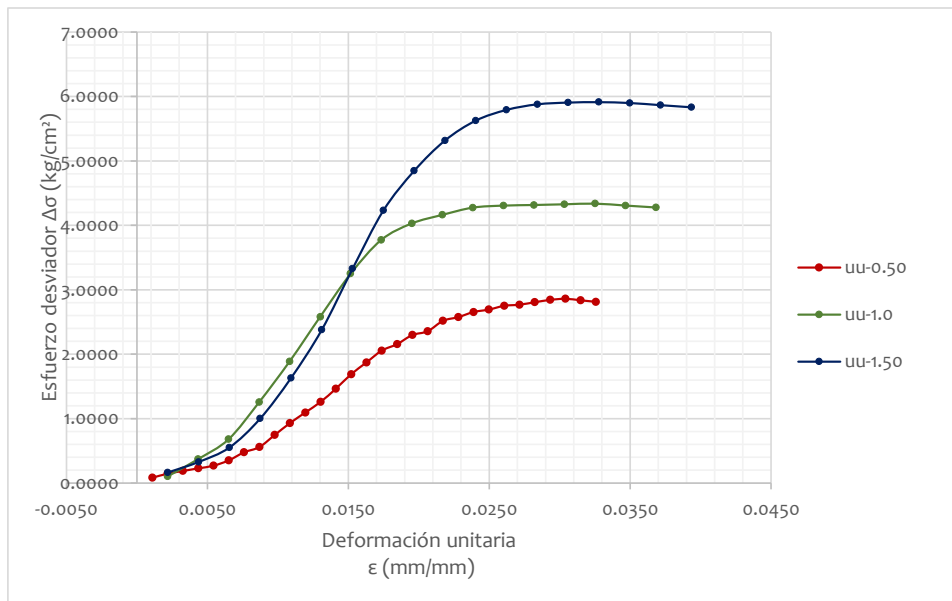
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: - **Descripción:**
Muestra - **Fecha:** 2020-12-14
Profundidad: **Operador:**

	Probeta No.		
	1	2	3
$\sigma_3(\text{kg/cm}^2)$	0.5	1.00	1.5
H_0 (cm)	9.21	9.23	9.15
D_0 (cm)	3.60	3.62	3.63
A_0 (cm)	10.19	10.28	10.36
W_m (g)	167.01	166.46	166.76
W (%)	23.84	23.30	23.76
$\gamma_h(\text{kg/cm}^3)$	1778.87	1754.86	1759.74
E (kg/cm ²)=	117.22	183.78	203.86

Prueba No.	S_s	e	G_w	W ópt.(%)	γ_s (kg/cm ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.52	0.75	80.1	27.20	1436.43	1466
uu-1.0	2.52	0.77	76.3	27.20	1423.24	1466
uu-1.5	2.52	0.77	77.8	27.20	1421.90	1466

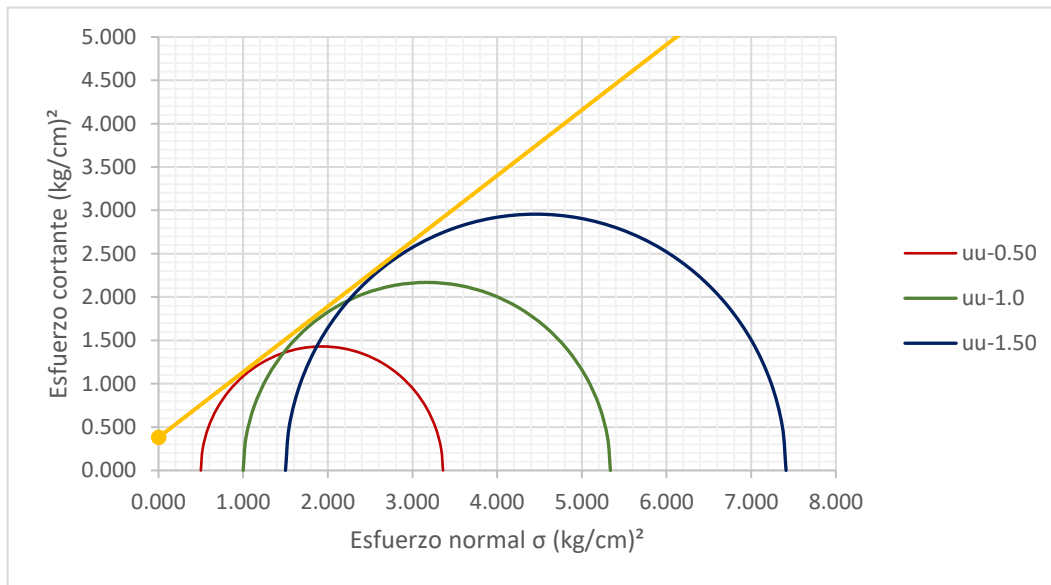


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción:	SC
Muestra	TX-01	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción ϕ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	23.84	1778.87	0.5	1.430	37.1	0.38
uu-1.0	23.30	1754.86	1.00	2.169		
uu-1.5	23.76	1759.74	1.5	2.956		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.20 y=2184812.74 **Descripción:** SC
Muestra: TX-01 **Fecha:** 2021-03-09
Profundidad: - **Operador:** -

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.51
v prom	0.51		



MC-02



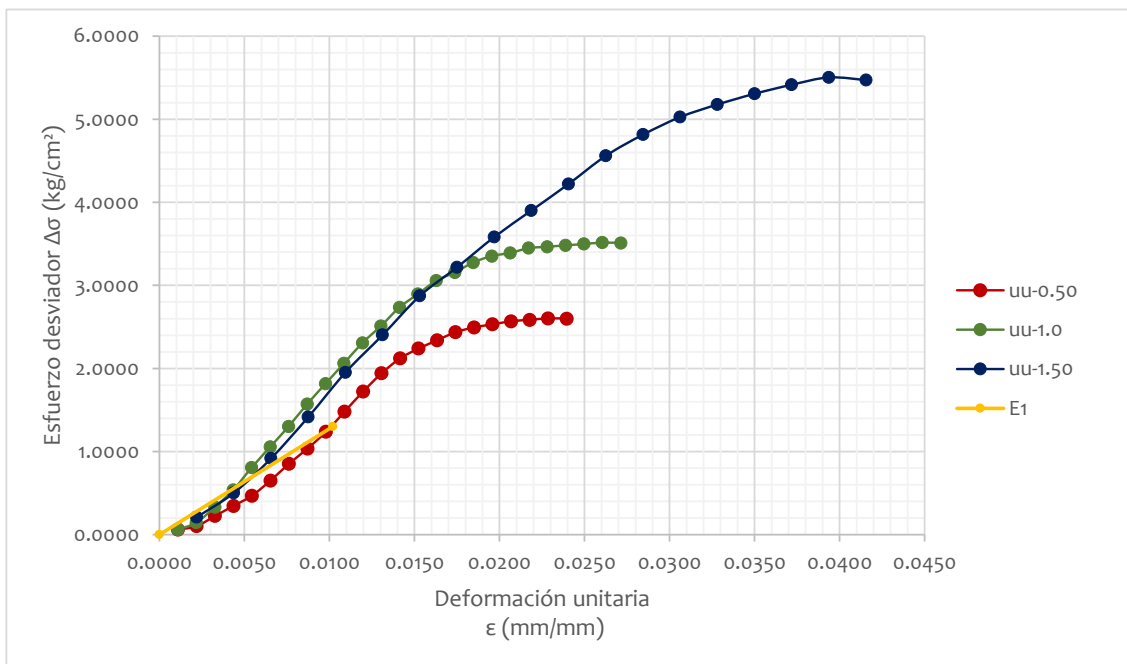
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SC
Muestra:	TX-02		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	Operador:		

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.188	9.2115	9.143
D ₀ (cm)	3.64	3.61	3.60
A ₀ (cm)	10.41	10.23	10.16
Wm(g)	162.2	160.2	160.73
γ_h (g/cm ³)	1696.12	1700.70	1730.29
W(%)	29.59	25.87	26.83
E (kg/cm ²)	127.60	184.99	185.92

Prueba No.	S _s	e	G _w	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.4	0.83	85.6	32.70	1308.84	1375
uu-1.0	2.4	0.78	79.6	32.70	1351.16	1375
uu-1.5	2.4	0.76	84.7	32.70	1364.26	1375

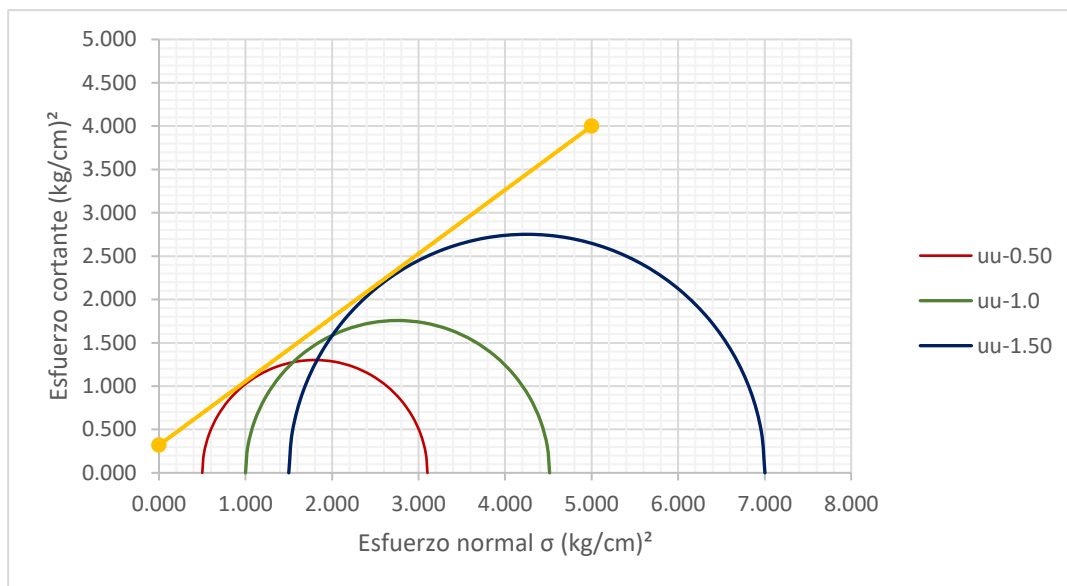


COMPRESIÓN TRIAXIAL UU (NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción:	SC
Muestra:	TX-02	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	29.59	1696.12	0.5	1.302	36.4	0.32
uu-1.0	25.87	1700.70	1.00	1.757		
uu-1.5	26.83	1730.29	1.5	2.752		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción:	SC
Muestra	TX-02	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

MC-03



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Validad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra	TX-03		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	9.166
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.23
σ ₃ (kg/cm ²)	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.0000	10.2297	0.0000	0.000
1.27	0.100	0.0011	10.2409	0.1245	0.062
2.35	0.200	0.0022	10.2521	0.2288	0.114
3.41	0.300	0.0033	10.2633	0.3318	0.166
4.48	0.400	0.0044	10.2746	0.4357	0.218
5.75	0.500	0.0055	10.2858	0.5591	0.280
7.04	0.600	0.0065	10.2971	0.6833	0.342
8.10	0.700	0.0076	10.3084	0.7854	0.393
8.95	0.800	0.0087	10.3198	0.8676	0.434
9.60	0.900	0.0098	10.3312	0.9288	0.464
10.24	1.000	0.0109	10.3426	0.9899	0.495
10.45	1.100	0.0120	10.3540	1.0095	0.505
10.87	1.200	0.0131	10.3654	1.0487	0.524
11.30	1.300	0.0142	10.3769	1.0888	0.544
11.73	1.400	0.0153	10.3884	1.1288	0.564
12.16	1.500	0.0164	10.3999	1.1688	0.584
12.37	1.600	0.0175	10.4115	1.1880	0.594
13.01	1.700	0.0185	10.4230	1.2484	0.624
13.43	1.800	0.0196	10.4346	1.2870	0.644
13.86	1.900	0.0207	10.4463	1.3266	0.663
14.50	2.000	0.0218	10.4579	1.3866	0.693
14.71	2.100	0.0229	10.4696	1.4055	0.703
15.14	2.200	0.0240	10.4813	1.4448	0.722
15.36	2.300	0.0251	10.4930	1.4635	0.732
15.57	2.400	0.0262	10.5048	1.4823	0.741
16.00	2.500	0.0273	10.5166	1.5214	0.761
16.20	2.600	0.0284	10.5284	1.5390	0.770
16.42	2.700	0.0295	10.5402	1.5576	0.779
16.63	2.800	0.0305	10.5521	1.5762	0.788
16.85	2.900	0.0316	10.5639	1.5946	0.797
16.85	3.000	0.0327	10.5759	1.5929	0.796
17.06	3.100	0.0338	10.5878	1.6113	0.806
17.06	3.200	0.0349	10.5998	1.6095	0.805
17.27	3.300	0.0360	10.6118	1.6278	0.814
17.27	3.400	0.0371	10.6238	1.6260	0.813

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción:	SM
Muestra	TX-03	Fecha:	2020-12-14
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.166	9.163	9.044
D ₀ (cm)	3.61	3.60	3.61
A ₀ (cm)	10.23	10.18	10.25
Wm(g)	165.3	159.35	164.56
γ_h (g/cm ³)	1762.90	1708.50	1774.75
W(%)	28.85	28.76	28.79
E(kg/cm ²)	95.75	274.10	272.96

Prueba No.	Ss	e	Gw	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.46	0.8	88.7	29.60	1368.18	1416
uu-1.0	2.46	0.85	83.2	29.60	1326.89	1416
uu-1.5	2.46	0.79	89.6	29.60	1378.02	1416

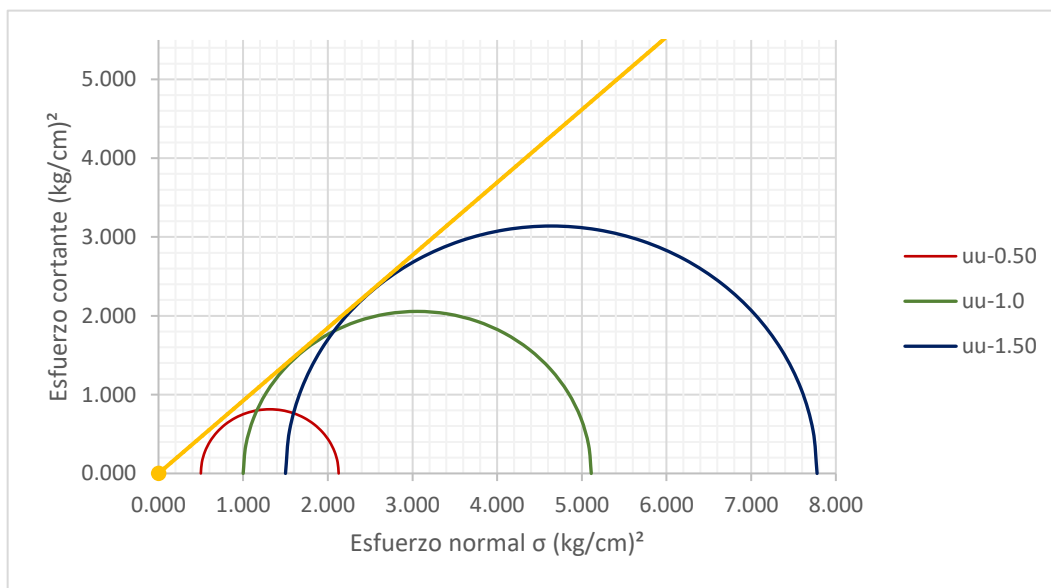


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción:	SM
Muestra	TX-03	Fecha:	2020-12-14
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm) ²	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	28.85	1762.90	0.5	0.814	42.7	0
uu-1.0	28.76	1708.50	1.00	2.056		
uu-1.5	28.79	1774.75	1.5	3.139		



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra:	TX-03		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	9.166
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.23
σ ₃ (kg/cm) ²	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.000	0.0000	10.2297	0.0000	1.805	3.609	0.000	0.000
1.27	0.100	0.0011	10.2409	0.1245	1.805	3.611	-0.001	0.500
2.35	0.200	0.0022	10.2521	0.2288	1.806	3.613	-0.001	0.501
3.41	0.300	0.0033	10.2633	0.3318	1.807	3.615	-0.002	0.501
4.48	0.400	0.0044	10.2746	0.4357	1.808	3.617	-0.002	0.502
5.75	0.500	0.0055	10.2858	0.5591	1.809	3.619	-0.003	0.502
7.04	0.600	0.0065	10.2971	0.6833	1.810	3.621	-0.003	0.502
8.10	0.700	0.0076	10.3084	0.7854	1.811	3.623	-0.004	0.503
8.95	0.800	0.0087	10.3198	0.8676	1.812	3.625	-0.004	0.503
9.60	0.900	0.0098	10.3312	0.9288	1.813	3.627		
10.24	1.000	0.0109	10.3426	0.9899	1.814	3.629		
10.45	1.100	0.0120	10.3540	1.0095	1.815	3.631		
10.87	1.200	0.0131	10.3654	1.0487	1.816	3.633		
11.30	1.300	0.0142	10.3769	1.0888	1.817	3.635		
11.73	1.400	0.0153	10.3884	1.1288	1.818	3.637		
12.16	1.500	0.0164	10.3999	1.1688	1.819	3.639		
12.37	1.600	0.0175	10.4115	1.1880	1.820	3.641		
13.01	1.700	0.0185	10.4230	1.2484	1.821	3.643		
13.43	1.800	0.0196	10.4346	1.2870	1.822	3.645		
13.86	1.900	0.0207	10.4463	1.3266	1.823	3.647		
14.50	2.000	0.0218	10.4579	1.3866	1.825	3.649		
14.71	2.100	0.0229	10.4696	1.4055	1.826	3.651		
15.14	2.200	0.0240	10.4813	1.4448	1.827	3.653		
15.36	2.300	0.0251	10.4930	1.4635	1.828	3.655		
15.57	2.400	0.0262	10.5048	1.4823	1.829	3.657		
16.00	2.500	0.0273	10.5166	1.5214	1.830	3.659		
16.20	2.600	0.0284	10.5284	1.5390	1.831	3.661		
16.42	2.700	0.0295	10.5402	1.5576	1.832	3.663		
16.63	2.800	0.0305	10.5521	1.5762	1.833	3.665		
16.85	2.900	0.0316	10.5639	1.5946	1.834	3.667		
16.85	3.000	0.0327	10.5759	1.5929	1.835	3.670		
17.06	3.100	0.0338	10.5878	1.6113	1.836	3.672		
17.06	3.200	0.0349	10.5998	1.6095	1.837	3.674		
17.27	3.300	0.0360	10.6118	1.6278	1.838	3.676		
17.27	3.400	0.0371	10.6238	1.6260	1.839	3.678		

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra	TX-03		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:	-		Operador: -

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm) ²	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.166	9.163	9.044
D ₀ (cm)	3.61	3.60	3.61
A ₀ (cm)	10.23	10.18	10.25
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

MC-04



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376	y=2185249	Descripción: SM
Muestra	TX-04		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	9.157
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.24
σ ₃ (kg/cm) ²	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.0000	10.2354	0.0000	0.000
0.63	0.100	0.0011	10.2466	0.0617	0.031
1.70	0.200	0.0022	10.2578	0.1660	0.083
2.56	0.300	0.0033	10.2690	0.2492	0.125
3.09	0.400	0.0044	10.2803	0.3006	0.150
3.83	0.500	0.0055	10.2916	0.3726	0.186
4.26	0.600	0.0066	10.3029	0.4137	0.207
5.12	0.700	0.0076	10.3142	0.4963	0.248
6.18	0.800	0.0087	10.3256	0.5985	0.299
7.46	0.900	0.0098	10.3370	0.7221	0.361
8.74	1.000	0.0109	10.3484	0.8445	0.422
10.02	1.100	0.0120	10.3598	0.9676	0.484
11.51	1.200	0.0131	10.3713	1.1100	0.555
13.01	1.300	0.0142	10.3828	1.2532	0.627
14.50	1.400	0.0153	10.3943	1.3950	0.698
16.00	1.500	0.0164	10.4058	1.5375	0.769
17.06	1.600	0.0175	10.4174	1.6376	0.819
18.13	1.700	0.0186	10.4290	1.7385	0.869
19.19	1.800	0.0197	10.4406	1.8381	0.919
20.26	1.900	0.0207	10.4523	1.9385	0.969
21.33	2.000	0.0218	10.4639	2.0387	1.019
21.75	2.100	0.0229	10.4756	2.0763	1.038
22.18	2.200	0.0240	10.4873	2.1148	1.057
22.61	2.300	0.0251	10.4991	2.1533	1.077
22.82	2.400	0.0262	10.5109	2.1712	1.086
22.82	2.500	0.0273	10.5227	2.1688	1.084
23.04	2.600	0.0284	10.5345	2.1867	1.093
23.25	2.700	0.0295	10.5464	2.2045	1.102
23.25	2.800	0.0306	10.5582	2.2020	1.101
23.25	2.900	0.0317	10.5701	2.1996	1.100
23.25	3.000	0.0328	10.5821	2.1971	1.099

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376	y=2185249	Descripción: SM
Muestra	TX-04		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.089
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.22
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.0000	0.0000	10.2231	0.0000	0.000
0.42	0.1000	0.0011	10.2344	0.0409	0.020
2.35	0.2000	0.0022	10.2457	0.2289	0.114
7.25	0.3000	0.0033	10.2570	0.7069	0.353
11.30	0.4000	0.0044	10.2683	1.1003	0.550
15.57	0.5000	0.0055	10.2797	1.5148	0.757
20.26	0.6000	0.0066	10.2910	1.9689	0.984
25.38	0.7000	0.0077	10.3025	2.4636	1.232
30.93	0.8000	0.0088	10.3139	2.9987	1.499
35.19	0.9000	0.0099	10.3253	3.4082	1.704
39.46	1.0000	0.0110	10.3368	3.8177	1.909
43.51	1.1000	0.0121	10.3483	4.2047	2.102
46.93	1.2000	0.0132	10.3599	4.5297	2.265
50.34	1.3000	0.0143	10.3714	4.8541	2.427
52.89	1.4000	0.0154	10.3830	5.0942	2.547
54.80	1.5000	0.0165	10.3947	5.2719	2.636
56.29	1.6000	0.0176	10.4063	5.4091	2.705
57.56	1.7000	0.0187	10.4180	5.5254	2.763
58.42	1.8000	0.0198	10.4297	5.6013	2.801
59.05	1.9000	0.0209	10.4414	5.6556	2.828
59.48	2.0000	0.0220	10.4531	5.6902	2.845
59.90	2.1000	0.0231	10.4649	5.7237	2.862
60.11	2.2000	0.0242	10.4767	5.7377	2.869
60.33	2.3000	0.0253	10.4885	5.7517	2.876
60.54	2.4000	0.0264	10.5004	5.7656	2.883
61.03	2.5000	0.0275	10.5123	5.8056	2.903
61.03	2.6000	0.0286	10.5242	5.7991	2.900
60.97	2.7000	0.0297	10.5361	5.7867	2.893
60.97	2.8000	0.0308	10.5481	5.7801	2.890

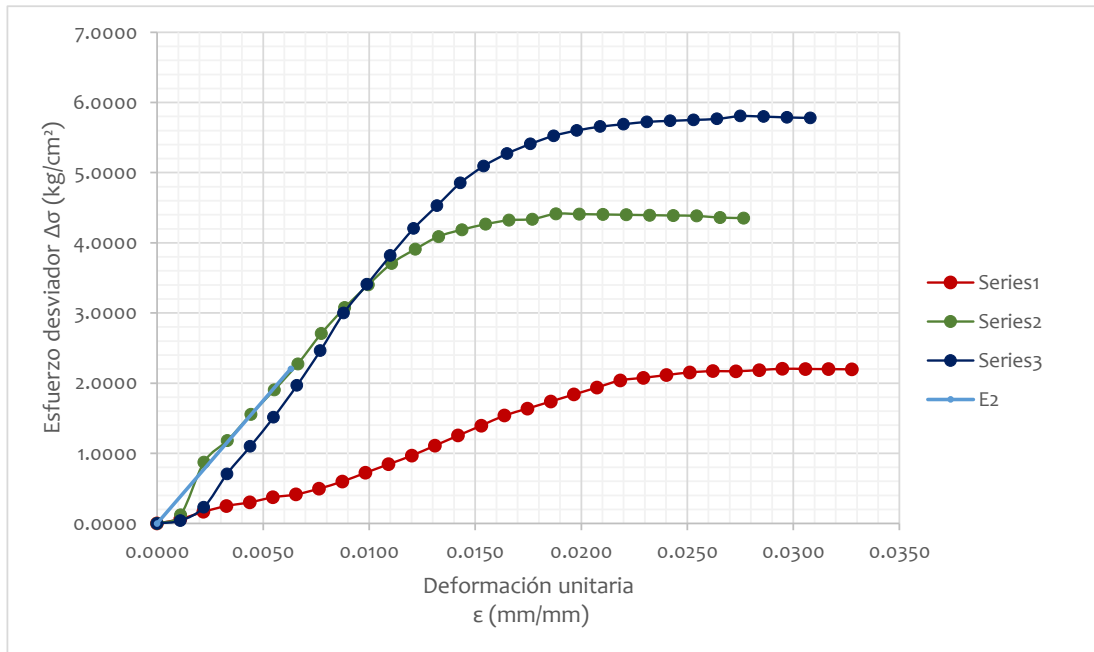
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376	y=2185249	Descripción: SM
Muestra	TX-04		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-		Operador: -

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.157	9.038	9.089
D ₀ (cm)	3.61	3.61	3.61
A ₀ (cm)	10.24	10.24	10.22
Wm(g)	160.12	159.75	160.13
γ_h (g/cm ³)	1708.00	1726.00	1723.00
W(%)	27.55	27.51	27.24
E (kg/cm ²)	84.79	349.76	333.66

Prueba No.	Ss	e	Gw	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.44	0.820	82	29.10	1339.1	1380
uu-1.0	2.44	0.800	84	29.10	1353.6	1380
uu-1.5	2.44	0.800	83	29.10	1354.1	1380

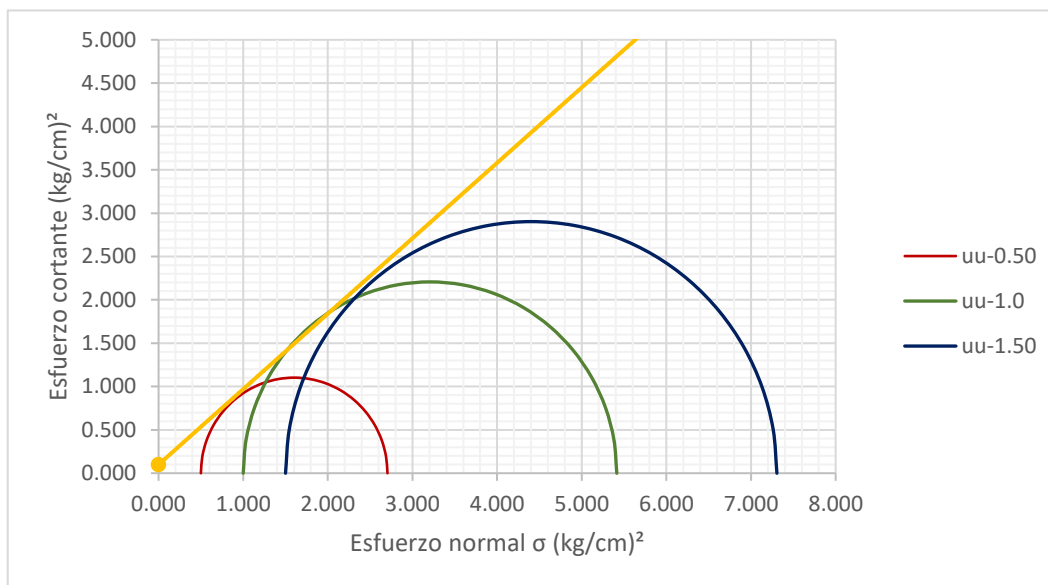


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376 y=2185249	Descripción:	SM
Muestra	TX-04	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	27.55	1708.00	0.5	1.102	41	0.1
uu-1.0	27.51	1726.00	1.00	2.207		
uu-1.5	27.24	1723.00	1.5	2.903		

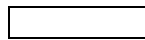


COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376 y=2185249 **Descripción:** SM
Muestra: TX-04 **Fecha:** 2021-03-09
Profundidad: - **Operador:** -

Probeta No.			
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		



MC-05



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** MH
Muestra: TX-05 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.126
D ₀ (cm)	3.62
A ₀ (cm)	10.31
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.000	10.312	0.000	0.000
3.62	0.100	0.001	10.323	0.351	0.175
7.04	0.200	0.002	10.335	0.681	0.340
10.67	0.300	0.003	10.346	1.031	0.515
14.29	0.400	0.004	10.357	1.379	0.690
16.63	0.500	0.005	10.369	1.604	0.802
20.48	0.600	0.007	10.380	1.973	0.986
23.89	0.700	0.008	10.392	2.299	1.150
27.73	0.800	0.009	10.403	2.665	1.333
31.36	0.900	0.010	10.415	3.011	1.505
34.56	1.000	0.011	10.426	3.315	1.657
37.55	1.100	0.012	10.438	3.597	1.799
39.89	1.200	0.013	10.449	3.818	1.909
42.67	1.300	0.014	10.461	4.078	2.039
45.01	1.400	0.015	10.473	4.298	2.149
46.93	1.500	0.016	10.484	4.476	2.238
48.63	1.600	0.018	10.496	4.633	2.317
50.99	1.700	0.019	10.508	4.852	2.426
51.19	1.800	0.020	10.520	4.866	2.433
52.05	1.900	0.021	10.531	4.942	2.471
52.46	2.000	0.022	10.543	4.976	2.488
52.68	2.100	0.023	10.555	4.991	2.495
53.11	2.200	0.024	10.567	5.026	2.513
53.53	2.300	0.025	10.579	5.060	2.530
53.53	2.400	0.026	10.591	5.054	2.527
53.74	2.500	0.027	10.603	5.069	2.534
53.74	2.600	0.028	10.614	5.063	2.531

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** MH
Muestra: TX-05 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: **Operador:** -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.171
D ₀ (cm)	3.62
A ₀ (cm)	10.27
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

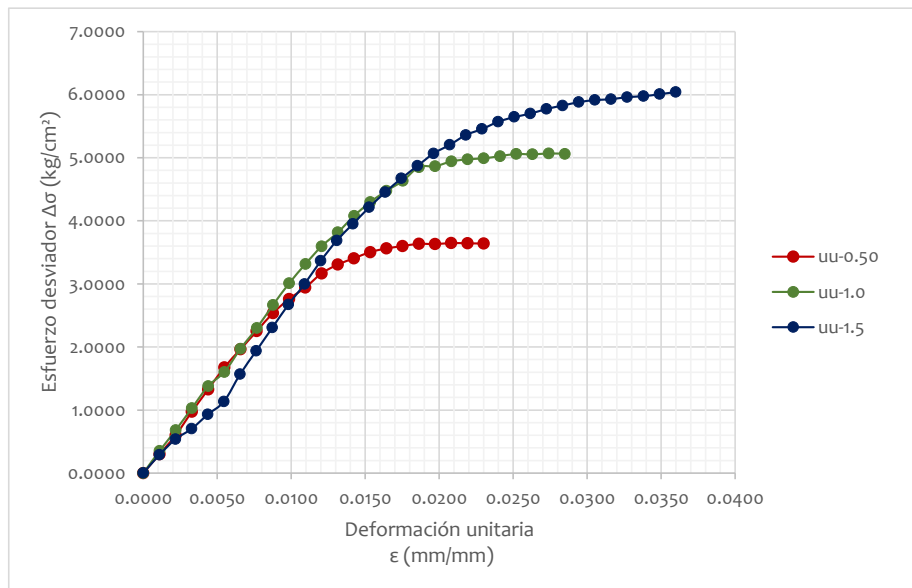
Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.0000	0.0000	10.2704	0.0000	0.000
2.98	0.1000	0.0011	10.2816	0.2896	0.145
5.54	0.2000	0.0022	10.2928	0.5380	0.269
7.25	0.3000	0.0033	10.3041	0.7036	0.352
9.60	0.4000	0.0044	10.3154	0.9302	0.465
11.73	0.5000	0.0055	10.3267	1.1356	0.568
16.20	0.6000	0.0065	10.3380	1.5674	0.784
20.05	0.7000	0.0076	10.3494	1.9371	0.969
23.89	0.8000	0.0087	10.3608	2.3060	1.153
27.73	0.9000	0.0098	10.3722	2.6731	1.337
31.14	1.0000	0.0109	10.3836	2.9992	1.500
34.98	1.1000	0.0120	10.3951	3.3647	1.682
38.39	1.2000	0.0131	10.4066	3.6893	1.845
41.17	1.3000	0.0142	10.4181	3.9514	1.976
43.94	1.4000	0.0153	10.4296	4.2130	2.106
46.50	1.5000	0.0164	10.4412	4.4535	2.227
48.84	1.6000	0.0174	10.4527	4.6729	2.336
50.99	1.7000	0.0185	10.4644	4.8723	2.436
53.11	1.8000	0.0196	10.4760	5.0694	2.535
54.60	1.9000	0.0207	10.4877	5.2057	2.603
56.29	2.0000	0.0218	10.4994	5.3611	2.681
57.35	2.1000	0.0229	10.5111	5.4561	2.728
58.62	2.2000	0.0240	10.5228	5.5711	2.786
59.48	2.3000	0.0251	10.5346	5.6462	2.823
60.11	2.4000	0.0262	10.5464	5.6998	2.850
60.97	2.5000	0.0273	10.5582	5.7746	2.887
61.60	2.6000	0.0284	10.5700	5.8279	2.914
62.24	2.7000	0.0294	10.5819	5.8821	2.941
62.66	2.8000	0.0305	10.5938	5.9149	2.957
62.88	2.9000	0.0316	10.6058	5.9285	2.964
63.30	3.0000	0.0327	10.6177	5.9621	2.981
63.52	3.1000	0.0338	10.6297	5.9756	2.988
63.94	3.2000	0.0349	10.6417	6.0081	3.004
64.36	3.3000	0.0360	10.6537	6.0415	3.021
64.58	3.4000	0.0371	10.6658	6.0548	3.027
65.00	3.5000	0.0382	10.6779	6.0871	3.044
65.00	3.6000	0.0393	10.6900	6.0802	3.040
65.21	3.7000	0.0403	10.7022	6.0933	3.047
65.21	3.8000	0.0414	10.7143	6.0863	3.043



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** MH
Muestra: TX-05 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:**

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.129	9.126	9.171
D ₀ (cm)	3.61	3.62	3.62
A ₀ (cm)	10.25	10.31	10.27
Wm(g)	149.07	149.42	149.25
γ_h (g/cm ³)	1593.00	1588.00	1585.00
W(%)	38.45	38.22	38.27
E(kg/ cm ²)	303.97	301.70	274.47

Prueba No.	Ss	e	Gw	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.3	1.0	88.4	41.80	1150.6	1175
uu-1.0	2.3	1.0	88	41.80	1148.9	1175
uu-1.5	2.3	1.0	87	41.80	1146.3	1175

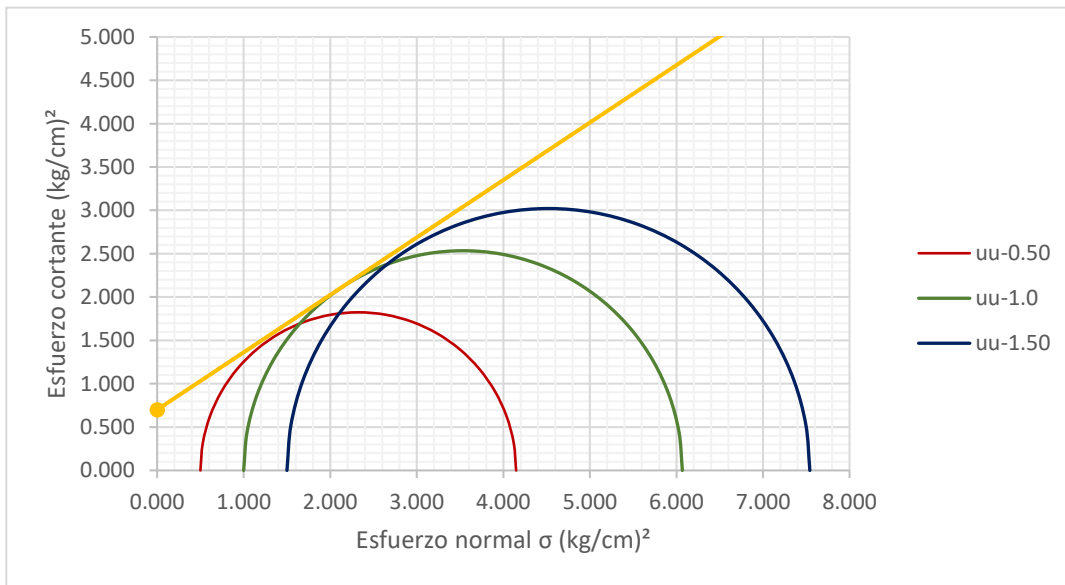


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:		Vialidad y barda perimetral
Ubicación:	x=408376.21 y=2185249.16	Descripción: MH
Muestra	TX-05	Fecha: 2021-03-10
Profundidad:	-	Operador: -

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm) ²	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	38.45	1593.00	0.5	1.824	33.5	0.7
uu-1.0	38.22	1588.00	1.00	2.534		
uu-1.5	38.27	1585.00	1.5	3.021		



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** MH
Muestra: TX-05 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: _____ **Operador:** -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.171
D ₀ (cm)	3.62
A ₀ (cm)	10.27
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.0000	0.0000	10.2704	0.0000	1.808	3.616	0.000	0.000
2.98	0.1000	0.0011	10.2816	0.2896	1.809	3.618	-0.001	0.500
5.54	0.2000	0.0022	10.2928	0.5380	1.810	3.620	-0.001	0.501
7.25	0.3000	0.0033	10.3041	0.7036	1.811	3.622	-0.002	0.501
9.60	0.4000	0.0044	10.3154	0.9302	1.812	3.624	-0.002	0.502
11.73	0.5000	0.0055	10.3267	1.1356	1.813	3.626	-0.003	0.502
16.20	0.6000	0.0065	10.3380	1.5674	1.814	3.628	-0.003	0.502
20.05	0.7000	0.0076	10.3494	1.9371	1.815	3.630	-0.004	0.503
23.89	0.8000	0.0087	10.3608	2.3060	1.816	3.632	-0.004	0.503
27.73	0.9000	0.0098	10.3722	2.6731	1.817	3.634	-0.005	0.504
31.14	1.0000	0.0109	10.3836	2.9992	1.818	3.636	-0.005	0.504
34.98	1.1000	0.0120	10.3951	3.3647	1.819	3.638	-0.006	0.505
38.39	1.2000	0.0131	10.4066	3.6893	1.820	3.640		
41.17	1.3000	0.0142	10.4181	3.9514	1.821	3.642		
43.94	1.4000	0.0153	10.4296	4.2130	1.822	3.644		
46.50	1.5000	0.0164	10.4412	4.4535	1.823	3.646		
48.84	1.6000	0.0174	10.4527	4.6729	1.824	3.648		
50.99	1.7000	0.0185	10.4644	4.8723	1.825	3.650		
53.11	1.8000	0.0196	10.4760	5.0694	1.826	3.652		
54.60	1.9000	0.0207	10.4877	5.2057	1.827	3.654		
56.29	2.0000	0.0218	10.4994	5.3611	1.828	3.656		
57.35	2.1000	0.0229	10.5111	5.4561	1.829	3.658		
58.62	2.2000	0.0240	10.5228	5.5711	1.830	3.660		
59.48	2.3000	0.0251	10.5346	5.6462	1.831	3.662		
60.11	2.4000	0.0262	10.5464	5.6998	1.832	3.664		
60.97	2.5000	0.0273	10.5582	5.7746	1.833	3.666		
61.60	2.6000	0.0284	10.5700	5.8279	1.834	3.669		
62.24	2.7000	0.0294	10.5819	5.8821	1.835	3.671		
62.66	2.8000	0.0305	10.5938	5.9149	1.836	3.673		
62.88	2.9000	0.0316	10.6058	5.9285	1.837	3.675		
63.30	3.0000	0.0327	10.6177	5.9621	1.838	3.677		
63.52	3.1000	0.0338	10.6297	5.9756	1.839	3.679		
63.94	3.2000	0.0349	10.6417	6.0081	1.840	3.681		
64.36	3.3000	0.0360	10.6537	6.0415	1.842	3.683		
64.58	3.4000	0.0371	10.6658	6.0548	1.843	3.685		
65.00	3.5000	0.0382	10.6779	6.0871	1.844	3.687		
65.00	3.6000	0.0393	10.6900	6.0802	1.845	3.689		
65.21	3.7000	0.0403	10.7022	6.0933	1.846	3.691		
65.21	3.8000	0.0414	10.7143	6.0863	1.847	3.693		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** MH
Muestra: TX-05 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

MC-06



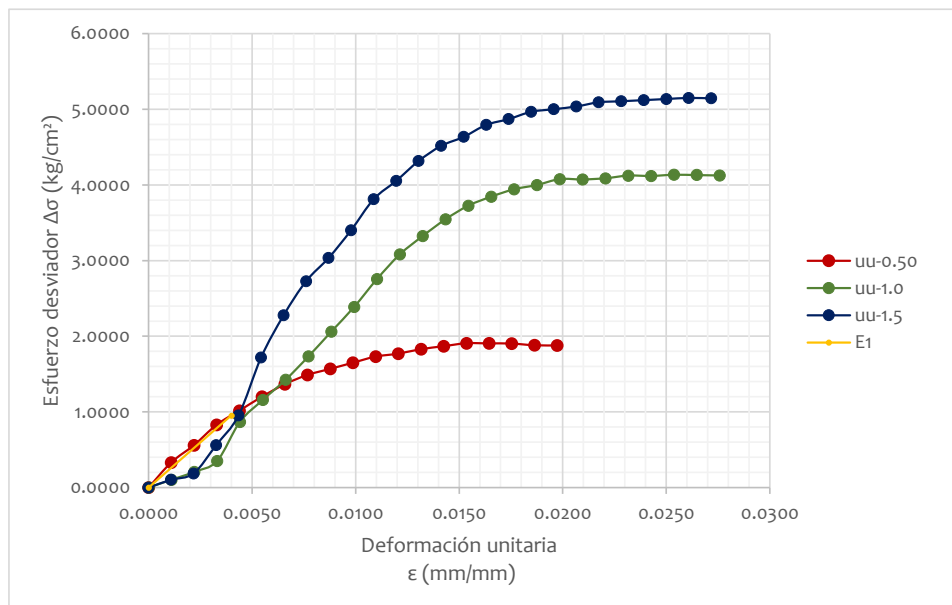
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Validad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** SC
Muestra: TX-06 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_s (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.123	9.065	9.201
D ₀ (cm)	3.61	3.61	3.61
A ₀ (cm)	10.24	10.26	10.24
Wm(g)	163.48	162.9	163.45
γ_h (g/cm ³)	1750.00	1752.00	1734.00
W(%)	24.70	25.31	23.82
E(kg/cm ²)	238.46	232.27	357.63

Prueba No.	S _s	e	G _w	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
UU-0.50	2.48	0.770	79.6	27.0	1403.4	1439
UU-1.0	2.48	0.800	79	27.0	1398.1	1439
UU-1.5	2.48	0.770	77	27.0	1400.4	1439

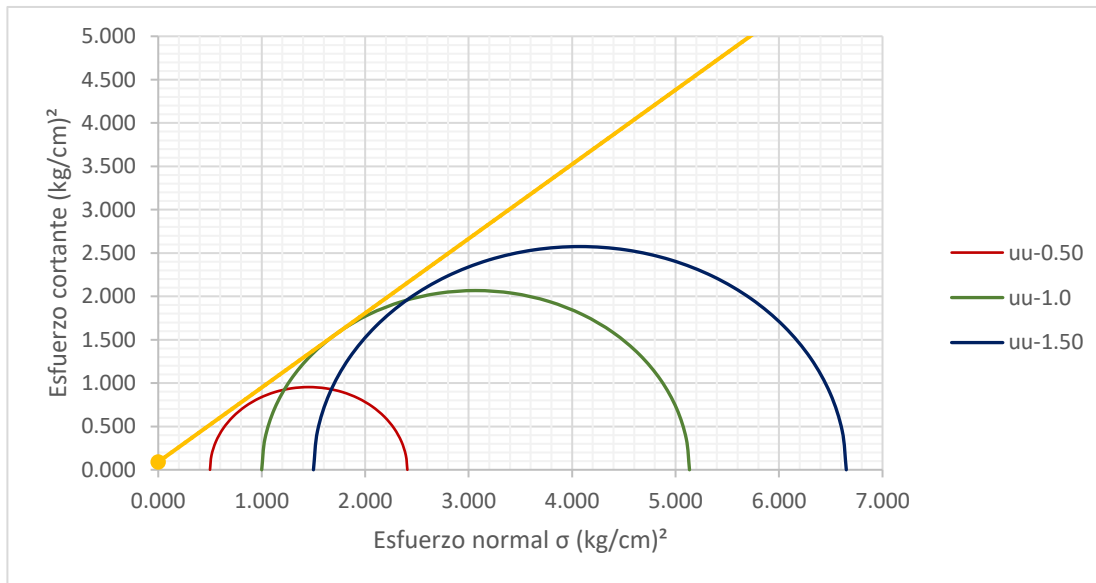


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra:	TX-06	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	24.70	1750.00	0.5	0.954	40.6	0.09
uu-1.0	25.31	1752.00	1.00	2.067		
uu-1.5	23.82	1734.00	1.5	2.575		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra:	TX-05	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

MC-06



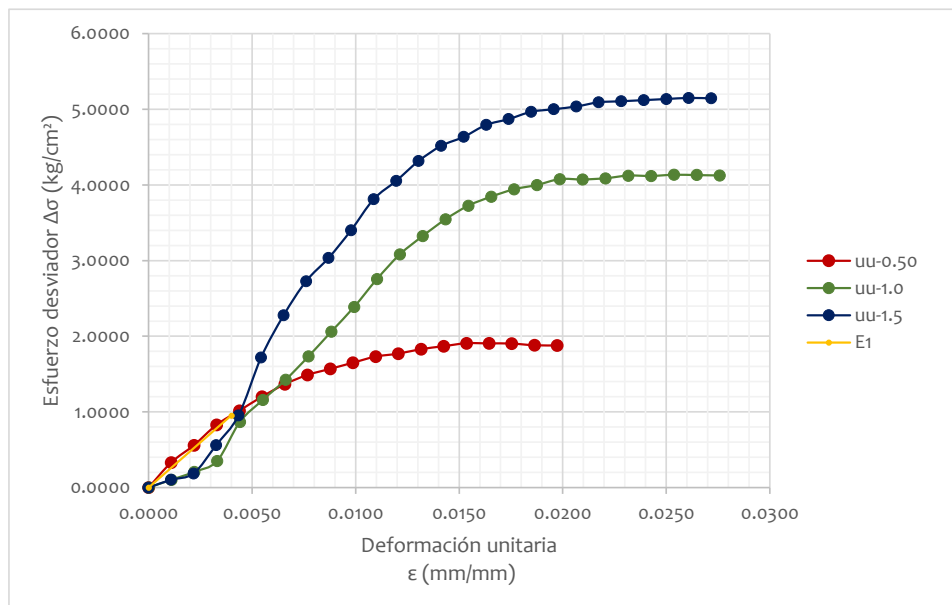
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Validad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** SC
Muestra: TX-06 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

	Probeta No.		
	1	2	3
$\sigma_s(\text{kg/cm}^2)$	0.5	1.00	1.5
$H_0(\text{cm})$	9.123	9.065	9.201
$D_0(\text{cm})$	3.61	3.61	3.61
$A_0(\text{cm})$	10.24	10.26	10.24
$W_m(\text{g})$	163.48	162.9	163.45
$\gamma_h(\text{g/cm}^3)$	1750.00	1752.00	1734.00
$W(\%)$	24.70	25.31	23.82
$E(\text{kg/cm}^2)$	238.46	232.27	357.63

Prueba No.	S_s	e	G_w	$W \text{ ópt.}(\%)$	$\gamma_s(\text{kg/m}^3)$	$\gamma_s \text{ máx}(\text{kg/m}^3)$
uu-0.50	2.48	0.770	79.6	27.0	1403.4	1439
uu-1.0	2.48	0.800	79	27.0	1398.1	1439
uu-1.5	2.48	0.770	77	27.0	1400.4	1439

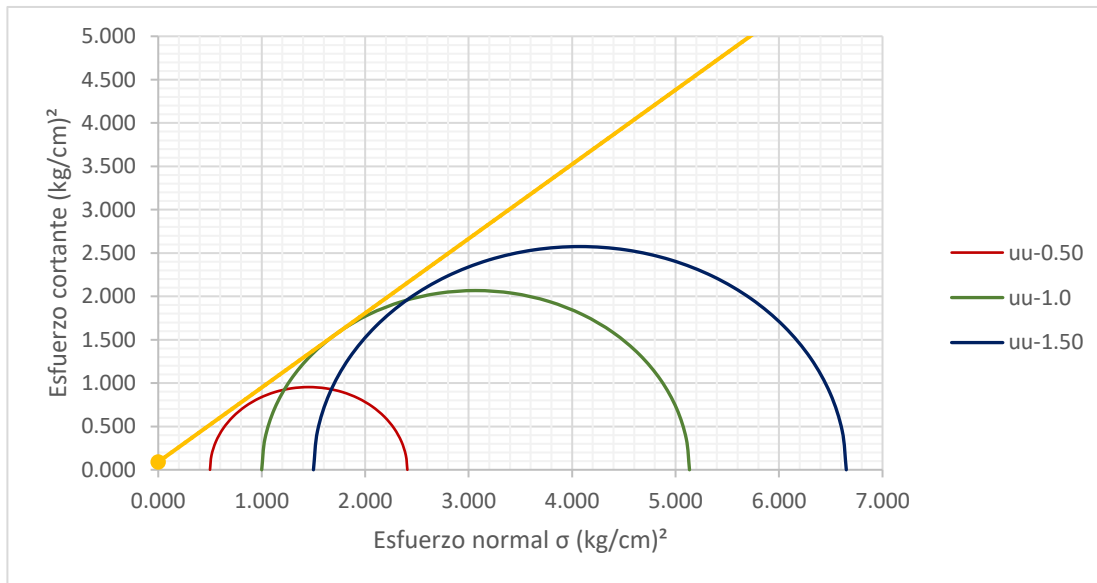


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra:	TX-06	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	24.70	1750.00	0.5	0.954	40.6	0.09
uu-1.0	25.31	1752.00	1.00	2.067		
uu-1.5	23.82	1734.00	1.5	2.575		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra:	TX-05	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

MC-07



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21	y=2185249.16	Descripción: SC
Muestra	TX-07		Fecha: 2021-03-10
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	9.158
D ₀ (cm)	3.59
A ₀ (cm)	10.14
σ ₃ (kg/cm ²) ²	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.0000	10.1364	0.0000	0.000
1.49	0.100	0.0011	10.1475	0.1467	0.073
2.76	0.200	0.0022	10.1586	0.2720	0.136
3.41	0.300	0.0033	10.1697	0.3349	0.167
4.48	0.400	0.0044	10.1809	0.4397	0.220
5.33	0.500	0.0055	10.1920	0.5233	0.262
6.39	0.600	0.0066	10.2032	0.6266	0.313
7.46	0.700	0.0076	10.2145	0.7308	0.365
8.74	0.800	0.0087	10.2257	0.8546	0.427
9.81	0.900	0.0098	10.2370	0.9583	0.479
10.87	1.000	0.0109	10.2483	1.0607	0.530
11.73	1.100	0.0120	10.2596	1.1430	0.572
12.58	1.200	0.0131	10.2710	1.2251	0.613
13.01	1.300	0.0142	10.2824	1.2654	0.633
13.86	1.400	0.0153	10.2938	1.3463	0.673
14.07	1.500	0.0164	10.3052	1.3655	0.683
14.93	1.600	0.0175	10.3166	1.4471	0.724
15.36	1.700	0.0186	10.3281	1.4869	0.743
15.79	1.800	0.0197	10.3396	1.5267	0.763
16.00	1.900	0.0207	10.3511	1.5457	0.773
16.42	2.000	0.0218	10.3627	1.5843	0.792
16.85	2.100	0.0229	10.3743	1.6238	0.812
17.06	2.200	0.0240	10.3859	1.6426	0.821
17.27	2.300	0.0251	10.3975	1.6614	0.831
17.49	2.400	0.0262	10.4092	1.6801	0.840
17.92	2.500	0.0273	10.4209	1.7193	0.860
18.13	2.600	0.0284	10.4326	1.7379	0.869
18.34	2.700	0.0295	10.4443	1.7564	0.878
18.34	2.800	0.0306	10.4561	1.7545	0.877

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra	TX-07	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	8.91
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.000	10.198	0.000	0.000
3.09	0.100	0.001	10.209	0.303	0.151
6.18	0.200	0.002	10.221	0.605	0.302
8.52	0.300	0.003	10.232	0.833	0.417
10.87	0.400	0.004	10.244	1.061	0.531
12.80	0.500	0.006	10.255	1.248	0.624
13.86	0.600	0.007	10.267	1.350	0.675
15.57	0.700	0.008	10.278	1.515	0.757
17.06	0.800	0.009	10.290	1.658	0.829
18.13	0.900	0.010	10.302	1.760	0.880
19.19	1.000	0.011	10.313	1.861	0.930
20.05	1.100	0.012	10.325	1.942	0.971
20.48	1.200	0.013	10.337	1.981	0.990
21.33	1.300	0.015	10.349	2.061	1.031
21.96	1.400	0.016	10.360	2.120	1.060
22.61	1.500	0.017	10.372	2.180	1.090
23.25	1.600	0.018	10.384	2.239	1.119
23.46	1.700	0.019	10.396	2.257	1.129
24.11	1.800	0.020	10.408	2.316	1.158
24.52	1.900	0.021	10.420	2.354	1.177
25.17	2.000	0.022	10.432	2.413	1.206
25.59	2.100	0.024	10.444	2.451	1.225
25.81	2.200	0.025	10.456	2.468	1.234
26.24	2.300	0.026	10.468	2.506	1.253
26.45	2.400	0.027	10.480	2.524	1.262
26.67	2.500	0.028	10.492	2.542	1.271
27.08	2.600	0.029	10.504	2.578	1.289
27.51	2.700	0.030	10.516	2.616	1.308
27.73	2.800	0.031	10.528	2.633	1.317
27.94	2.900	0.033	10.541	2.651	1.325

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra	TX-07	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	8.91
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
28.15	3.000	0.034	10.553	2.668	1.334
28.58	3.100	0.035	10.565	2.705	1.353
28.80	3.200	0.036	10.578	2.722	1.361
29.01	3.300	0.037	10.590	2.740	1.370
29.23	3.400	0.038	10.602	2.757	1.378
29.44	3.500	0.039	10.615	2.773	1.387
29.64	3.600	0.040	10.627	2.789	1.395
29.86	3.700	0.042	10.639	2.806	1.403
30.07	3.800	0.043	10.652	2.823	1.412
30.29	3.900	0.044	10.664	2.840	1.420

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra	TX-07	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.045
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.18
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.0000	0.0000	10.1825	0.0000	0.000
0.85	0.1000	0.0011	10.1938	0.0830	0.042
3.83	0.2000	0.0022	10.2051	0.3757	0.188
7.89	0.3000	0.0033	10.2164	0.7725	0.386
11.51	0.4000	0.0044	10.2278	1.1256	0.563
14.71	0.5000	0.0055	10.2391	1.4371	0.719
17.70	0.6000	0.0066	10.2505	1.7270	0.863
20.05	0.7000	0.0077	10.2619	1.9536	0.977
21.96	0.8000	0.0088	10.2734	2.1380	1.069
24.11	0.9000	0.0100	10.2849	2.3438	1.172
25.59	1.0000	0.0111	10.2964	2.4858	1.243
26.02	1.1000	0.0122	10.3079	2.5246	1.262
28.37	1.2000	0.0133	10.3194	2.7490	1.375
29.44	1.3000	0.0144	10.3310	2.8496	1.425
30.50	1.4000	0.0155	10.3426	2.9489	1.474
31.36	1.5000	0.0166	10.3542	3.0284	1.514
32.00	1.6000	0.0177	10.3659	3.0869	1.543
32.63	1.7000	0.0188	10.3776	3.1444	1.572
33.06	1.8000	0.0199	10.3893	3.1821	1.591
33.70	1.9000	0.0210	10.4010	3.2402	1.620
34.13	2.0000	0.0221	10.4128	3.2777	1.639
34.77	2.1000	0.0232	10.4246	3.3356	1.668
35.19	2.2000	0.0243	10.4364	3.3719	1.686
35.83	2.3000	0.0254	10.4482	3.4296	1.715
36.26	2.4000	0.0265	10.4601	3.4666	1.733
36.90	2.5000	0.0276	10.4720	3.5240	1.762
37.33	2.6000	0.0287	10.4839	3.5609	1.780
37.75	2.7000	0.0299	10.4958	3.5967	1.798
37.96	2.8000	0.0310	10.5078	3.6129	1.806
38.39	2.9000	0.0321	10.5198	3.6495	1.825

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** SC
Muestra: TX-07 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.045
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.18
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
38.82	3.0000	0.0332	10.5318	3.6860	1.843
39.25	3.1000	0.0343	10.5439	3.7224	1.861
39.25	3.2000	0.0354	10.5560	3.7182	1.859
39.46	3.3000	0.0365	10.5681	3.7342	1.867
39.68	3.4000	0.0376	10.5802	3.7501	1.875
40.11	3.5000	0.0387	10.5924	3.7863	1.893
40.31	3.6000	0.0398	10.6046	3.8011	1.901
40.52	3.7000	0.0409	10.6168	3.8169	1.908
40.74	3.8000	0.0420	10.6291	3.8327	1.916
40.95	3.9000	0.0431	10.6414	3.8484	1.924
41.17	4.0000	0.0442	10.6537	3.8640	1.932
41.38	4.1000	0.0453	10.6660	3.8796	1.940
41.59	4.2000	0.0464	10.6784	3.8952	1.948
42.02	4.3000	0.0475	10.6908	3.9307	1.965
42.24	4.4000	0.0486	10.7032	3.9462	1.973
42.45	4.5000	0.0498	10.7156	3.9616	1.981
42.67	4.6000	0.0509	10.7281	3.9769	1.988
42.67	4.7000	0.0520	10.7406	3.9723	1.986
42.88	4.8000	0.0531	10.7532	3.9876	1.994
43.08	4.9000	0.0542	10.7657	4.0019	2.001
43.30	5.0000	0.0553	10.7783	4.0171	2.009
43.51	5.1000	0.0564	10.7910	4.0322	2.016
43.73	5.2000	0.0575	10.8036	4.0473	2.024
43.73	5.3000	0.0586	10.8163	4.0426	2.021
43.94	5.4000	0.0597	10.8290	4.0576	2.029
43.94	5.5000	0.0608	10.8418	4.0528	2.026
44.15	5.6000	0.0619	10.8546	4.0678	2.034
44.37	5.7000	0.0630	10.8674	4.0827	2.041
44.58	5.8000	0.0641	10.8802	4.0975	2.049
44.80	5.9000	0.0652	10.8931	4.1124	2.056

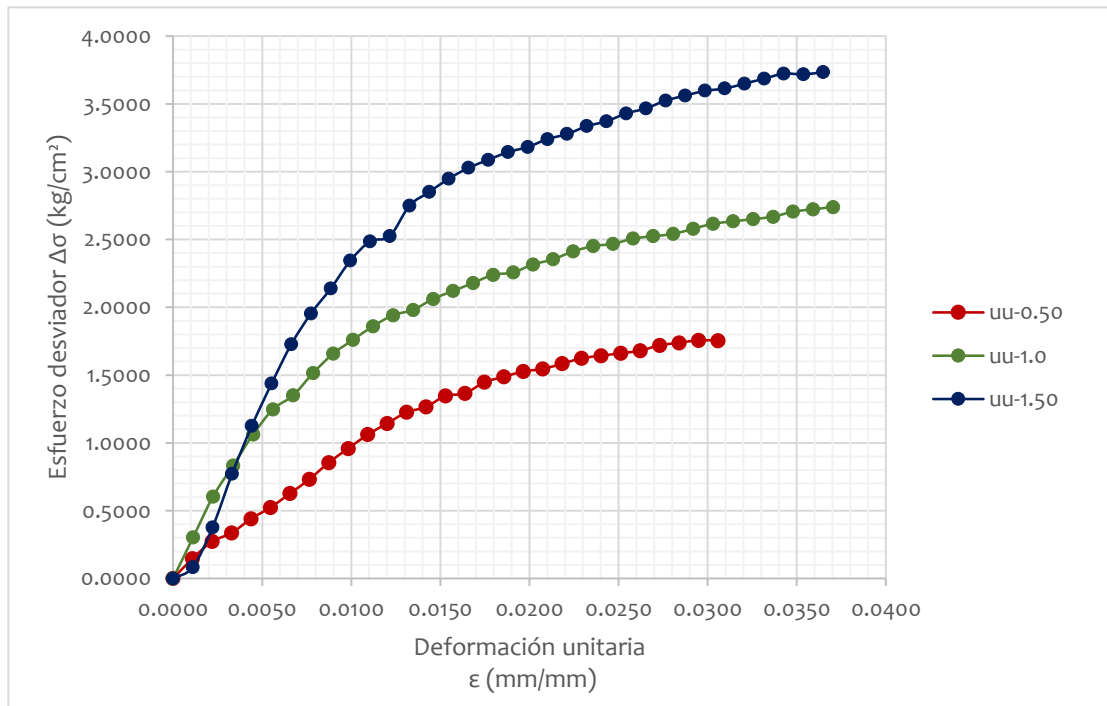
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Validad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra	-	Fecha:	2020-12-14
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
$\sigma_3(\text{kg/cm}^2)$	0.5	1.00	1.5
$H_0(\text{cm})$	9.158	8.91	9.045
$D_0(\text{cm})$	3.59	3.60	3.60
$A_0(\text{cm})$	10.14	10.20	10.18
$W_m(\text{g})$	165.7	165.1	165.16
$\gamma_h(\text{g/cm}^3)$	1785.00	1817.00	1793.00
$W(\%)$	27.46	26.92	27.05
$E(\text{kg/cm}^2)$	97.58	197.21	247.73

Prueba No.	S_s	e	Gw	W ópt.(%)	$\gamma_s(\text{kg/m}^3)$	$\gamma_s \text{ máx}(\text{kg/m}^3)$
uu-0.50	2.54	0.810	86.1	27.9	1400.4	1440
uu-1.0	2.54	0.800	86	27.9	1431.6	1440
uu-1.5	2.54	0.800	86	27.9	1411.3	1440

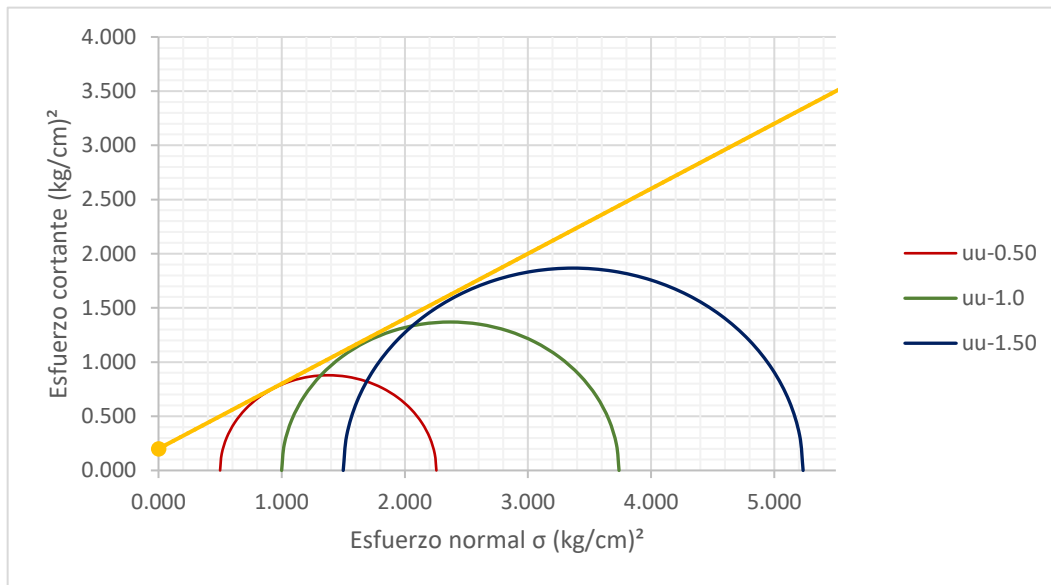


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	SC
Muestra	TX-07	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	27.46	1785.00	0.5	0.878	31	0.2
uu-1.0	26.92	1817.00	1.00	1.370		
uu-1.5	27.05	1793.00	1.5	1.867		



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Validad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21	y=2185249.16	Descripción: SC
Muestra:	TX-07		Fecha: 2021-03-10
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	8.91
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.000	0.000	10.198	0.000	1.802	3.603	0.000	0.000
3.09	0.100	0.001	10.209	0.303	1.803	3.605	-0.001	0.500
6.18	0.200	0.002	10.221	0.605	1.804	3.607	-0.001	0.501
8.52	0.300	0.003	10.232	0.833	1.805	3.609	-0.002	0.501
10.87	0.400	0.004	10.244	1.061	1.806	3.611	-0.002	0.502
12.80	0.500	0.006	10.255	1.248	1.807	3.613	-0.003	0.502
13.86	0.600	0.007	10.267	1.350	1.808	3.616	-0.003	0.503
15.57	0.700	0.008	10.278	1.515	1.809	3.618	-0.004	0.503
17.06	0.800	0.009	10.290	1.658	1.810	3.620		
18.13	0.900	0.010	10.302	1.760	1.811	3.622		
19.19	1.000	0.011	10.313	1.861	1.812	3.624		
20.05	1.100	0.012	10.325	1.942	1.813	3.626		
20.48	1.200	0.013	10.337	1.981	1.814	3.628		
21.33	1.300	0.015	10.349	2.061	1.815	3.630		
21.96	1.400	0.016	10.360	2.120	1.816	3.632		
22.61	1.500	0.017	10.372	2.180	1.817	3.634		
23.25	1.600	0.018	10.384	2.239	1.818	3.636		
23.46	1.700	0.019	10.396	2.257	1.819	3.638		
24.11	1.800	0.020	10.408	2.316	1.820	3.640		
24.52	1.900	0.021	10.420	2.354	1.821	3.642		
25.17	2.000	0.022	10.432	2.413	1.822	3.644		
25.59	2.100	0.024	10.444	2.451	1.823	3.647		
25.81	2.200	0.025	10.456	2.468	1.824	3.649		
26.24	2.300	0.026	10.468	2.506	1.825	3.651		
26.45	2.400	0.027	10.480	2.524	1.826	3.653		
26.67	2.500	0.028	10.492	2.542	1.827	3.655		
27.08	2.600	0.029	10.504	2.578	1.829	3.657		
27.51	2.700	0.030	10.516	2.616	1.830	3.659		
27.73	2.800	0.031	10.528	2.633	1.831	3.661		
27.94	2.900	0.033	10.541	2.651	1.832	3.663		
28.15	3.000	0.034	10.553	2.668	1.833	3.666		
28.58	3.100	0.035	10.565	2.705	1.834	3.668		
28.80	3.200	0.036	10.578	2.722	1.835	3.670		
29.01	3.300	0.037	10.590	2.740	1.836	3.672		
29.23	3.400	0.038	10.602	2.757	1.837	3.674		
29.44	3.500	0.039	10.615	2.773	1.838	3.676		
29.64	3.600	0.040	10.627	2.789	1.839	3.678		
29.86	3.700	0.042	10.639	2.806	1.840	3.681		
30.07	3.800	0.043	10.652	2.823	1.841	3.683		
30.29	3.900	0.044	10.664	2.840	1.842	3.685		

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Validad y barda perimetral
Ubicación: x=498376.21 y=2185249.16 **Descripción:** SC
Muestra: TX-07 **Fecha:** 2021-03-10
Profundidad: - **Operador:** -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.045
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.18
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.0000	0.0000	10.1825	0.0000	1.800	3.601	0.000	0.000
0.85	0.1000	0.0011	10.1938	0.0830	1.801	3.603	-0.001	0.500
3.83	0.2000	0.0022	10.2051	0.3757	1.802	3.605	-0.001	0.501
7.89	0.3000	0.0033	10.2164	0.7725	1.803	3.607	-0.002	0.501
11.51	0.4000	0.0044	10.2278	1.1256	1.804	3.609	-0.002	0.502
14.71	0.5000	0.0055	10.2391	1.4371	1.805	3.611	-0.003	0.502
17.70	0.6000	0.0066	10.2505	1.7270	1.806	3.613	-0.003	0.503
20.05	0.7000	0.0077	10.2619	1.9536	1.807	3.615	-0.004	0.503
21.96	0.8000	0.0088	10.2734	2.1380	1.808	3.617	-0.004	0.503
24.11	0.9000	0.0100	10.2849	2.3438	1.809	3.619		
25.59	1.0000	0.0111	10.2964	2.4858	1.810	3.621		
26.02	1.1000	0.0122	10.3079	2.5246	1.811	3.623		
28.37	1.2000	0.0133	10.3194	2.7490	1.812	3.625		
29.44	1.3000	0.0144	10.3310	2.8496	1.813	3.627		
30.50	1.4000	0.0155	10.3426	2.9489	1.814	3.629		
31.36	1.5000	0.0166	10.3542	3.0284	1.815	3.631		
32.00	1.6000	0.0177	10.3659	3.0869	1.816	3.633		
32.63	1.7000	0.0188	10.3776	3.1444	1.817	3.635		
33.06	1.8000	0.0199	10.3893	3.1821	1.819	3.637		
33.70	1.9000	0.0210	10.4010	3.2402	1.820	3.639		
34.13	2.0000	0.0221	10.4128	3.2777	1.821	3.641		
34.77	2.1000	0.0232	10.4246	3.3356	1.822	3.643		
35.19	2.2000	0.0243	10.4364	3.3719	1.823	3.645		
35.83	2.3000	0.0254	10.4482	3.4296	1.824	3.647		
36.26	2.4000	0.0265	10.4601	3.4666	1.825	3.649		
36.90	2.5000	0.0276	10.4720	3.5240	1.826	3.651		
37.33	2.6000	0.0287	10.4839	3.5609	1.827	3.654		
37.75	2.7000	0.0299	10.4958	3.5967	1.828	3.656		
37.96	2.8000	0.0310	10.5078	3.6129	1.829	3.658		
38.39	2.9000	0.0321	10.5198	3.6495	1.830	3.660		
38.82	3.0000	0.0332	10.5318	3.6860	1.831	3.662		
39.25	3.1000	0.0343	10.5439	3.7224	1.832	3.664		
39.25	3.2000	0.0354	10.5560	3.7182	1.833	3.666		
39.46	3.3000	0.0365	10.5681	3.7342	1.834	3.668		
39.68	3.4000	0.0376	10.5802	3.7501	1.835	3.670		
40.11	3.5000	0.0387	10.5924	3.7863	1.836	3.672		
40.31	3.6000	0.0398	10.6046	3.8011	1.837	3.675		
40.52	3.7000	0.0409	10.6168	3.8169	1.838	3.677		
40.74	3.8000	0.0420	10.6291	3.8327	1.839	3.679		
40.95	3.9000	0.0431	10.6414	3.8484	1.840	3.681		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: y=2185249.16 y=2185249.16 **Descripción:** SC
Muestra: TX-07 **Fecha:** 2020-12-14
Profundidad: - **Operador:**

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		



MC-08



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21	y=2185249.16	Descripción: ML
Muestra:	TX-08		Fecha: 2021-03-10
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.074
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.19
σ _s (kg/cm ²)	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.000	10.186	0.000	0.000
0.63	0.100	0.001	10.198	0.062	0.031
0.85	0.200	0.002	10.209	0.083	0.041
2.98	0.300	0.003	10.220	0.291	0.146
4.90	0.400	0.004	10.231	0.479	0.240
6.82	0.500	0.006	10.243	0.666	0.333
8.52	0.600	0.007	10.254	0.831	0.416
10.67	0.700	0.008	10.265	1.039	0.520
13.23	0.800	0.009	10.277	1.287	0.643
15.14	0.900	0.010	10.288	1.472	0.736
16.63	1.000	0.011	10.300	1.615	0.807
18.13	1.100	0.012	10.311	1.758	0.879
19.19	1.200	0.013	10.323	1.859	0.930
20.26	1.300	0.014	10.334	1.961	0.980
21.33	1.400	0.015	10.346	2.062	1.031
22.39	1.500	0.017	10.358	2.162	1.081
23.25	1.600	0.018	10.369	2.242	1.121
23.89	1.700	0.019	10.381	2.302	1.151
24.74	1.800	0.020	10.392	2.380	1.190
25.17	1.900	0.021	10.404	2.419	1.209
25.81	2.000	0.022	10.416	2.478	1.239
26.24	2.100	0.023	10.428	2.516	1.258
26.87	2.200	0.024	10.439	2.574	1.287
27.30	2.300	0.025	10.451	2.612	1.306
27.51	2.400	0.026	10.463	2.629	1.315
27.94	2.500	0.028	10.475	2.667	1.334
28.15	2.600	0.029	10.487	2.685	1.342
28.37	2.700	0.030	10.499	2.702	1.351
28.58	2.800	0.031	10.511	2.719	1.360
29.01	2.900	0.032	10.523	2.757	1.379
29.01	3.000	0.033	10.535	2.754	1.377
29.23	3.100	0.034	10.547	2.771	1.386
29.23	3.200	0.035	10.559	2.768	1.384
29.44	3.300	0.036	10.571	2.785	1.392
29.64	3.400	0.037	10.583	2.801	1.401
30.07	3.500	0.039	10.595	2.838	1.419
30.07	3.600	0.040	10.607	2.835	1.418

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21	y=2185249.16	Descripción: ML
Muestra:	TX-08		Fecha: 2021-03-10
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.051
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.18
σ ₃ (kg/cm ²)	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.0000	10.1769	0.0000	0.000
0.20	0.1000	0.0011	10.1881	0.0200	0.010
0.63	0.2000	0.0022	10.1994	0.0620	0.031
2.13	0.3000	0.0033	10.2107	0.2087	0.104
4.05	0.4000	0.0044	10.2221	0.3960	0.198
6.39	0.5000	0.0055	10.2334	0.6248	0.312
8.95	0.6000	0.0066	10.2448	0.8739	0.437
11.73	0.7000	0.0077	10.2562	1.1434	0.572
14.07	0.8000	0.0088	10.2676	1.3705	0.685
16.85	0.9000	0.0099	10.2791	1.6388	0.819
19.19	1.0000	0.0110	10.2906	1.8649	0.932
21.33	1.1000	0.0122	10.3021	2.0707	1.035
23.04	1.2000	0.0133	10.3136	2.2335	1.117
25.17	1.3000	0.0144	10.3252	2.4374	1.219
26.45	1.4000	0.0155	10.3368	2.5590	1.279
27.73	1.5000	0.0166	10.3484	2.6793	1.340
29.01	1.6000	0.0177	10.3600	2.8003	1.400
30.07	1.7000	0.0188	10.3717	2.8994	1.450
31.14	1.8000	0.0199	10.3834	2.9992	1.500
32.20	1.9000	0.0210	10.3951	3.0979	1.549
32.63	2.0000	0.0221	10.4068	3.1355	1.568
33.06	2.1000	0.0232	10.4186	3.1731	1.587
33.70	2.2000	0.0243	10.4304	3.2311	1.616
34.13	2.3000	0.0254	10.4422	3.2685	1.634
34.77	2.4000	0.0265	10.4541	3.3262	1.663
35.19	2.5000	0.0276	10.4660	3.3624	1.681
35.62	2.6000	0.0287	10.4779	3.3994	1.700
36.05	2.7000	0.0298	10.4898	3.4364	1.718
36.26	2.8000	0.0309	10.5018	3.4529	1.726
36.69	2.9000	0.0320	10.5137	3.4897	1.745
37.12	3.0000	0.0331	10.5258	3.5264	1.763
37.33	3.1000	0.0343	10.5378	3.5427	1.771
37.55	3.2000	0.0354	10.5499	3.5589	1.779
37.75	3.3000	0.0365	10.5620	3.5741	1.787
37.96	3.4000	0.0376	10.5741	3.5903	1.795
38.18	3.5000	0.0387	10.5862	3.6064	1.803
38.61	3.6000	0.0398	10.5984	3.6427	1.821
38.82	3.7000	0.0409	10.6106	3.6587	1.829
39.03	3.8000	0.0420	10.6229	3.6746	1.837
39.25	3.9000	0.0431	10.6351	3.6905	1.845
39.46	4.0000	0.0442	10.6474	3.7064	1.853
39.46	4.1000	0.0453	10.6597	3.7021	1.851
39.68	4.2000	0.0464	10.6721	3.7179	1.859

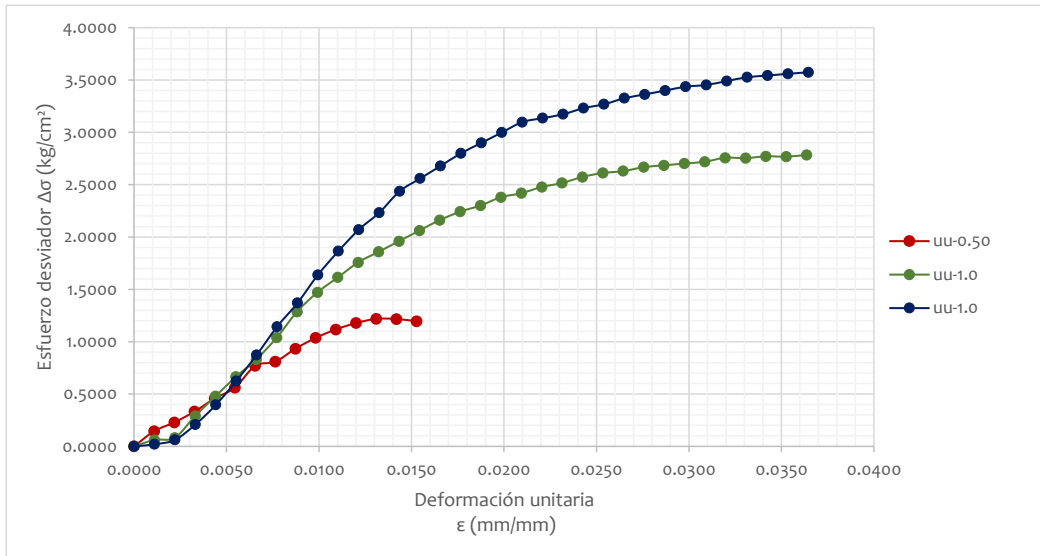
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21	y=2185249.16	Descripción: ML
Muestra:	TX-08		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:			Operador: -

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm ²)	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.167	9.074	9.051
D ₀ (cm)	3.60	3.60	3.60
A ₀ (cm)	10.19	10.19	10.18
Wm(g)	152.41	152.94	152.62
γ_h (g/cm ³)	1631.00	1655.00	1657.00
W(%)	36.08	36.55	36.39
E(kg/cm ²)	106.88	149.38	168.99

Prueba No.	S _s	e	G _w	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.38	0.99	86.7	39.0	1198.6	1226
uu-1.0	2.38	1.00	87	39.0	1212.0	1226
uu-1.5	2.38	0.96	90	39.0	1214.9	1226

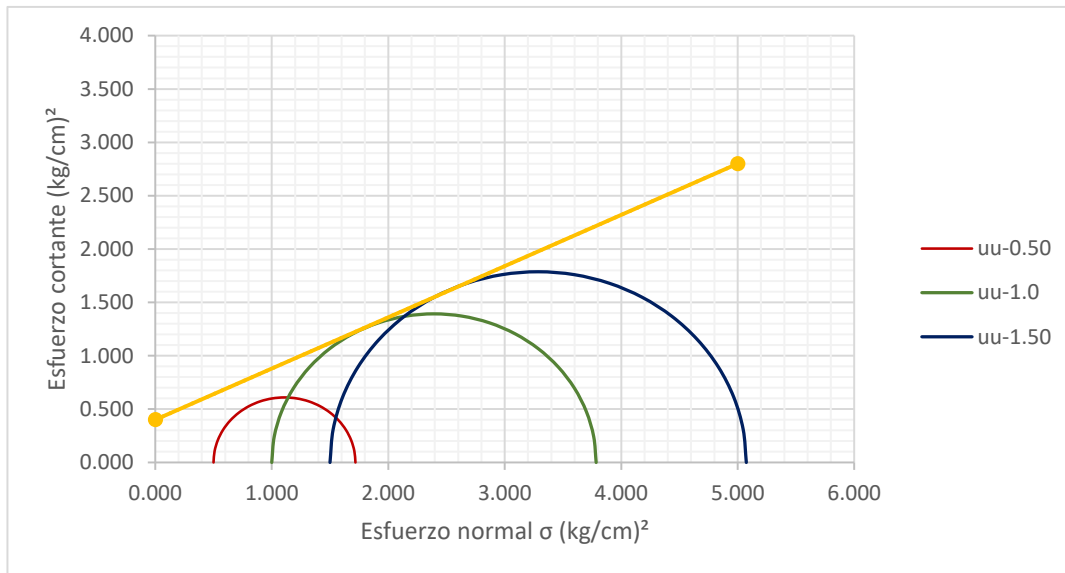


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	ML
Muestra:	TX-08	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm) ²	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	36.08	1631.00	0.5	0.609	25.6	0.4
uu-1.0	36.55	1655.00	1.00	1.392		
uu-1.5	36.39	1657.00	1.5	1.787		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=498376.21 y=2185249.16	Descripción:	ML
Muestra:	TX-08	Fecha:	2021-03-10
Profundidad:	-	Operador:	-

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.051
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.18
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.0000	0.0000	10.1769	0.0000	1.800	3.600	0.000	0.000
0.20	0.1000	0.0011	10.1881	0.0200	1.801	3.602	-0.001	0.500
0.63	0.2000	0.0022	10.1994	0.0620	1.802	3.604	-0.001	0.501
2.13	0.3000	0.0033	10.2107	0.2087	1.803	3.606	-0.002	0.501
4.05	0.4000	0.0044	10.2221	0.3960	1.804	3.608	-0.002	0.502
6.39	0.5000	0.0055	10.2334	0.6248	1.805	3.610	-0.003	0.502
8.95	0.6000	0.0066	10.2448	0.8739	1.806	3.612	-0.003	0.502
11.73	0.7000	0.0077	10.2562	1.1434	1.807	3.614	-0.004	0.503
14.07	0.8000	0.0088	10.2676	1.3705	1.808	3.616	-0.004	0.503
16.85	0.9000	0.0099	10.2791	1.6388	1.809	3.618	-0.005	0.504
19.19	1.0000	0.0110	10.2906	1.8649	1.810	3.620	-0.006	0.504
21.33	1.1000	0.0122	10.3021	2.0707	1.811	3.622		
23.04	1.2000	0.0133	10.3136	2.2335	1.812	3.624		
25.17	1.3000	0.0144	10.3252	2.4374	1.813	3.626		
26.45	1.4000	0.0155	10.3368	2.5590	1.814	3.628		
27.73	1.5000	0.0166	10.3484	2.6793	1.815	3.630		
29.01	1.6000	0.0177	10.3600	2.8003	1.816	3.632		
30.07	1.7000	0.0188	10.3717	2.8994	1.817	3.634		
31.14	1.8000	0.0199	10.3834	2.9992	1.818	3.636		
32.20	1.9000	0.0210	10.3951	3.0979	1.819	3.638		
32.63	2.0000	0.0221	10.4068	3.1355	1.820	3.640		
33.06	2.1000	0.0232	10.4186	3.1731	1.821	3.642		
33.70	2.2000	0.0243	10.4304	3.2311	1.822	3.644		
34.13	2.3000	0.0254	10.4422	3.2685	1.823	3.646		
34.77	2.4000	0.0265	10.4541	3.3262	1.824	3.648		
35.19	2.5000	0.0276	10.4660	3.3624	1.825	3.650		
35.62	2.6000	0.0287	10.4779	3.3994	1.826	3.653		
36.05	2.7000	0.0298	10.4898	3.4364	1.827	3.655		
36.26	2.8000	0.0309	10.5018	3.4529	1.828	3.657		
36.69	2.9000	0.0320	10.5137	3.4897	1.829	3.659		
37.12	3.0000	0.0331	10.5258	3.5264	1.830	3.661		
37.33	3.1000	0.0343	10.5378	3.5427	1.831	3.663		
37.55	3.2000	0.0354	10.5499	3.5589	1.833	3.665		
37.75	3.3000	0.0365	10.5620	3.5741	1.834	3.667		
37.96	3.4000	0.0376	10.5741	3.5903	1.835	3.669		
38.18	3.5000	0.0387	10.5862	3.6064	1.836	3.671		
38.61	3.6000	0.0398	10.5984	3.6427	1.837	3.673		
38.82	3.7000	0.0409	10.6106	3.6587	1.838	3.676		
39.03	3.8000	0.0420	10.6229	3.6746	1.839	3.678		
39.25	3.9000	0.0431	10.6351	3.6905	1.840	3.680		
39.46	4.0000	0.0442	10.6474	3.7064	1.841	3.682		
39.46	4.1000	0.0453	10.6597	3.7021	1.842	3.684		
39.68	4.2000	0.0464	10.6721	3.7179	1.843	3.686		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	y=2185249.16	y=2185249.16	Descripción: ML
Muestra:	TX-08		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:	-		Operador: -

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		



MC-09



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.2 y=2184812.74 **Descripción:** SM
Muestra: TX-09 **Fecha:** 2020-12-14
Profundidad: - **Operador:** -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	8.996
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.21
σ ₃ (kg/cm) ²	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.0000	10.2071	0.0000	0.000
1.27	0.100	0.0011	10.2184	0.1247	0.062
2.35	0.200	0.0022	10.2298	0.2293	0.115
3.09	0.300	0.0033	10.2412	0.3017	0.151
3.83	0.400	0.0044	10.2526	0.3740	0.187
4.26	0.500	0.0056	10.2641	0.4153	0.208
5.33	0.600	0.0067	10.2756	0.5190	0.260
7.25	0.700	0.0078	10.2871	0.7048	0.352
9.17	0.800	0.0089	10.2986	0.8901	0.445
11.08	0.900	0.0100	10.3102	1.0751	0.538
12.80	1.000	0.0111	10.3218	1.2399	0.620
14.50	1.100	0.0122	10.3334	1.4033	0.702
15.79	1.200	0.0133	10.3450	1.5259	0.763
17.06	1.300	0.0145	10.3567	1.6472	0.824
18.13	1.400	0.0156	10.3684	1.7486	0.874
18.98	1.500	0.0167	10.3801	1.8282	0.914
19.41	1.600	0.0178	10.3919	1.8673	0.934
20.05	1.700	0.0189	10.4037	1.9270	0.963
20.48	1.800	0.0200	10.4155	1.9659	0.983
20.90	1.900	0.0211	10.4273	2.0048	1.002
21.33	2.000	0.0222	10.4391	2.0435	1.022
21.75	2.100	0.0233	10.4510	2.0812	1.041
21.96	2.200	0.0245	10.4629	2.0993	1.050
22.18	2.300	0.0256	10.4749	2.1173	1.059
22.39	2.400	0.0267	10.4868	2.1354	1.068
22.61	2.500	0.0278	10.4988	2.1533	1.077
22.82	2.600	0.0289	10.5108	2.1712	1.086
23.04	2.700	0.0300	10.5229	2.1891	1.095
23.25	2.800	0.0311	10.5350	2.2069	1.103
23.25	2.900	0.0322	10.5471	2.2044	1.102
23.46	3.000	0.0333	10.5592	2.2221	1.111

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2	y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra	TX-09		Fecha: 2020-12-14
Profundidad:	-		Operador: -

Datos de probeta No.1	
H ₀ (cm)	8.996
D ₀ (cm)	3.61
A ₀ (cm)	10.21
σ ₃ (kg/cm) ²	0.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
23.68	3.200	0.0356	10.5835	2.2372	1.119
23.89	3.800	0.0422	10.6572	2.2419	1.121
24.11	4.000	0.0445	10.6820	2.2567	1.128
24.31	4.400	0.0489	10.7320	2.2652	

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.2 y=2184812.74 **Descripción:** SM
Muestra: TX-09 **Fecha:** 2021-03-09
Profundidad: **Operador:** -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.073
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.000	10.197	0.000	0.000
2.13	0.100	0.001	10.208	0.209	0.104
3.62	0.200	0.002	10.219	0.354	0.177
5.54	0.300	0.003	10.231	0.541	0.271
7.68	0.400	0.004	10.242	0.750	0.375
10.02	0.500	0.006	10.253	0.978	0.489
12.37	0.600	0.007	10.265	1.205	0.603
14.07	0.700	0.008	10.276	1.369	0.685
16.00	0.800	0.009	10.287	1.555	0.778
17.92	0.900	0.010	10.299	1.740	0.870
19.19	1.000	0.011	10.310	1.861	0.931
20.48	1.100	0.012	10.322	1.984	0.992
21.75	1.200	0.013	10.333	2.105	1.052
22.61	1.300	0.014	10.345	2.185	1.093
23.25	1.400	0.015	10.356	2.245	1.122
23.89	1.500	0.017	10.368	2.304	1.152
24.31	1.600	0.018	10.380	2.342	1.171
24.95	1.700	0.019	10.391	2.401	1.201
25.38	1.800	0.020	10.403	2.440	1.220
25.59	1.900	0.021	10.415	2.458	1.229
25.81	2.000	0.022	10.427	2.475	1.238
26.02	2.100	0.023	10.438	2.493	1.247
26.45	2.200	0.024	10.450	2.531	1.266
26.67	2.300	0.025	10.462	2.549	1.274
26.87	2.400	0.026	10.474	2.565	1.283
26.87	2.500	0.028	10.486	2.563	1.281
27.08	2.600	0.029	10.497	2.580	1.290
27.30	2.700	0.030	10.509	2.597	1.299
27.30	2.800	0.031	10.521	2.595	1.297
27.30	2.900	0.032	10.533	2.592	1.296
27.51	3.000	0.033	10.545	2.609	1.304

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.2 y=2184812.74 **Descripción:** SM
Muestra: TX-09 **Fecha:** 2021-03-09
Profundidad: _____ **Operador:** -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.073
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
27.73	3.300	0.036	10.582	2.620	1.310
27.94	3.400	0.037	10.594	2.637	1.319
28.15	3.600	0.040	10.618	2.652	1.326
28.37	3.800	0.042	10.642	2.666	1.333
28.58	4.000	0.044	10.667	2.680	1.340
28.58	4.300	0.047	10.704	2.670	1.335
28.58	4.600	0.051	10.741	2.661	1.331
28.80	5.000	0.055	10.791	2.669	1.334
28.80	5.300	0.058	10.829	2.659	1.330

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2 y=2184812.74	Descripción:	SM
Muestra	TX-09	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:		Operador:	-

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.182
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.21
σ ₃ (kg/cm ²)	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.0000	0.0000	10.2052	0.0000	0.000
0.42	0.1000	0.0011	10.2163	0.0409	0.020
0.63	0.2000	0.0022	10.2274	0.0618	0.031
2.56	0.3000	0.0033	10.2386	0.2500	0.125
5.12	0.4000	0.0044	10.2498	0.4994	0.250
7.68	0.5000	0.0054	10.2610	0.7483	0.374
9.81	0.6000	0.0065	10.2723	0.9550	0.477
13.01	0.7000	0.0076	10.2836	1.2653	0.633
15.79	0.8000	0.0087	10.2949	1.5333	0.767
18.98	0.9000	0.0098	10.3062	1.8413	0.921
21.75	1.0000	0.0109	10.3175	2.1081	1.054
24.52	1.1000	0.0120	10.3289	2.3743	1.187
26.67	1.2000	0.0131	10.3403	2.5788	1.289
28.58	1.3000	0.0142	10.3517	2.7612	1.381
30.29	1.4000	0.0152	10.3632	2.9224	1.461
31.57	1.5000	0.0163	10.3747	3.0430	1.522
33.06	1.6000	0.0174	10.3861	3.1830	1.592
33.49	1.7000	0.0185	10.3977	3.2207	1.610
34.13	1.8000	0.0196	10.4092	3.2788	1.639
34.77	1.9000	0.0207	10.4208	3.3368	1.668
35.19	2.0000	0.0218	10.4324	3.3732	1.687
35.62	2.1000	0.0229	10.4440	3.4104	1.705
36.05	2.2000	0.0240	10.4557	3.4476	1.724
36.48	2.3000	0.0250	10.4674	3.4847	1.742
36.90	2.4000	0.0261	10.4791	3.5217	1.761
37.12	2.5000	0.0272	10.4908	3.5381	1.769
37.33	2.6000	0.0283	10.5026	3.5546	1.777
37.55	2.7000	0.0294	10.5143	3.5709	1.785
37.75	2.8000	0.0305	10.5262	3.5863	1.793
37.75	2.9000	0.0316	10.5380	3.5823	1.791
37.96	3.0000	0.0327	10.5499	3.5985	1.799

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2 y=2184812.74	Descripción:	SM
Muestra	TX-09	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:		Operador:	-

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.182
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.21
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
38.18	3.1000	0.0338	10.5617	3.6148	1.807
38.39	3.2000	0.0349	10.5737	3.6310	1.815
38.39	3.3000	0.0359	10.5856	3.6269	1.813
38.61	3.4000	0.0370	10.5976	3.6430	1.821
38.61	3.5000	0.0381	10.6096	3.6388	1.819
38.61	3.8000	0.0414	10.6457	3.6265	1.813
38.61	4.1000	0.0447	10.6822	3.6141	1.807
38.82	4.2500	0.0463	10.7004	3.6280	1.814
39.03	4.5000	0.0490	10.7311	3.6376	1.819
39.25	4.9000	0.0534	10.7805	3.6408	1.820
39.46	5.2000	0.0566	10.8178	3.6480	1.824
39.46	5.5000	0.0599	10.8554	3.6353	1.818
39.68	5.6000	0.0610	10.8680	3.6508	1.825
39.89	5.7500	0.0626	10.8869	3.6642	1.832
40.11	5.9700	0.0650	10.9148	3.6744	1.837
40.31	6.1800	0.0673	10.9416	3.6841	1.842
40.31	6.4000	0.0697	10.9698	3.6746	1.837
40.31	6.6000	0.0719	10.9955	3.6660	1.833
40.31	6.8000	0.0741	11.0214	3.6574	1.829

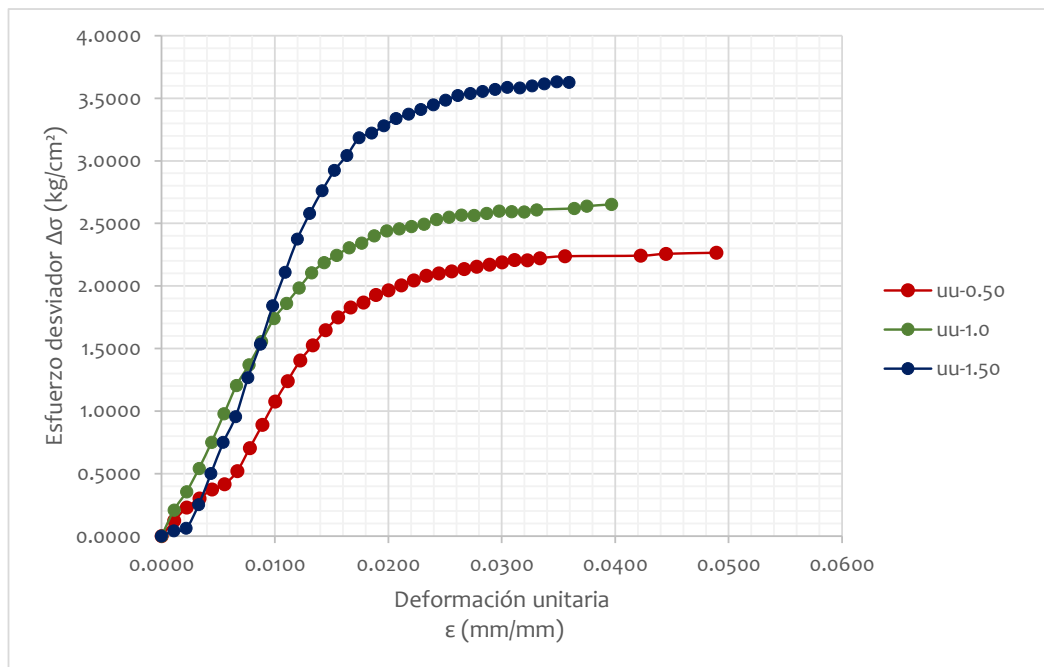
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2 y=2184812.74	Descripción:	SM
Muestra	TX-09	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
$\sigma_3(\text{kg/cm}^2)$	0.5	1.00	1.5
H_0 (cm)	8.996	9.073	9.182
D_0 (cm)	3.61	3.60	3.60
A_0 (cm)	10.21	10.20	10.21
Wm(g)	160.99	160.65	160.83
$\gamma_h(\text{g/cm}^3)$	1753.00	1736.00	1716.00
W(%)	28.48	28.73	28.97
E(kg/ cm ²)	107.87	178.64	187.96

Prueba No.	Ss	e	Gw	W ópt.(%)	γ_s (kg/m ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.49	0.82	86.5	31.3	1364.4	1365
uu-1.0	2.49	0.85	84	31.3	1348.6	1365
uu-1.5	2.49	0.87	83	31.3	1330.5	1365

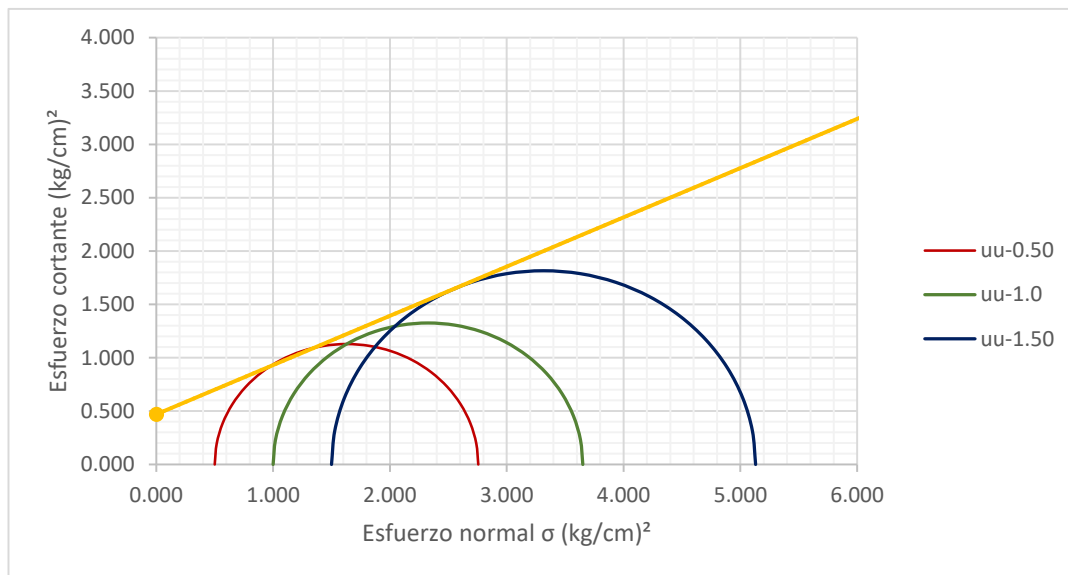


**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto:		Vialidad y barda perimetral
Ubicación:	x=502162.20 y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra	TX-09	Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-	Operador: -

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	28.48	1753.00	0.5	1.128	24.8	0.47
uu-1.0	28.73	1736.00	1.00	1.326		
uu-1.5	28.97	1716.00	1.5	1.815		



COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
 Ubicación: x=502162.20 y=2184812.74 Descripción: SM
 Muestra: TX-09 Fecha: 2021-03-09
 Profundidad: Operador: -

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.073
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.000	0.000	10.197	0.000	1.802	3.603	0.000	0.000
2.13	0.100	0.001	10.208	0.209	1.803	3.605	-0.001	0.500
3.62	0.200	0.002	10.219	0.354	1.804	3.607	-0.001	0.501
5.54	0.300	0.003	10.231	0.541	1.805	3.609	-0.002	0.501
7.68	0.400	0.004	10.242	0.750	1.806	3.611	-0.002	0.502
10.02	0.500	0.006	10.253	0.978	1.807	3.613	-0.003	0.502
12.37	0.600	0.007	10.265	1.205	1.808	3.615	-0.003	0.502
14.07	0.700	0.008	10.276	1.369	1.809	3.617	-0.004	0.503
16.00	0.800	0.009	10.287	1.555	1.810	3.619		
17.92	0.900	0.010	10.299	1.740	1.811	3.621		
19.19	1.000	0.011	10.310	1.861	1.812	3.623		
20.48	1.100	0.012	10.322	1.984	1.813	3.625		
21.75	1.200	0.013	10.333	2.105	1.814	3.627		
22.61	1.300	0.014	10.345	2.185	1.815	3.629		
23.25	1.400	0.015	10.356	2.245	1.816	3.631		
23.89	1.500	0.017	10.368	2.304	1.817	3.633		
24.31	1.600	0.018	10.380	2.342	1.818	3.635		
24.95	1.700	0.019	10.391	2.401	1.819	3.637		
25.38	1.800	0.020	10.403	2.440	1.820	3.639		
25.59	1.900	0.021	10.415	2.458	1.821	3.641		
25.81	2.000	0.022	10.427	2.475	1.822	3.644		
26.02	2.100	0.023	10.438	2.493	1.823	3.646		
26.45	2.200	0.024	10.450	2.531	1.824	3.648		
26.67	2.300	0.025	10.462	2.549	1.825	3.650		
26.87	2.400	0.026	10.474	2.565	1.826	3.652		
26.87	2.500	0.028	10.486	2.563	1.827	3.654		
27.08	2.600	0.029	10.497	2.580	1.828	3.656		
27.30	2.700	0.030	10.509	2.597	1.829	3.658		
27.30	2.800	0.031	10.521	2.595	1.830	3.660		
27.30	2.900	0.032	10.533	2.592	1.831	3.662		
27.51	3.000	0.033	10.545	2.609	1.832	3.664		
27.73	3.300	0.036	10.582	2.620	1.835	3.671		
27.94	3.400	0.037	10.594	2.637	1.836	3.673		
28.15	3.600	0.040	10.618	2.652	1.838	3.677		
28.37	3.800	0.042	10.642	2.666	1.841	3.681		
28.58	4.000	0.044	10.667	2.680	1.843	3.685		
28.58	4.300	0.047	10.704	2.670	1.846	3.692		
28.58	4.600	0.051	10.741	2.661	1.849	3.698		
28.80	5.000	0.055	10.791	2.669	1.853	3.707		
28.80	5.300	0.058	10.829	2.659	1.857	3.713		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
 Ubicación: x=502162.20 y=2184812.74 Descripción:
 Muestra: TX-09 Fecha: 2021-03-09
 Profundidad: - Operador: -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.182
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.21
σ _s (kg/cm ²)	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida Ac (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.0000	0.0000	10.2052	0.0000	1.802	3.605	0.000	0.000
0.42	0.1000	0.0011	10.2163	0.0409	1.803	3.607	-0.001	0.500
0.63	0.2000	0.0022	10.2274	0.0618	1.804	3.609	-0.001	0.501
2.56	0.3000	0.0033	10.2386	0.2500	1.805	3.611	-0.002	0.501
5.12	0.4000	0.0044	10.2498	0.4994	1.806	3.613	-0.002	0.502
7.68	0.5000	0.0054	10.2610	0.7483	1.807	3.615	-0.003	0.502
9.81	0.6000	0.0065	10.2723	0.9550	1.808	3.617	-0.003	0.502
13.01	0.7000	0.0076	10.2836	1.2653	1.809	3.618	-0.004	0.503
15.79	0.8000	0.0087	10.2949	1.5333	1.810	3.620	-0.004	0.503
18.98	0.9000	0.0098	10.3062	1.8413	1.811	3.622	-0.005	0.504
21.75	1.0000	0.0109	10.3175	2.1081	1.812	3.624		
24.52	1.1000	0.0120	10.3289	2.3743	1.813	3.626		
26.67	1.2000	0.0131	10.3403	2.5788	1.814	3.628		
28.58	1.3000	0.0142	10.3517	2.7612	1.815	3.630		
30.29	1.4000	0.0152	10.3632	2.9224	1.816	3.632		
31.57	1.5000	0.0163	10.3747	3.0430	1.817	3.634		
33.06	1.6000	0.0174	10.3861	3.1830	1.818	3.636		
33.49	1.7000	0.0185	10.3977	3.2207	1.819	3.639		
34.13	1.8000	0.0196	10.4092	3.2788	1.820	3.641		
34.77	1.9000	0.0207	10.4208	3.3368	1.821	3.643		
35.19	2.0000	0.0218	10.4324	3.3732	1.822	3.645		
35.62	2.1000	0.0229	10.4440	3.4104	1.823	3.647		
36.05	2.2000	0.0240	10.4557	3.4476	1.824	3.649		
36.48	2.3000	0.0250	10.4674	3.4847	1.825	3.651		
36.90	2.4000	0.0261	10.4791	3.5217	1.826	3.653		
37.12	2.5000	0.0272	10.4908	3.5381	1.827	3.655		
37.33	2.6000	0.0283	10.5026	3.5546	1.828	3.657		
37.55	2.7000	0.0294	10.5143	3.5709	1.829	3.659		
37.75	2.8000	0.0305	10.5262	3.5863	1.830	3.661		
37.75	2.9000	0.0316	10.5380	3.5823	1.831	3.663		
37.96	3.0000	0.0327	10.5499	3.5985	1.833	3.665		
38.18	3.1000	0.0338	10.5617	3.6148	1.834	3.667		
38.39	3.2000	0.0349	10.5737	3.6310	1.835	3.669		
38.39	3.3000	0.0359	10.5856	3.6269	1.836	3.671		
38.61	3.4000	0.0370	10.5976	3.6430	1.837	3.673		
38.61	3.5000	0.0381	10.6096	3.6388	1.838	3.675		
38.61	3.8000	0.0414	10.6457	3.6265	1.841	3.682		
38.61	4.1000	0.0447	10.6822	3.6141	1.844	3.688		
38.82	4.2500	0.0463	10.7004	3.6280	1.846	3.691		
39.03	4.5000	0.0490	10.7311	3.6376	1.848	3.696		
39.25	4.9000	0.0534	10.7805	3.6408	1.852	3.705		
39.46	5.2000	0.0566	10.8178	3.6480	1.856	3.711		
39.46	5.5000	0.0599	10.8554	3.6353	1.859	3.718		
39.68	5.6000	0.0610	10.8680	3.6508	1.860	3.720		
39.89	5.7500	0.0626	10.8869	3.6642	1.862	3.723		
40.11	5.9700	0.0650	10.9148	3.6744	1.864	3.728		
40.31	6.1800	0.0673	10.9416	3.6841	1.866	3.732		
40.31	6.4000	0.0697	10.9698	3.6746	1.869	3.737		
40.31	6.6000	0.0719	10.9955	3.6660	1.871	3.742		
40.31	6.8000	0.0741	11.0214	3.6574	1.873	3.746		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.20	y=2184812.74	Descripción: SM
Muestra:	TX-09		Fecha: 2021-03-09
Profundidad:	-		Operador: -

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0,50	0,50	0,50
v prom	0,50		



MC-10



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2 y=2184812.74	Descripción:	SC
Muestra:	TX-10	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

Datos de probeta No.2	
H ₀ (cm)	9.111
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.00

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.000	0.000	10.203	0.000	0.000
0.85	0.100	0.001	10.214	0.083	0.041
3.09	0.200	0.002	10.226	0.302	0.151
5.97	0.300	0.003	10.237	0.583	0.291
9.81	0.400	0.004	10.248	0.957	0.479
14.07	0.500	0.005	10.260	1.372	0.686
17.27	0.600	0.007	10.271	1.682	0.841
20.26	0.700	0.008	10.282	1.971	0.985
25.17	0.800	0.009	10.294	2.445	1.222
26.02	0.900	0.010	10.305	2.525	1.263
28.80	1.000	0.011	10.317	2.791	1.396
30.93	1.100	0.012	10.328	2.995	1.497
33.27	1.200	0.013	10.339	3.218	1.609
35.19	1.300	0.014	10.351	3.400	1.700
37.33	1.400	0.015	10.363	3.603	1.801
38.61	1.500	0.016	10.374	3.721	1.861
39.89	1.600	0.018	10.386	3.841	1.921
41.17	1.700	0.019	10.397	3.959	1.980
41.81	1.800	0.020	10.409	4.017	2.008
42.45	1.900	0.021	10.421	4.074	2.037
43.30	2.000	0.022	10.432	4.150	2.075
43.73	2.100	0.023	10.444	4.187	2.093
43.94	2.200	0.024	10.456	4.202	2.101
44.15	2.300	0.025	10.468	4.218	2.109
44.58	2.400	0.026	10.479	4.254	2.127
44.58	2.500	0.027	10.491	4.250	2.125
44.80	2.600	0.029	10.503	4.265	2.133
45.01	2.700	0.030	10.515	4.281	2.140
45.01	2.800	0.031	10.527	4.276	2.138
45.01	2.900	0.032	10.539	4.271	2.135

**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.2 y=2184812.74 **Descripción:** SC
Muestra: TX-10 **Fecha:** 2021-03-09
Profundidad: - **Operador:** -

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.139
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante τ ($\frac{kg}{cm^2}$)
0.00	0.0000	0.0000	10.1957	0.0000	0.000
0.85	0.1000	0.0011	10.2069	0.0829	0.041
1.06	0.2000	0.0022	10.2181	0.1038	0.052
1.27	0.3000	0.0033	10.2293	0.1246	0.062
1.49	0.4000	0.0044	10.2406	0.1454	0.073
4.69	0.5000	0.0055	10.2518	0.4575	0.229
9.38	0.6000	0.0066	10.2631	0.9141	0.457
13.86	0.7000	0.0077	10.2744	1.3488	0.674
18.13	0.8000	0.0088	10.2858	1.7627	0.881
22.39	0.9000	0.0098	10.2971	2.1747	1.087
26.67	1.0000	0.0109	10.3085	2.5868	1.293
30.93	1.1000	0.0120	10.3199	2.9969	1.498
35.62	1.2000	0.0131	10.3314	3.4476	1.724
39.25	1.3000	0.0142	10.3429	3.7948	1.897
43.08	1.4000	0.0153	10.3543	4.1609	2.080
46.07	1.5000	0.0164	10.3659	4.4445	2.222
48.84	1.6000	0.0175	10.3774	4.7068	2.353
51.19	1.7000	0.0186	10.3890	4.9273	2.464
53.11	1.8000	0.0197	10.4006	5.1062	2.553
55.01	1.9000	0.0208	10.4122	5.2836	2.642
56.50	2.0000	0.0219	10.4238	5.4205	2.710
57.78	2.1000	0.0230	10.4355	5.5366	2.768
58.84	2.2000	0.0241	10.4472	5.6319	2.816
59.69	2.3000	0.0252	10.4590	5.7075	2.854
60.33	2.4000	0.0263	10.4707	5.7615	2.881
60.97	2.5000	0.0274	10.4825	5.8163	2.908
61.60	2.6000	0.0284	10.4943	5.8700	2.935
62.03	2.7000	0.0295	10.5061	5.9041	2.952
62.45	2.8000	0.0306	10.5180	5.9372	2.969
62.66	2.9000	0.0317	10.5299	5.9509	2.975
63.09	3.0000	0.0328	10.5418	5.9848	2.992
63.09	3.1000	0.0339	10.5537	5.9780	2.989
63.30	3.2000	0.0350	10.5657	5.9915	2.996
63.52	3.3000	0.0361	10.5777	6.0049	3.002
63.72	3.4000	0.0372	10.5897	6.0174	3.009
63.72	3.5000	0.0383	10.6018	6.0105	3.005
63.72	3.6000	0.0394	10.6138	6.0037	3.002

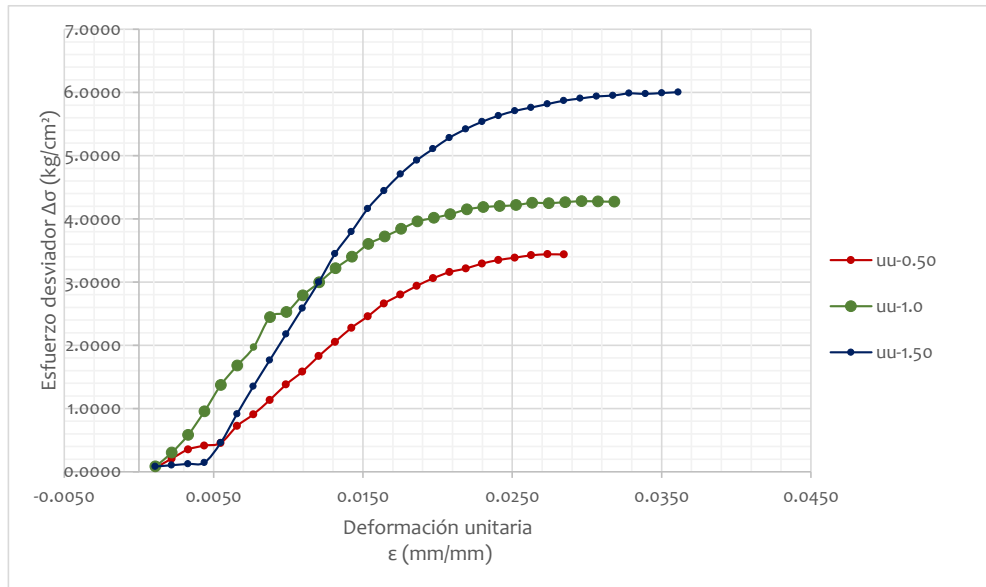
**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	x=502162.2 y=2184812.74	Descripción:	SC
Muestra:	TX-10	Fecha:	2021-03-09
Profundidad:	-	Operador:	-

	Probeta No.		
	1	2	3
σ_3 (kg/cm) ²	0.5	1.00	1.5
H ₀ (cm)	9.139	9.111	9.139
D ₀ (cm)	3.61	3.60	3.60
A ₀ (cm)	10.25	10.20	10.20
Wm(g)	161.78	161.35	161.06
W(%)	26.96	28.12	27.47
γ_h (kg/cm ³)	1726.63	1735.65	1728.50
E (kg/cm ²)=	158.54	264.24	250.72

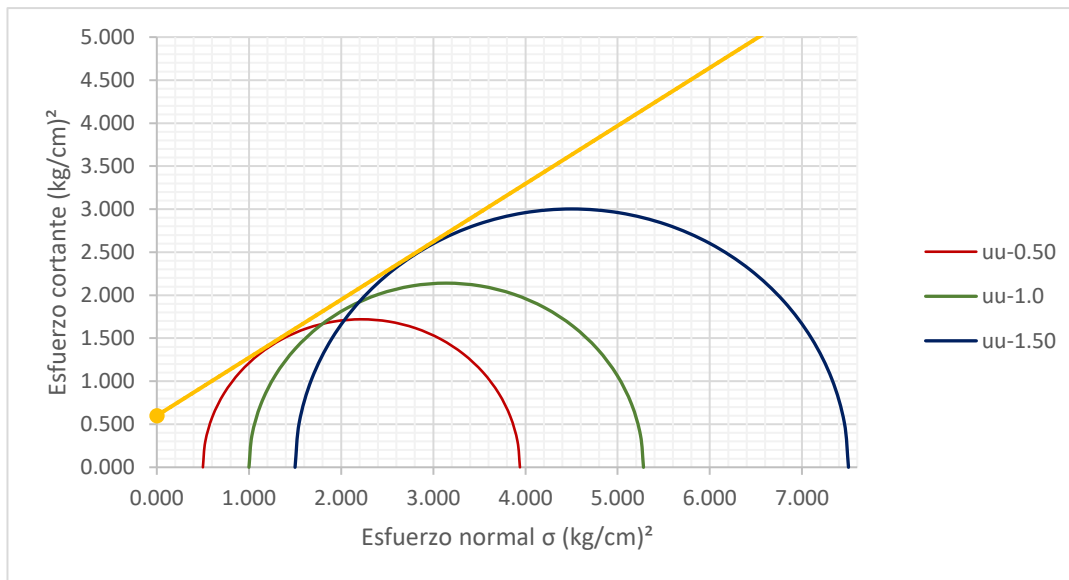
Prueba No.	S _s	e	G _w	W ópt.(%)	γ_s (kg/cm ³)	γ_s máx(kg/m ³)
uu-0.50	2.45	0.800	82.6	29.20	1359.98	1392
uu-1.0	2.45	0.810	85.1	29.20	1354.71	1392
uu-1.5	2.45	0.810	83.1	29.20	1356.01	1392



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCCE-2002)**

Proyecto:	Vialidad y barda perimetral		
Ubicación:	<u>x=502162.20 y=2184812.74</u>	Descripción:	<u>SC</u>
Muestra:	<u>TX-10</u>	Fecha:	<u>2021-03-09</u>
Profundidad:	<u>-</u>	Operador:	<u>-</u>

Prueba No.	Contenido de agua W (%)	Peso vol. ton/m ³	Esfuerzo de σ_3 (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante $\tau_{m\acute{a}x}$	Ángulo de fricción φ (°)	Cohesión c(kg/cm ²)
uu-0.50	26.96	1726.63	0.5	1.720	34	0.6
uu-1.0	28.12	1735.65	1.00	2.140		
uu-1.5	27.47	1728.50	1.5	3.002		



**COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)**



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.2 y=2184812.74 **Descripción:** SC
Muestra: TX-10 **Fecha:** 2020-12-14
Profundidad: - **Operador:** 0

Datos de probeta No.3	
H ₀ (cm)	9.139
D ₀ (cm)	3.60
A ₀ (cm)	10.20
σ ₃ (kg/cm) ²	1.50

Carga P (kg)	Desplazamiento δ (mm)	Def. unitaria axial ε (mm/mm)	Área corregida A _c (cm ²)	Esfuerzo desviador Δσ (kg/cm ²)	radio (cm)	d(cm)	Def. unitaria lateral ε (mm/mm)	v
0.00	0.0000	0.0000	10.1957	0.0000	1.802	3.603	0.000	0.000
0.85	0.1000	0.0011	10.2069	0.0829	1.802	3.605	-0.001	0.500
1.06	0.2000	0.0022	10.2181	0.1038	1.803	3.607	-0.001	0.501
1.27	0.3000	0.0033	10.2293	0.1246	1.804	3.609	-0.002	0.501
1.49	0.4000	0.0044	10.2406	0.1454	1.805	3.611	-0.002	0.502
4.69	0.5000	0.0055	10.2518	0.4575	1.806	3.613	-0.003	0.502
9.38	0.6000	0.0066	10.2631	0.9141	1.807	3.615	-0.003	0.502
13.86	0.7000	0.0077	10.2744	1.3488	1.808	3.617	-0.004	0.503
18.13	0.8000	0.0088	10.2858	1.7627	1.809	3.619	-0.004	0.503
22.39	0.9000	0.0098	10.2971	2.1747	1.810	3.621	-0.005	0.504
26.67	1.0000	0.0109	10.3085	2.5868	1.811	3.623	-0.006	0.504
30.93	1.1000	0.0120	10.3199	2.9969	1.812	3.625	-0.006	0.505
35.62	1.2000	0.0131	10.3314	3.4476	1.813	3.627		
39.25	1.3000	0.0142	10.3429	3.7948	1.814	3.629		
43.08	1.4000	0.0153	10.3543	4.1609	1.815	3.631		
46.07	1.5000	0.0164	10.3659	4.4445	1.816	3.633		
48.84	1.6000	0.0175	10.3774	4.7068	1.817	3.635		
51.19	1.7000	0.0186	10.3890	4.9273	1.818	3.637		
53.11	1.8000	0.0197	10.4006	5.1062	1.820	3.639		
55.01	1.9000	0.0208	10.4122	5.2836	1.821	3.641		
56.50	2.0000	0.0219	10.4238	5.4205	1.822	3.643		
57.78	2.1000	0.0230	10.4355	5.5366	1.823	3.645		
58.84	2.2000	0.0241	10.4472	5.6319	1.824	3.647		
59.69	2.3000	0.0252	10.4590	5.7075	1.825	3.649		
60.33	2.4000	0.0263	10.4707	5.7615	1.826	3.651		
60.97	2.5000	0.0274	10.4825	5.8163	1.827	3.653		
61.60	2.6000	0.0284	10.4943	5.8700	1.828	3.655		
62.03	2.7000	0.0295	10.5061	5.9041	1.829	3.657		
62.45	2.8000	0.0306	10.5180	5.9372	1.830	3.659		
62.66	2.9000	0.0317	10.5299	5.9509	1.831	3.662		
63.09	3.0000	0.0328	10.5418	5.9848	1.832	3.664		
63.09	3.1000	0.0339	10.5537	5.9780	1.833	3.666		
63.30	3.2000	0.0350	10.5657	5.9915	1.834	3.668		
63.52	3.3000	0.0361	10.5777	6.0049	1.835	3.670		
63.72	3.4000	0.0372	10.5897	6.0174	1.836	3.672		
63.72	3.5000	0.0383	10.6018	6.0105	1.837	3.674		
63.72	3.6000	0.0394	10.6138	6.0037	1.838	3.676		

COMPRESIÓN TRIAXIAL UU
(NMX-C-432-ONNCE-2002)



Proyecto: Vialidad y barda perimetral
Ubicación: x=502162.20 y=2184812.74 **Descripción:** SC
Muestra: TX-10 **Fecha:** 2020-12-14
Profundidad: - **Operador:** -

	Probeta No.		
	1	2	3
v	0.50	0.50	0.50
v prom	0.50		

