

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Tema: Caracterización de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Subrasante de la vía Santo Domingo - Los Bancos, desde la abscisa ubicada en Latitud: $0^{\circ}14'05''$ S Longitud: $79^{\circ}08'04''$ O hasta la Latitud: $0^{\circ}13'49''$ S Longitud: $79^{\circ}07'28''$ O.

AUTORES:

Luis Mateo Cazares Moncayo

José Sebastián Iguago Freire

DIRECTOR:

MGTR. ING. JUAN CARLOS MONTERO PARDO

QUITO DM, AGOSTO DE 2023

Contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Justificación	1
1.2. Planteamiento Del Problema	1
1.3. Objetivos	1
1.3.1. Objetivo General:	1
1.3.2. Objetivos Específicos:	1
1.4. Alcance.	2
2. Fundamentación Teórica.....	2
2.1. Descripción de Compactación con Proctor Modificado	2
2.1.1. Definición y conceptualización Compactación con Proctor Modificado.	2
2.1.2. Procedimientos para la toma de muestras de campo.	2
2.1.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo de Compactación con Proctor modificado (ASTM D 1557).	3
2.2. Descripción Ratio de Soporte California.	5
2.2.1. Definición y conceptualización del CBR.	5
2.2.2. Procedimiento para la toma de muestras de campo.....	6
2.2.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo CBR (ASTM D-1883)..	6
2.3. Descripción de la Clasificación SUCS.	6
2.3.1. Procedimiento para la toma de muestras de campo.....	6
2.3.2. Descripción de los grupos y subgrupos de suelos.	7
2.4. Descripción Clasificación AASHTO.....	10
2.4.1 Procedimiento para la toma de muestras de campo.....	10
2.4.1. Descripción los grupos y subgrupos de suelos.	10
2.5. Descripción Gravedad Específica	12
2.5.1. Definición y conceptualización de la Gravedad Específica.	12
2.5.2. Procedimientos para la toma de muestras de campo.	12

2.5.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo de Gravedad Específica. (ASTM D-854).....	13
3. Trabajos In Situ.....	15
3.1. Toma de muestras para ensayo de Compactación y CBR.	15
3.2. Toma de muestras para clasificación SUCS, AASHTO y ensayo de Gravedad Específica.	16
4. Ensayos de laboratorio.....	16
4.1. Preparación de la muestra.	16
4.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO.	16
4.2. Resumen resultados Clasificación SUCS y AASHTO.	18
4.3. Resultados Ensayo de Gravedad Específica ASTM D 854.	30
4.4. Resultados Ensayo de Compactación con Proctor Modificado ASTM D 1557. ...	30
4.4.1. P1.....	30
4.4.2. P2.....	30
4.4.3. P3.....	31
4.4.4. P4.....	31
4.5. Resultados Ensayo de CBR ASTM D 1883.	32
4.5.1. P1.....	32
4.5.2. P2.....	32
4.5.3. P3.....	33
4.5.4. P4.....	33
5. Análisis de resultados.....	34
5.1. Presentación de resultados.	34
5.1.1. Ubicación de las muestras.	34
5.1.2. Propiedades físicas.	35
5.1.3. Propiedades mecánicas.	37
5.1.4. Perfil del Suelo.	37

6. Conclusiones y Recomendaciones.....	37
6.1. Conclusiones.....	38
6.2. Recomendaciones.....	38
7. Bibliografía.....	39
8. Anexos.....	39
8.1. Anexo A.....	39
8.2. Anexo B.....	42
8.3. Anexo C.....	46

Índice de Figuras

Figura 2.1: Golpes Proctor Modificado 4
Figura 2.2: Carta de Plasticidad de Casagrande 9
Figura 2.3: Clasificación AASHTO 10
Figura 5.1: Perfil Longitudinal 34
Figura 5.2: Perfil del Suelo 37

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Características previas	7
Tabla 2.2: Clasificación de Suelos	7
Tabla 2.3: Clasificación de Suelos de grano grueso	8
Tabla 2.4: Subclasificación de gravas	8
Tabla 2.5: Subclasificación de arenas	8
Tabla 2.6: Suelos finos $LL < 50\%$	9
Tabla 2.7: Suelos finos $LL > 50\%$	10
Tabla 2.8: Clasificación AASHTO	10
Tabla 2.9: Masa mínima Gravedad Especifica	12
Tabla 3.1: Espaciamiento para Muestreo	15
Tabla 5.1: Ubicación de las muestras	34
Tabla 5.2: Resumen Propiedades Físicas-SUCS	35
Tabla 5.3: Resumen Propiedades Físicas-AASHTO	36
Tabla 5.4: Resumen Propiedades Mecánicas	37
Tabla 6.1: Resumen CBR	38

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.1: Volumen de Calibración del Picnómetro 13
Ecuación 2.2: Masa del Picnómetro 14
Ecuación 2.3: Gravedad Específica de los Sólidos 15

1. Introducción.

1.1. Justificación.

La infraestructura vial es fundamental para el desarrollo urbano y regional. Una vía en buen estado mejora la conectividad y el acceso a áreas clave, lo que impulsa el crecimiento económico y social. La vía Santo Domingo- Los Bancos es un tramo de la troncal de la Costa (E25) que conecta la provincia de Pichincha con la de Santo Domingo, este mal estado de la vía no solo causa incomodidades a los usuarios, sino que también plantea serias preocupaciones en términos de seguridad vial y eficiencia de la red de transporte. El presente estudio proporcionara las características del material de subrasante para el futuro diseño de la vía.

1.2. Planteamiento Del Problema.

Las vías de transporte, como la carretera Santo Domingo-Los Bancos, está experimentando un deterioro notable en su estado y calidad. Este empeoramiento se refleja en la capa de rodadura de la carretera, la cual ha mostrado señales de deformación, hundimiento y desgaste prematuro.

Los factores que podrían estar contribuyendo significativamente a este problema es la calidad y composición del material de subrasante que sustenta la carretera. Debido a la ausencia de información detallada y actualizada sobre las características de este suelo específico, es imperativo llevar a cabo una investigación que caracterice de manera integral las propiedades físicas y mecánicas del suelo para el futuro diseño de la vía.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General:

Caracterización de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Material de Subrasante de la vía Santo Domingo - Los Bancos, desde la abscisa ubicada en Latitud: 0°14'05" S Longitud: 79°08'04" O hasta la Latitud: 0°13'49" S Longitud: 79°07'28" O.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades mecánicas de material de subrasante mediante ensayos de compactación y CBR de acuerdo con las normas vigentes.
- Determinar las propiedades físicas del material de subrasante mediante ensayos de: granulometría, gravedad específica, humedad y límites de Atterberg, de acuerdo con las normas vigentes.

1.4. Alcance.

Este estudio tiene como propósito caracterizar el material de subrasante en la vía Santo Domingo - Los Bancos en el sector Río Toachi, desde el km 4 hasta el km 5.5. Para esto se determinarán las propiedades mecánicas del suelo mediante el CBR (ASTM D-833), para realizar el ensayo de CBR es necesario conocer la densidad seca máxima y la humedad óptima por lo que se realizara un ensayo de Compactación con Proctor modificado (ASTM D-1557), las propiedades físicas se determinaran mediante la clasificación SUCS y AASHTO, para realizar la clasificación se realizaran ensayos de Granulometría (ASTM D-422) ,Límites de Atterberg (ASTM D-4318) y Gravedad específica (ASTM D-854), en ningún caso el presente estudio tiene como propósito diseñar la vía.

2. Fundamentación Teórica.

2.1. Descripción de Compactación con Proctor Modificado

2.1.1. Definición y conceptualización Compactación con Proctor Modificado.

La compactación con Proctor modificado es la relación que existe entre la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo presente en los suelos cuando se compacta en moldes y con martillos debidamente estandarizados. (ASTM D-1557, 2017)

La norma propone 4 métodos diferentes para la correcta ejecución del ensayo en función del tamaño de la partícula. De esta manera, se puede optar por las siguientes alternativas:

- Método A: Se usa un molde de 4 pulgadas, el material tiene que pasar la malla N°4, se compone de 5 capas que cada una recibe 25 golpes. Se usa si el 25% del material o menos es retenido por la malla N°4
- Método B: Se usa un molde de 4 pulgadas, el material tiene que pasar la malla de 3/8 de pulgada, se compone de 5 capas que cada una recibe 25 golpes. Se usa si el 25% del material o menos es retenido por la malla 3/8 de pulgada.
- Método C: Se usa un molde de 6 pulgadas, el material tiene que pasar la malla ¾ de pulgada, se compone de 5 capas que cada una recibe 56 golpes. Se usa si el 30% o menos del material es retenido.

2.1.2. Procedimientos para la toma de muestras de campo.

Según la Guía de Recomendaciones D-420, recomienda realizar la toma e identificación de muestras para los ensayos mediante el proceso que se detalla a continuación:

- 1) Realizar un reconocimiento del área y establecer puntos viables para la obtención de muestras.
- 2) Verificar que el material no sea de relleno en caso de serlo se debe reportar.

- 3) Herramientas manuales de perforación, maquinaria excavadora, palas y muestreadores de tubo de empuje son apropiados para investigar la composición de suelos en capas superficiales, a profundidades que oscilan entre 3 y 15 pies (1 a 5 m).
- 4) Obtener muestras que sean representativas de cada profundidad de estudio, el tamaño de la muestra depende del ensayo a realizarse, por lo que se recomienda revisar el tamaño mínimo de muestra en cada ensayo, en este caso la masa recomendable según la norma es la siguiente: para el método A y B es de 23 kg y 45 kg.
- 5) Identificar la muestra con precisión del punto de la que se tomó y la profundidad. Colocar una etiqueta de identificación a prueba de agua.
- 6) Las muestras para los ensayos de Proctor modificado y CBR pueden ser muestras alteradas, tomando en cuenta que es importante colocar la muestra en recipientes totalmente sellados para no perder el contenido de humedad natural.

2.1.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo de Compactación con Proctor modificado (ASTM D 1557).

Espécimen de Prueba

La fracción mínima de masa para la realización del ensayo mediante el Método A y B es de 16 kg, mientras que para el Método C es de 29 kg de suelo seco. Para seleccionar que método se va a usar es necesario tamizar la masa de suelo por los tamices N°4, 3/8 y 3/4 de pulgada respectivamente, con la finalidad de tener un porcentaje de referencia. (ASTM D-1557, 2017)

Preparación del Aparato

De acuerdo con el método se selecciona el molde a usar. Es necesario comprobar: a) si el volumen de este es conocido, b) si el molde se une correctamente con la base, c) si está libre de golpes, y d) verificar si las partes no están sueltas o gastadas.

Procedimiento

Preparación Seca

De acuerdo con (ASTM D-1557, 2017), esta forma de preparación es necesario para trabajar en el material cuando este se encuentra demasiado húmedo. Para poder hacer el ensayo adecuadamente es necesario secar el material, para lo cual se usan dos formas de secado: a) se lo deja en la intemperie, y b) se hace el uso de aparatos como hornos que no excedan los 60°C.

Una vez seco el material y con el método designado, en este caso el método A, se tamiza el material suficiente mediante la malla N°4. Con esta masa de suelo tamizada hay que preparar

una serie de por lo menos cuatro muestras, aunque por recomendación siempre se hacen cinco muestras, para que el contenido de humedad de cada una de estas se aproxime 1,5% entre ellas. El contenido de humedad que se selecciona debe incluir el óptimo, para que cuando sean compactados, los diferentes especímenes vayan aumentando en masa y así también se incremente la densidad hasta llegar a la máxima, para que finalmente decrezca.

Preparación Húmeda

Es un método alternativo de preparación del material, en el cual no es necesario secar la masa de suelo con anticipación. En esta preparación, la muestra tal como es extraída se la debe tamizar por la malla N°4, y preparar al menos cuatro especímenes, aunque de igual manera es preferible contar con 5 muestras, de las cuales sus contenidos de humedad deben variar entre ellas un 1,5%, y entre estas se debe incluir el contenido de humedad óptimo.

En esta preparación al igual que la anterior descrita, las muestras tienen que ir subiendo en masa hasta llegar a la densidad máxima para después ir decreciendo.

Para contar con el contenido de humedad apropiado en cada ejemplar de debe aumentar agua, la cual es previamente determinada, o disminuirla a través del secado por aire o por aparatos mecánicos que no excedan los 60 °C.

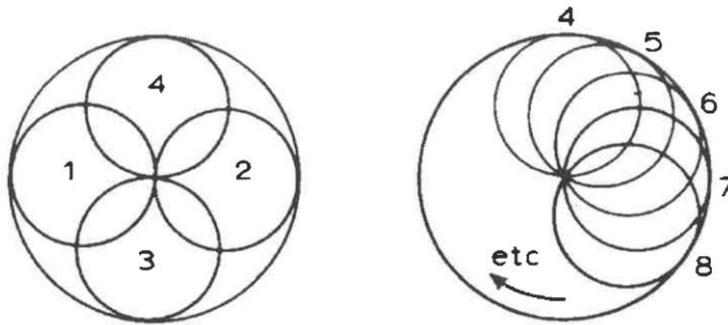
Compactación del Espécimen

Después de haber reposado la muestra, se siguen los pasos explicados a continuación:

- 1) Se registra la masa del molde seleccionado
- 2) Se asegura el molde con su respectivo collar a la base para que estos se encuentren alineados. De tal forma, que el conjunto se asiente en un apoyo lo suficientemente rígido durante todo el proceso sin sufrir ninguna perturbación y que sea fácil de retirar cuando se acabe el proceso.
- 3) De cada molde se recomienda sacar el contenido de humedad de cada muestra a compactarse
- 4) El suelo en cada molde debe compactarse en 5 capas. Después de cada compactación, las cinco capas de suelo deben tener aproximadamente el mismo espesor y la última capa no debe sobrepasar el borde superior del collar.
- 5) Cada una de estas capas debe ser impactada por 25 golpes, de tal modo que el martillo se encuentre totalmente vertical sin que exceda 5°, a una velocidad constante de 25 golpes por minuto, de tal modo que se cubra toda la superficie del molde con estos golpes.

Figura 2.1: Golpes Proctor |Modificado|

Comentado [GY1]: Figuras, cuadros, tablas y ecuaciones se enumeran de acuerdo al capítulo. Ejemplo Figura 2.1 Golpes.....



Fuente: (ASTM D-1557, 2017)

- 6) Luego de la última capa de compactación, se remueve la base y el collar del molde. Para que quede uniforme el material es necesario mediante alguna herramienta enrasar la parte superior e inferior del molde
- 7) Si al hacer una inspección visual se encuentra huecos en el material compactado en la parte superior o inferior del molde, se puede rellenar los mismos mediante suelo no usado pero perteneciente al espécimen, este se lo presiona con los dedos y luego se enrasa. Se repite el proceso hasta que quede sin ningún hueco
- 8) Registrar la masa del molde con el suelo
- 9) Repetir el proceso en cada uno de los especímenes
- 10) Con los datos obtenidos, comparar los resultados para verificar si se obtuvo el esquema de datos deseado. Si no se obtiene el patrón deseado, se tiene que añadir más puntos.

2.2. Descripción Ratio de Soporte California.

2.2.1. Definición y conceptualización del CBR.

El Ratio de Soporte California, por sus siglas en inglés conocido como CBR, es la medida que relaciona la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, el cual está bajo ciertas condiciones de densidad y humedad debidamente controladas.

De este modo, el CBR es un índice de la resistencia portante de un suelo compactado con un pistón circular a una ratio constante de penetración en el suelo midiendo la fuerza. El CBR es la relación de la fuerza unitaria sobre el pistón requerida para penetrar 0,1 pulgadas (3 mm) y 0,2 pulgadas (5 mm) del material de prueba a la unidad fuerza requerida para penetrar un material estándar de buena calidad. grava. (ASTM D-1883, 2021)

2.2.2. Procedimiento para la toma de muestras de campo.

Las muestras por utilizarse en la ejecución del ensayo del California Bearing Ratio, CBR, son las mismas muestras obtenidas para realizar el ensayo de Proctor Modificado, por lo que se recomienda revisar el procedimiento descrito en el numeral 2.1.2.

2.2.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo CBR (ASTM D-1883).

Para la preparación de la muestra es necesario contar con el contenido de humedad óptima y la densidad máxima que se obtiene del ensayo ASTM D-1557, y ser compactado al menos con el 95% de esta.

De acuerdo con la norma ASTM D-1883, se necesita una prensa de penetración CBR, que consiste en un pistón, una carga y una plataforma de penetración. Además, se requiere una placa base y un dial de lectura. Se coloca la muestra en el molde CBR y se aplica una carga estándar al pistón, que penetra en la muestra a una velocidad específica (2.54 mm por minuto). La carga y la penetración se registran continuamente.

El CBR se calcula dividiendo la carga requerida para producir una penetración específica en la muestra (generalmente 2.54 mm o 5.08 mm) por la carga necesaria para producir la misma penetración en una muestra de referencia estandarizada. El resultado del ensayo CBR se informa como un porcentaje, donde un CBR del 100% se asigna a la muestra de referencia estándar, y los valores más bajos indican una menor resistencia del suelo a la penetración. (ASTM D-1883, 2021)

2.3. Descripción de la Clasificación SUCS.

2.3.1. Procedimiento para la toma de muestras de campo.

Según la Guía de Recomendaciones D-420, se recomienda realizar la toma e identificación de muestras para los ensayos mediante el proceso que se detalla a continuación:

- 1) Se debe realizar un reconocimiento del área y establecer puntos viables para la obtención de muestras.
- 2) Se debe verificar que el material no sea un de relleno en caso de serlo se debe reportar.
- 3) Herramientas manuales de perforación, maquinaria excavadora, palas y muestreadores de tubo de empuje son apropiados para investigar la composición de suelos en capas superficiales, a profundidades que oscilan entre 3 y 15 pies (1 a 5 m).
- 4) Obtener muestras que sean representativas de cada profundidad de estudio, el tamaño de la muestra depende del ensayo a realizarse, por lo que se recomienda revisar el tamaño

mínimo de muestra en cada ensayo, en caso de la muestra ser menor a la mínima del ensayo, pero se debe incluir un reporte especial.

- 5) Se debe identificar la muestra con precisión del punto de la que se tomó y la profundidad. Colocar una etiqueta de identificación a prueba de agua.
- 6) Las muestras para clasificación SUCS pueden ser muestras alteradas, pero al rato de la toma es importante colocar la muestra en recipientes totalmente sellados para no perder el contenido de agua natural

2.3.2. Descripción de los grupos y subgrupos de suelos.

Para realizar la clasificación SUCS se debe conocer las siguientes características del suelo:

Tabla 2.1: Características previas

Parámetros	Definición	Ensayo
Granulometría	Es la medición de la distribución de los tamaños de las diferentes partículas de un suelo. De este ensayo se obtiene: Cu: Coeficiente de uniformidad Cc: Coeficiente de curvatura	ASTM D 422
Límite líquido	Es el contenido de agua en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado semilíquido	ASTM D 4318
Límite plástico	Es el contenido de agua en el cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico	ASTM D 4318
Índice Plástico	Es el contenido de agua en el cual el suelo es plástico	ASTM D 4318

Fuente: Autores

La clasificación SUCS divide al suelo principalmente en dos grandes grupos: suelos de grano fino y suelos de grano grueso. Se categoriza de la siguiente manera, si el material pasante por el tamiz # 200 es menor al 50 %, el suelo se considerará de grano grueso, caso contrario el suelo será considerado de grano fino. (ASTM D-2487, 2011)

Tabla 2.2: Clasificación de Suelos

Material pasante el tamiz #200	Tipo de suelo
< 50%	Grano grueso
> 50%	Grano fino

Fuente: Autores

a) Suelos de grano grueso:

Los suelos de grano grueso se dividen en arenas y gravas, para esto se utiliza el tamiz #4.

Tabla 2.3: Clasificación de Suelos de grano grueso

Material pasante de la fracción gruesa por el tamiz #4	Tipo de suelo
< 50%	Arena
> 50%	Grava

Fuente: Autores

Las gravas se subclasifican de la siguiente manera:

Tabla 2.4: Subclasificación de gravas

Símbolo	Clasificación		Grupo
GW	Menos de 5% pasa el tamiz #200	Cu mayor que 4 Cc entre 1 y 3	Grava bien gradada
GP	Menos de 5% pasa el tamiz #200	No satisfacen requisitos para GW	Grava mal gradada
GM	Mas de 12% pasa el tamiz #200	Limites en figura 1 por debajo de la línea A o IP menor a 4	Grava limosa
GC	Mas de 12% pasa el tamiz #200	Limites en figura 1 por arriba de la línea A o IP mayor a 7	Grava arcillosa

Fuente: Autores

Para limites arriba de la línea A (figura 1) y I.P entre 7 y 4 se utilizan símbolos dobles.

Las arenas se subclasifican de la siguiente manera:

Tabla 2.5: Subclasificación de arenas

Símbolo	Clasificación		Grupo
SW	Menos de 5% pasa el tamiz #200	Cu mayor que 6 Cc entre 1 y 3	Arena bien gradada
SP	Menos de 5% pasa el tamiz #200	No satisfacen requisitos para SW	Arena mal gradada
SM	Mas de 12% pasa el tamiz #200	Limites en figura 1 por debajo de la línea A o IP menor a 4	Arena limosa

SC	Mas de 12% pasa el tamiz #200	Limites en figura 1 por arriba de la línea A o IP mayor a 7	Arena arcillosa
----	-------------------------------	---	-----------------

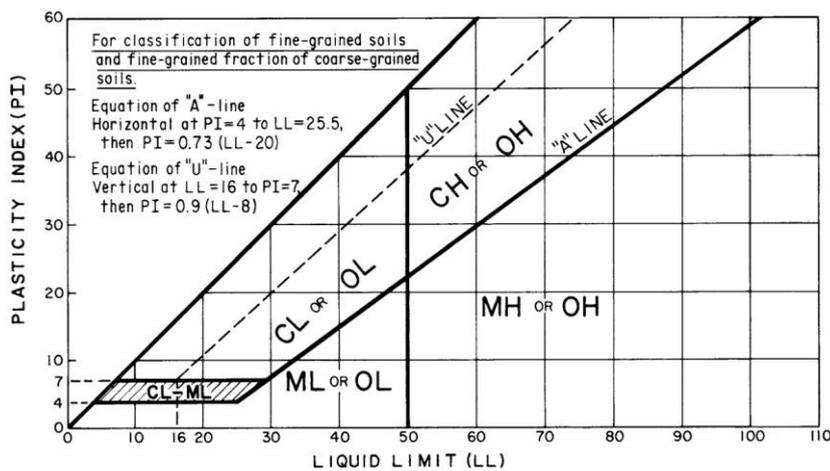
Fuente: Autores

Para limites arriba de la línea A (Figura 2) y I.P entre 7 y 4 se utilizan símbolos dobles.

b) Suelos de grano fino:

Los suelos de grano fino se dividen en función de su límite líquido para su clasificación se usa la carta plasticidad (Figura 2), de manera simplificada se puede realizar lo siguiente: para Limites líquidos menores al 50% usar la TABLA 6, caso contrario usar la TABLA 7.

Figura 2.2: Carta de Plasticidad de Casagrande



Fuente: (ASTM D-2487, 2011)

Tabla 2.6: Suelos finos LL<50%

Característica	Grupo	Símbolo
I.P menor a 4 o bajo la línea A (figura1)	Limo de baja compresibilidad	ML
I.P mayor a 7 y en la línea A o por encima de ella (figura1)	Arcilla de baja compresibilidad	CL
I.P entre 4 y 7 y en la línea A o por encima de ella (figura1)	Arcilla limosa	CL-ML
I.P menor a 4 o bajo la línea A (figura1)	Limo orgánico	OL
I.P mayor a 4 y en la línea A o por encima de ella (figura1)	Arcilla orgánica	OL

Fuente: Autores

Tabla 2.7: Suelos finos LL>50%

Característica	Grupo	Símbolo
Bajo la línea A (figura1)	Limo de alta compresibilidad	MH
En la línea A o por encima de ella (figura1)	Arcilla de alta compresibilidad	CH
Bajo la línea A (figura1)	Limo Orgánico	OH
En la línea A o por encima de ella (figura1)	Arcilla Orgánica	OH

Fuente: Autores

2.4. Descripción Clasificación AASHTO.

2.4.1 Procedimiento para la toma de muestras de campo.

Las muestras utilizadas para realizar la clasificación SUCS son las mismas que se usaron para la clasificación AASHTO por lo que se recomienda revisar el procedimiento de extracción de muestras del numeral 2.3.1

2.4.1. Descripción los grupos y subgrupos de suelos.

Según la AASHTO, los suelos se clasifican en grupos que van desde el A-1 hasta el A-8, los suelos de grano grueso (35% o menos pasa el tamiz #200) son los grupos desde el A-1 al A-3 y los suelos de grano fino (más de 35% pasa el tamiz #200) son los grupos desde el A-4 al A-7, el grupo A-8 son considerados turbas.

A continuación, se presenta una tabla indicativa de cómo se clasifican los grupos y subgrupos, según la granulometría y los límites de Atterberg.

Tabla 2.8: Clasificación AASHTO

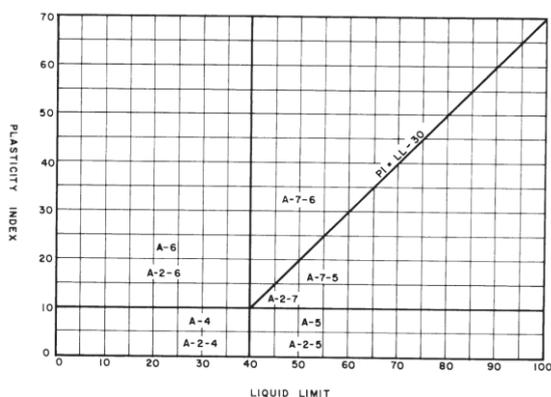
General Classification	Granular Materials (35 % or less passing No. 200)							Silt-Clay Materials (More than 35 % passing No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Group classification	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5, A-7-6
Sieve analysis, % passing:											
No. 10 (2.00 mm)	50 max	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425 µm)	30 max	50 max	51 min	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75 µm)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing											
No. 40 (425 µm):											
Liquid limit	...	...	...	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plasticity index	6 max	...	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min ^A
Usual types of significant constituent materials	Stone Fragments, Gravel and Sand	...	Fine Sand	Silty or Clayey Gravel and Sand				Silty Soils		Clayey Soils	
General rating as subgrade	Excellent to Good							Fair to Poor			

^A Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30 (see Fig. 1).

Fuente: (ASTM D-3282, 2015)

También es necesario determinar los índices para subclasificar los suelos, esto se realiza con el siguiente gráfico:

Figura 2.3: Clasificación AASHTO



Fuente: (ASTM D-3282, 2015)

Según la norma (ASTM D-3282, 2015) los grupos de suelos según la clasificación AASHTO se caracterizan de la siguiente manera:

A-1: Este es un suelo que tiene una mezcla bien graduada de grava, arena fina o gruesa, es un material que posee poca o nula plasticidad.

A-1-a: Parte del grupo anterior y es un suelo con un mayor contenido de grava.

A-1-b: Parte del grupo anterior y es un suelo con un mayor contenido de arena gruesa.

A-2: Este suelo tiene una gran variedad de contenido de materiales granulares, se constituye como una transición entre el grupo A-1 y el A-3.

A-2-4 y A-2-5: Parte del grupo anterior suelos granulares que tienen material fino perteneciente al grupo A-4 y A-5 respectivamente.

A-2-6 y A-2-7: Parte del grupo anterior suelos granulares que tienen material fino arcilloso perteneciente al grupo A-6 y A-7 respectivamente.

A-3: Este material se constituye por arena fina, no posee material fino como limos o arcillas, o con una cantidad muy pequeña de limos no plásticos.

A-4: Es un limo plástico o no plástico, se incluye también aquí mezcla de limo con arena y gravas, la parte retenida en el tamiz #200, no debe pasar el 64%.

A-5: Es un suelo muy parecido al anterior solo que este tiene la característica de que el material fino lleva mica o esqueletos de diatomeas, por lo que los límites son más altos.

A-6: Es una arcilla plástica, también se incluye suelos arcillosos con mezclas de grava y arena, la parte retenida en el tamiz #200, no debe pasar el 64%.

A-7: Es una arcilla plástica, pero con un límite líquido demasiado alto, esto indica la presencia de mica o esqueletos de diatomeas, también puede ser una mezcla de limo y arena de alta plasticidad, la parte retenida en el tamiz #200, no debe pasar el 64%.

A-7-5: Suelos cuyo índice de plasticidad es relativamente pequeño a comparación del límite líquido, estos suelos presentan cambios de volumen

A-7-6: Suelos cuyo índice de plasticidad es relativamente pequeño a comparación del límite líquido, a diferencia del anterior los cambios de volumen son demasiado grandes.

A-8: Este suelo es una turba compuesta de material orgánico, su compresibilidad es grande.

2.5. Descripción Gravedad Específica

2.5.1. Definición y conceptualización de la Gravedad Específica.

La gravedad específica de los suelos denominada G_s es la relación que existe entre la densidad del suelo (masa sobre volumen) para la densidad del agua destilada a una temperatura de 20 ° C. (ASTM D-854, 2014)

La gravedad específica es de vital importancia en la geotecnia, ya que da una idea sobre la porosidad y la compacidad que tiene dicho material, una gravedad específica menor a 1 indica que el material es menos denso que el agua, este puede ser el caso de suelos muy porosos y una gravedad específica mayor a 1 indica que el material es más denso que el agua, por tanto, es un material más pesado en el que sus partículas están más unidas.

2.5.2. Procedimientos para la toma de muestras de campo.

Las muestras utilizadas para realizar el ensayo de Gravedad Específica son las mismas que se usaron para la clasificación SUCS por lo que se recomienda revisar el procedimiento de extracción de muestras del numeral 2.3.1

La muestra para el ensayo debe ser representativa, además de pasar por el tamiz #4, la muestra puede ser a su humedad natural o seca al horno.

La masa mínima para usarse se muestra a continuación:

Tabla 2.9: Masa mínima Gravedad Específica

Tipo de suelo	Masa de la muestra seca (g), picnómetro de 250 mL	Masa de la muestra seca (g), picnómetro de 500 mL
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o Arcilla	35 ± 5	50 ± 5

Fuente: (ASTM D-854, 2014).

2.5.3. Explicación detallada del procedimiento del ensayo de Gravedad Específica. (ASTM D-854)

Procedimiento para la determinación de la Gravedad Específica de un suelo según la norma (ASTM D-854, 2014).

Calibración del picnómetro.

- 1) Pesar el picnómetro limpio y seco en una balanza de precisión
- 2) Lavar y enjuagar el picnómetro para asegurarse de que este limpio de impurezas con agua destilada.
- 3) Hervir el agua contenida en el picnómetro a baño María y agitar periódicamente hasta remover el aire.
- 4) Enfriar el picnómetro en un recipiente hasta una temperatura entre y 15 y 30 ° C al menos por 3 horas.
- 5) Ajustar el agua con una pipeta hasta el nivel de calibración.
- 6) Con el termómetro registrar la temperatura y registrar la masa del picnómetro lleno de agua.
- 7) Regresar al picnómetro al recipiente y repetir la medición hasta obtener al menos 5 medidas de calibración.
- 8) Calcular el volumen del picnómetro las 5 veces y la temperatura relacionar un gráfico que relacione al volumen del picnómetro con la temperatura del ensayo.

Ecuación 2.1: Volumen de Calibración del Picnómetro

$$V_p = \frac{(M_{pw,c} - M_p)}{\rho_{w,c}}$$

Donde:

V_p : Volumen de calibración del picnómetro (mL)

$M_{pw,c}$: Masa del picnómetro lleno de agua (g)

M_p : Masa del picnómetro seco (g)

$\rho_{w,c}$: Densidad del agua a la temperatura de calibración ($\frac{g}{mL}$)

Método A muestras húmedas.

- 1) Determinar el contenido de humedad de la muestra en base a eso calcular la masa seca de la muestra en base a lo descrito en la TABLA 8.

Comentado [GY2]: Enumerar ecuación de acuerdo al capítulo

- 2) Poner en un recipiente 100 mL de agua destilada agregar el suelo y mezclar.
- 3) Verter la mezcla en el picnómetro con un embudo, asegurarse que todo el suelo caiga al picnómetro.
- 4) Agregar agua destilada hasta que el nivel este entre 1/2 a 1/3 de la altura del picnómetro.
- 5) Agitar el agua hasta formar completamente la mezcla, remover el aire atrapado haciendo hervir la mezcla durante dos horas mientras se agita el picnómetro frecuentemente.
- 6) Agregar agua al picnómetro hasta la marca de calibración y secar cualquier gota de agua que este en el exterior del picnómetro.
- 7) Introducir el termómetro y medir la temperatura de la mezcla.
- 8) Pesar el picnómetro con suelo y agua.
- 9) Verter la mezcla del picnómetro en un recipiente y secar al horno luego de que esta seca registrar la masa seca del suelo.

Método B muestras secadas al horno.

- 1) Secar la muestra al horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hasta obtener una masa constante y después dejarla enfriar.
- 2) Disgregar el material.
- 3) Pesar la muestra de suelo y comparar con la masa mínima seca de la TABLA 8.
- 4) Poner el suelo en el picnómetro con un embudo haciendo que todo el suelo caiga al fondo.
- 5) Repetir el mismo procedimiento que el método A desde el numeral d.

Cálculos:

Ecuación 2.2: Masa del Picnómetro

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p - \rho_{w,t})$$

Donde:

$M_{pw,t}$: Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo (g)

V_p : Volumen del picnómetro obtenido de la curva de calibración (mL)

M_p : Masa del picnómetro seco (g)

$\rho_{w,t}$: Densidad del agua a la temperatura del ensayo ($\frac{g}{mL}$)

Ecuación 2.3: Gravedad Específica de los Sólidos

$$G_t = \frac{M_s}{(M_{pw,t} - (M_{pwc,t} - M_s))}$$

Donde:

G_t : Gravedad específica de los sólidos del suelo (g/cm³)

M_s : Masa seca de la muestra (g)

$M_{pw,t}$: Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo (g)

$M_{pwc,t}$: Masa del picnómetro, del agua y de la muestra ($\frac{g}{mL}$)

3. Trabajos In Situ.

3.1. Toma de muestras para ensayo de Compactación y CBR.

De acuerdo con (Das, 2001), la toma de muestras para CBR se realiza cada 250 a 500 metros según se estime conveniente. Por lo cual, considerando las condiciones del sector se estimó prudente escoger el máximo recomendable para muestreos en carreteras. A continuación, se presenta la tabla para muestreo de suelos en obras civiles:

Tabla 3.1: Espaciamiento para Muestreo

Tipo de proyecto	Espaciamiento (m)
Edificios multipisos	10-30
Edificio industrial de una planta	20-60
Carreteras	250-500
Presas y diques	40-80

Fuente: (Das, 2001)

En este trabajo de investigación, para los puntos determinados con anterioridad, se procedió con la toma de muestras alteradas para el ensayo de compactación y CBR, siguiendo el proceso descrito a continuación:

- 1) Se estableció el punto de muestreo y se tomó las coordenadas para georreferenciar.
- 2) Se realizó una calicata cuadrangular de 1.5 metros x 1.5 metros

- 3) Excavación manual hasta una altura de 0.5 metros mínimo, en caso de existir presencia de material orgánico, se incrementó la profundidad hasta no presenciarse, todas las profundidades fueron reportadas en la descripción de la muestra
- 4) Extracción manual de las muestras a una profundidad de 0.5 metros y posterior almacenamiento en una funda impermeable para no perder humedad.
- 5) Cada muestra fue almacenada en una funda impermeable para no perder la humedad natural, además se etiquetó cada muestra.
- 6) Se obtuvo aproximadamente 70 kg por cada punto de muestra, lo que se considera suficiente para los ensayos anteriormente mencionados.

3.2. Toma de muestras para clasificación SUCS, AASHTO y ensayo de Gravedad Específica.

En este trabajo de investigación, para los puntos determinados con anterioridad, se procedió con la toma de muestras alteradas para las clasificaciones SUCS y AASHTO y para el ensayo de Gravedad Específica a profundidades de 0,5, 1 y 2 metros respectivamente siguiendo el proceso descrito a continuación:

- 1) Se estableció el punto de muestreo y se tomó las coordenadas para georreferenciar.
- 2) Se realizó una calicata cuadrangular de 1.5 metros x 1.5 metros
- 3) Excavación manual hasta una altura de 0.5 metros, donde se tomó la primera muestra
- 4) Con la ayuda de una posteadora se bajó hasta una profundidad de 1 metro y 2 metros, donde se obtuvo la segunda y tercera muestra respectivamente.
- 5) Cada muestra fue almacenada en una funda impermeable para no perder la humedad natural, además se etiquetó cada muestra.
- 6) Se obtuvo aproximadamente 3 kg por cada muestra, lo que se considera suficiente para las clasificaciones y el ensayo de Gravedad Específica.

4. Ensayos de laboratorio.

4.1. Preparación de la muestra.

4.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO.

4.1.1.1. Límites de Atterberg.

Para este ensayo se procede a pasar la muestra por el tamiz #40, donde se debe obtener alrededor de 150 gramos de muestra que es lo mínimo que se requiere según la norma ASTM D-4318 para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad.

4.1.1.2. Granulometría.

Para este ensayo se procede a obtener alrededor de 200 gramos de muestra húmeda, se realiza un lavado por el tamiz #200 para determinar la cantidad de finos, el material retenido se debe secar y tamizar por la serie de tamices que se encuentran en la norma.

4.1.1.3. Gravedad Específica.

En este ensayo la masa mínima seca es de 50 gramos para el tipo de suelo en estudio, primero se determina una cantidad de masa húmeda a partir de la humedad natural que es mayor o equivalente a la masa seca mínima de 50 gramos anteriormente mencionada, todo este material debe pasar el tamiz #4.

4.1.1.4. Ensayo de Compactación Proctor modificado.

Con los datos de granulometría se establece el método a utilizarse, en este caso es el Método A, la masa mínima para este método es de 16 kg por tanto se procede a secar aproximadamente 20 kg de material al aire libre, se pasa el material por el tamiz #4 y se prepara fundas de material de 2000 gramos añadiendo agua sucesivamente con respecto a la anterior para obtener los puntos necesarios para obtener el peso específico seco máximo y la humedad óptima.

4.1.1.5. Ensayo de CBR.

Para el CBR, se deja secar 15kg del material hasta una humedad menor o igual a la óptima, en caso de ser menor se debe agregar agua hasta a llegar a la humedad óptima, posteriormente se debe almacenar todo en una funda plástica para no perder la humedad.

4.2. Resumen resultados Clasificación SUCS y AASHTO

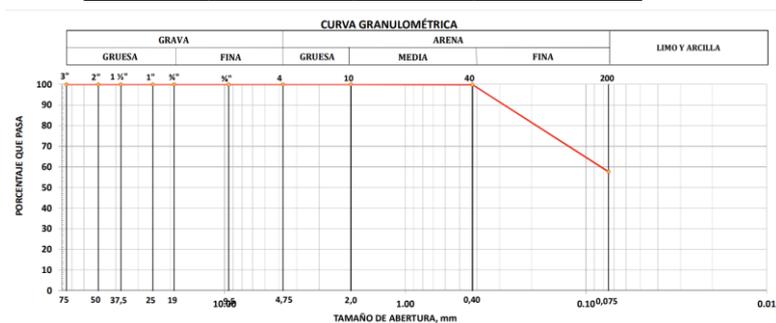
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P1			
Abscisa	4+000	Profundidad	0,5 m	
Coordenada	Longitud	0°14'5" S	Latitud	79°8'4" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	42
Finos (%)	58

Humedad natural	
Humedad (%)	47
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	55
Limite Plástico, LP (%)	38
Índice de Plasticidad, IP (%)	17

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,1	99,9
200	0,075	42,36	57,6



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-6		

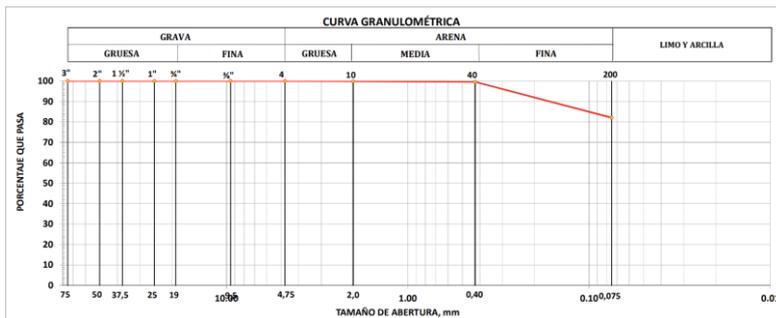
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P1		
Abscisa	4+000	Profundidad	1 m
Coordenada	Longitud	0°14'5" S	Latitud 79°8'4" W
Norma	ASTM D 2487		

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	34
Finos (%)	66

Humedad natural	
Humedad (%)	57
Límites de Atterberg	
Límite Líquido, LL (%)	59
Límite Plástico, LP (%)	46
Índice de Plasticidad, IP (%)	13

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0,13	99,9
40	0,425	0,75	99,2
200	0,075	34,47	65,5



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-6		

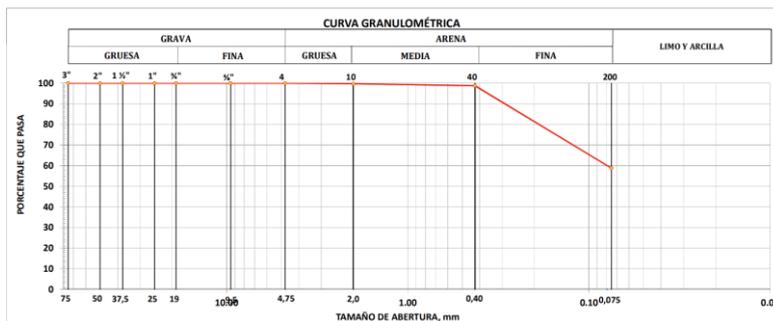
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P1		
Abscisa	4+000	Profundidad	2 m
Coordenada	Longitud	0°14'5" S	Latitud 79°8'4" W
Norma	ASTM D 2487		

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	41
Finos (%)	59

Humedad natural	
Humedad (%)	44
Límites de Atterberg	
Límite Líquido, LL (%)	35
Límite Plástico, LP (%)	30
Índice de Plasticidad, IP (%)	5

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0,29	99,7
40	0,425	1,2	98,8
200	0,075	41,23	58,8



CLASIFICACION SUCS	ML	NOMBRE TIPICO	Limo arenoso
CLASIFICACION AASHTO	A-4		

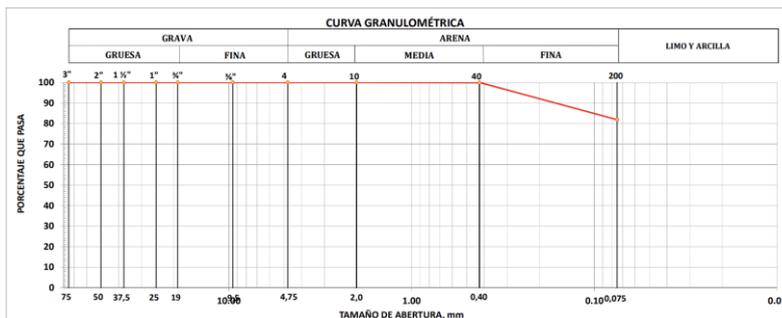
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P2			
Abscisa	4+500	Profundidad	0,5 m	
Coordenada	Longitud	0°14'06"S	Latitud	79°07'48" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	39
Finos (%)	61

Humedad natural	
Humedad (%)	54
Límites de Atterberg	
Límite Líquido, LL (%)	56
Límite Plástico, LP (%)	37
Índice de Plasticidad, IP (%)	19

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0,07	99,1
40	0,425	0,92	99,9
200	0,075	39,02	61,0



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

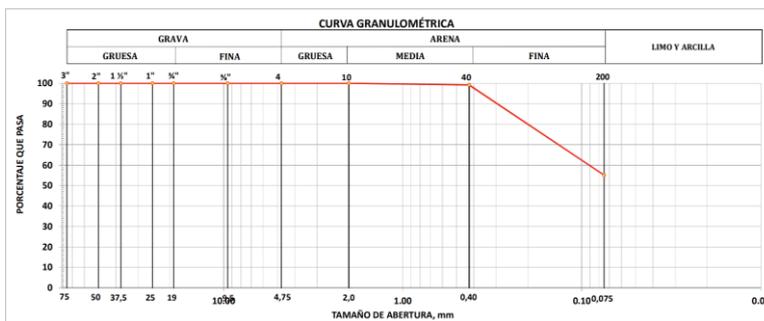
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P2			
Abscisa	4+500	Profundidad	1 m	
Coordenada	Longitud	0°14'06"S	Latitud	79°07'48" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	45
Finos (%)	55

Humedad natural	
Humedad (%)	43
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	38
Limite Plástico, LP (%)	31
Índice de Plasticidad, IP (%)	7

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,76	99,2
200	0,075	44,9	55,1



CLASIFICACION SUCS	ML	NOMBRE TIPICO	Limo Arenoso
CLASIFICACION AASHTO	A-4		

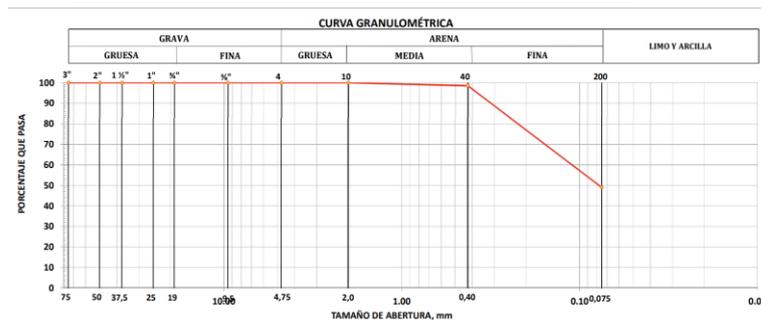
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P2			
Abscisa	4+500	Profundidad	2 m	
Coordenada	Longitud	0°14'06"S	Latitud	79°07'48" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	51
Finos (%)	49

Humedad natural	
Humedad (%)	50
Límites de Atterberg	
Limite Liquido, LL (%)	53
Limite Plástico, LP (%)	33
Índice de Plasticidad, IP (%)	20

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	1,39	98,6
200	0,075	50,95	49,0



CLASIFICACION SUCS	SM	NOMBRE TIPICO	Arena Limosa
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

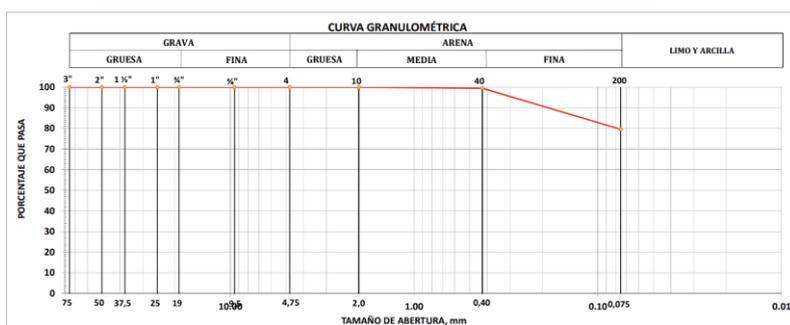
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P3			
Abscisa	5+000	Profundidad	0,5 m	
Coordenada	Longitud	0°13'59" S	Latitud	79°07'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	38
Finos (%)	62

Humedad natural	
Humedad (%)	60
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	65
Limite Plástico, LP (%)	41
Índice de Plasticidad, IP (%)	24

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,44	99,6
200	0,075	37,78	62,2



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

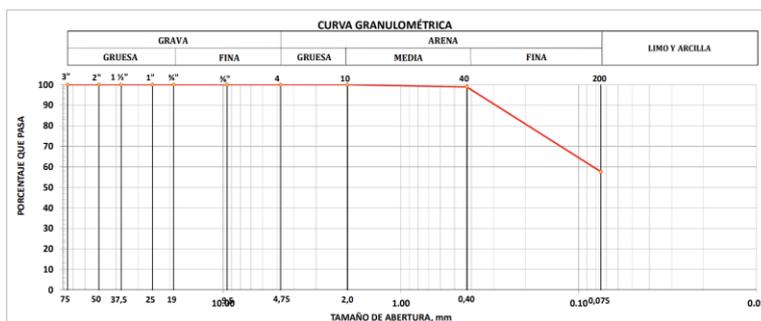
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P3			
Abscisa	5+000	Profundidad	1 m	
Coordenada	Longitud	0°13'59" S	Latitud	79°07'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	42
Finos (%)	58

Humedad natural	
Humedad (%)	57
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	50
Limite Plástico, LP (%)	36
Índice de Plasticidad, IP (%)	14

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	1,03	99
200	0,075	42,4	57,6



CLASIFICACION SUCS	ML	NOMBRE TIPICO	Limo Arenoso
CLASIFICACION AASHTO	A-4		

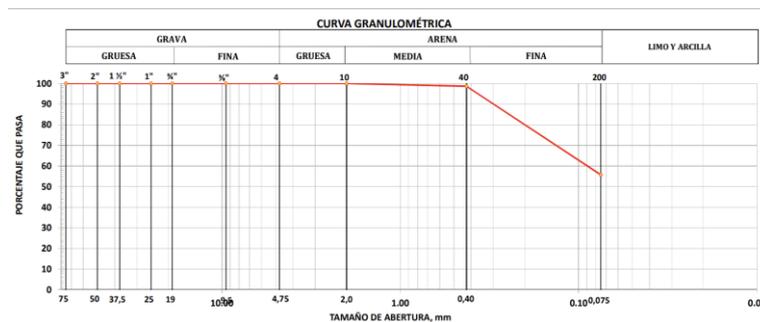
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P3			
Abscisa	5+000	Profundidad	2 m	
Coordenada	Longitud	0°13'59" S	Latitud	79°07'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	44
Finos (%)	56

Humedad natural	
Humedad (%)	59
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	57
Limite Plástico, LP (%)	43
Índice de Plasticidad, IP (%)	14

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	1,3	98,7
200	0,075	44,25	55,7



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

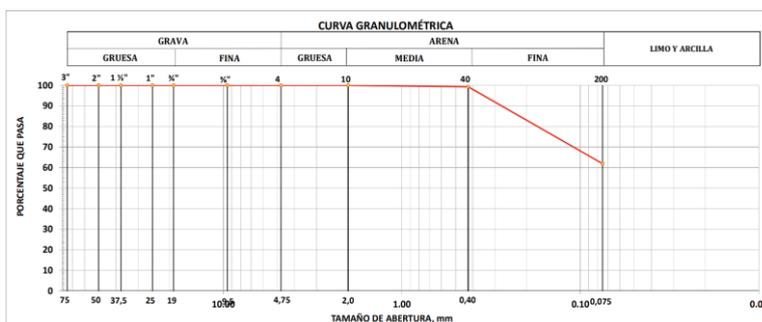
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P4			
Abscisa	5+500	Profundidad	0,5 m	
Coordenada	Longitud	0°13'49" S	Latitud	79°7'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	38
Finos (%)	62

Humedad natural	
Humedad (%)	52
Límites de Atterberg	
Limite Liquido, LL (%)	66
Limite Plástico, LP (%)	42
Índice de Plasticidad, IP (%)	24

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,7	99,3
200	0,075	38,08	61,9



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

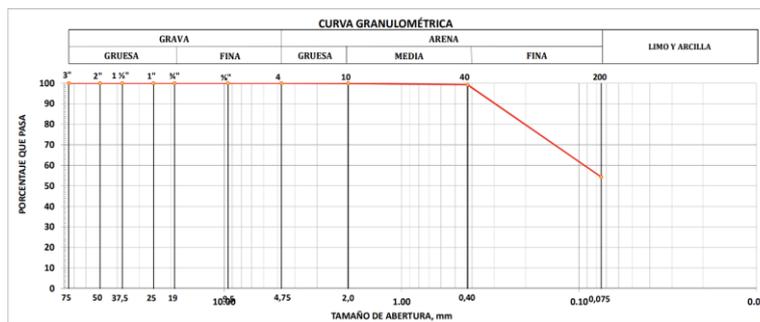
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P4			
Abscisa	5+500	Profundidad	1 m	
Coordenada	Longitud	0°13'49" S	Latitud	79°7'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	46
Finos (%)	54

Humedad natural	
Humedad (%)	51
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	47
Limite Plástico, LP (%)	33
Índice de Plasticidad, IP (%)	14

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,71	99,3
200	0,075	45,68	54,3



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

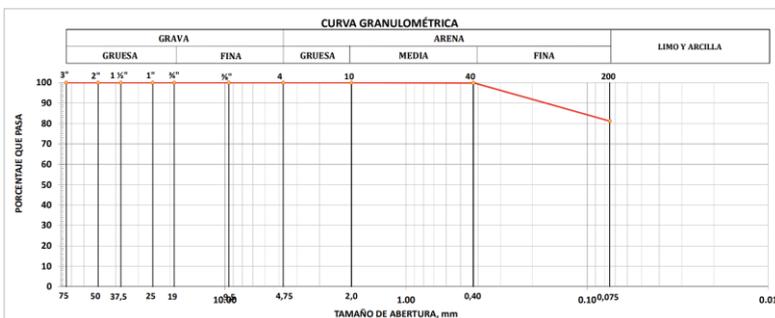
Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P4			
Abscisa	5+500	Profundidad	2 m	
Coordenada	Longitud	0°13'49" S	Latitud	79°7'28" W
Norma	ASTM D 2487			

Análisis Granulométrico	
Grava (%)	0
Arena (%)	37
Finos (%)	63

Humedad natural	
Humedad (%)	58
Límites de Atterberg	
Limite Líquido, LL (%)	59
Limite Plástico, LP (%)	38
Índice de Plasticidad, IP (%)	21

Contenido orgánico	NO
--------------------	----

Tamiz	Abertura(mm)	% Retenido	% Pasa
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37,5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
3/8"	9,5	0	100
4	4,75	0	100
10	2	0	100
40	0,425	0,55	99,5
200	0,075	36,87	63,1



CLASIFICACION SUCS	MH	NOMBRE TIPICO	Limo de alta plasticidad con arena
CLASIFICACION AASHTO	A-7		

4.3. Resultados Ensayo de Gravedad Específica ASTM D 854.

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Norma	ASTM D 854			
Pozo	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	GS	GS (20° C)
P1	0,5	MH	2,67	2,66
	1	MH	2,62	2,62
P2	0,5	MH	2,60	2,60
	1	ML	2,65	2,64
P3	0,5	MH	2,63	2,63
	1	MH	2,63	2,63
P4	0,5	MH	2,64	2,63
	1	MH	2,65	2,65

4.4. Resultados Ensayo de Compactación con Proctor Modificado ASTM D 1557.

4.4.1. P1

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P1		Profundidad	0,5 m
Abscisa	4+000			
Coordenada	Longitud	0°14'5" S	Latitud	79°8'4" W
Norma	ASTM D 1557			

SUCS	MH	AASHTO	A-7
NOMBRE TIPICO	Limo de Alta Plasticidad con Arena		

Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,349
Humedad óptima (%)	26,26

4.4.2. P2

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P2		Profundidad	0,5 m
Abscisa	4+500			
Coordenada	Longitud	0°14'06" S	Latitud	79°07'48" W
Norma	ASTM D 1557			

SUCS	MH	AASHTO	A-7
NOMBRE TIPICO	Limo de Alta Plasticidad con Arena		

Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,361
Humedad óptima (%)	28,7

4.4.3. P3

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P3	Profundidad	0,5 m	
Abscisa	5+000			
Coordenada	Longitud	0°13'59" S	Latitud	79°07'28" W
Norma	ASTM D 1557			

SUCS	MH	AASHTO	A-7	
NOMBRE TIPICO		Limo de Alta Plasticidad con Arena		

Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,337
Humedad óptima (%)	28,33

4.4.4. P4

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago			
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos			
Sondeo	P4	Profundidad	0,5 m	
Abscisa	5+500			
Coordenada	Longitud	0°13'49" S	Latitud	79°7'28" W
Norma	ASTM D 1557			

SUCS	MH	AASHTO	A-7	
NOMBRE TIPICO		Limo de Alta Plasticidad con Arena		

Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,38
Humedad óptima (%)	29,37

Los resultados del ensayo de Compactación con Proctor Modificado se detallan en el Anexo B.

4.5. Resultados Ensayo de CBR ASTM D 1883.

4.5.1. P1

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P1	Profundidad	0,5 m
Abscisa	4+000		
Coordenada	Longitud	0°14'5" S	Latitud 79°8'4" W
Norma	ASTM D 1883		

Datos del Proctor		
Densidad seca máxima	1,349	g/cm ³
Humedad optima	26,26	%

	Moldes		
	56 golpes	25 golpes	12 golpes
Humedad promedio (%)	26,56	26,68	26,87
Densidad seca (g/cm ³)	1,339	1,223	1,068
Humedad saturación (%)	34,56	38,17	47,84
CBR 0.1" (%)	32	18	4,5
CBR 0.2" (%)	37	19	6

CBR (95% y seco max)	25	%
----------------------	----	---

4.5.2. P2

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P2	Profundidad	0,5 m
Abscisa	4+500		
Coordenada	Longitud	0°14'06" S	Latitud 79°07'48" W
Norma	ASTM D 1883		

Datos del Proctor		
Densidad seca máxima	1,361	g/cm ³
Humedad optima	28,7	%

	Moldes		
	56 golpes	25 golpes	12 golpes
Humedad promedio (%)	28,03	27,91	27,93
Densidad seca (g/cm ³)	1,321	1,199	1,065
Humedad saturación (%)	37,91	47,36	51,32
CBR 0.1" (%)	40,5	14	5

CBR 0.2" (%)	41	15,33	7
--------------	----	-------	---

CBR (95% y seco max)	35	%
----------------------	----	---

4.5.3. P3

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P3	Profundidad	0,5 m
Abscisa	5+000		
Coordenada	Longitud	0°13'59" S	Latitud 79°07'28" W
Norma	ASTM D 1883		

Datos del Proctor		
Densidad seca máxima	1,337	g/cm ³
Humedad optima	28,33	%

	Moldes		
	56 golpes	25 golpes	12 golpes
Humedad promedio (%)	28,62	29,12	28,76
Densidad seca (g/cm ³)	1,284	1,159	1,031
Humedad saturación (%)	38,44	42,63	51,77
CBR 0.1" (%)	22	13,5	6
CBR 0.2" (%)	25,33	15,33	6,33

CBR (95% y seco max)	21	%
----------------------	----	---

4.5.4. P4

Proyecto	Proyecto de Integración Curricular Cazares - Iguago		
Localización	Vía Santo Domingo- Los Bancos		
Sondeo	P4	Profundidad	0,5 m
Abscisa	5+500		
Coordenada	Longitud	0°13'49" S	Latitud 79°7'28" W
Norma	ASTM D 1883		

Datos del Proctor		
Densidad seca máxima	1,38	g/cm ³
Humedad optima	29,37	%

	Moldes		
	56 golpes	25 golpes	12 golpes
Humedad promedio (%)	32,57	32,45	32,66

Densidad seca (g/cm ³)	1,337	1,231	1,084
Humedad saturación (%)	35,2	41,84	50,15
CBR 0.1" (%)	26	20,5	7
CBR 0.2" (%)	30	21,33	7,33

CBR (95% y seco max)	25	%
----------------------	----	---

Los resultados del ensayo de CBR de cada punto se detalla en el Anexo C.

5. Análisis de resultados.

5.1. Presentación de resultados.

5.1.1. Ubicación de las muestras.

Tabla 5.1: Ubicación de las muestras.

Pozo	Longitud	Latitud	Altitud (m.s.n.m)
P1 4+000	0°14'05" S	79°08'04" W	581
P2 4+500	0°14'06" S	79°07'48" W	586
P3 5+000	0°13'59" S	79°07'28" W	585
P4 5+500	0°13'49" S	79°07'28" W	594

Figura 5.1: Perfil Longitudinal



Fuente: Google Earth

5.1.2. Propiedades físicas.

Las propiedades físicas son las siguientes:

Tabla 5.2: Resumen Propiedades Físicas-SUCS

Pozo	Profundidad	Humedad Natural	Granulometría (% retiene)				% Finos	% Arena	%Grava	LL	LP	IP	SUCS	Gs
			#4	#10	#40	#200								
P1 4+000	0,50	47,11	0	0	0,1	42,36	58	42	0	55	38	17	MH	2,66
	1,00	56,88	0	0,23	0,75	34,47	66	34	0	59	46	13	MH	2,62
	2,00	43,63	0	0,29	1,20	41,23	59	41	0	35	30	5	ML	
P2 4+500	0,50	54,2	0	0,07	0,92	39,02	61	39	0	56	37	19	MH	2,60
	1,00	43,37	0	0	0,76	44,90	55	45	0	38	31	7	ML	2,65
	2,00	49,54	0	0	1,39	50,95	49	51	0	53	33	20	SM	
P3 5+000	0,50	60,43	0	0	0,44	37,78	62	38	0	65	41	24	MH	2,63
	1,00	56,54	0	0	1,03	42,40	58	42	0	50	36	14	ML	2,63
	2,00	58,73	0	0	1,30	44,25	56	44	0	57	43	14	MH	
P4 5+500	0,50	51,64	0	0	0,70	38,08	62	38	0	66	42	24	MH	2,64
	1,00	51,49	0	0,03	0,71	45,68	54	46	0	47	33	14	ML	2,65
	2,00	57,93	0	0,01	0,55	36,87	63	37	0	59	38	21	MH	

Tabla 5.3: Resumen Propiedades Físicas-AASHTO

Pozo	Profundidad	Humedad Natural	Granulometría (% retiene)				% Finos	% Arena	%Grava	LL	LP	IP	AASHTO	Gs
			#4	#10	#40	#200								
P1 4+000	0,50	47,11	0	0	0,1	42,36	58	42	0	55	38	17	A-7-5(4)	2,66
	1,00	56,88	0	0,23	0,75	34,47	66	34	0,23	59	46	13	A-7-5(11)	2,62
	2,00	43,63	0	0,29	1,20	41,23	59	41	0,29	35	30	5	A-4(2)	
P2 4+500	0,50	54,2	0	0,07	0,92	39,02	61	39	0,07	56	37	19	A-7-5(12)	2,60
	1,00	43,37	0	0	0,76	44,90	55	45	0	38	31	7	A-4(7)	2,65
	2,00	49,54	0	0	1,39	50,95	49	51	0	53	33	20	A-7-5(7)	
P3 5+000	0,50	60,43	0	0	0,44	37,78	62	38	0	65	41	24	A-7-5(10)	2,63
	1,00	56,54	0	0	1,03	42,40	58	42	0	50	36	14	A-4(8)	2,63
	2,00	58,73	0	0	1,30	44,25	56	44	0	57	43	14	A-7-5(8)	
P4 5+500	0,50	51,64	0	0	0,70	38,08	62	38	0	66	42	24	A-7-5(11)	2,64
	1,00	51,49	0	0,03	0,71	45,68	54	46	0,03	47	33	14	A-4(7)	2,65
	2,00	57,93	0	0,01	0,55	36,87	63	37	0,01	59	38	21	A-7-5(14)	

5.1.3. Propiedades mecánicas.

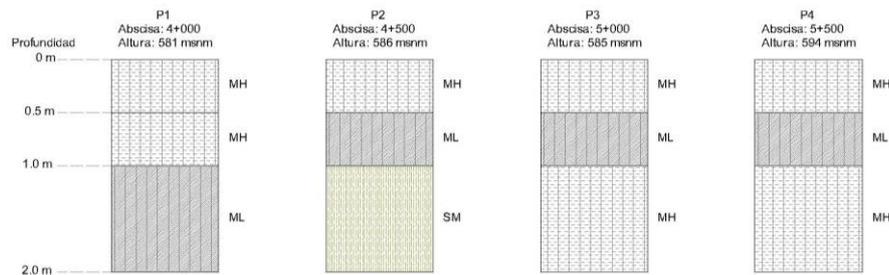
Tabla 5.4: Resumen Propiedades Mecánicas.

Pozo	Profundidad (m)	Humedad Óptima (%)	SUCS	Nombre Típico	Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)	CBR (%)
P1 4+000	0,50	26	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,35	25	27,5	25
P2 4+500	0,50	28	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,36	34	35	34
P3 5+000	0,50	28	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,34	21	24	21
P4 5+500	0,50	29	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,38	25	28	25

Nota: Los CBR P1, P3 y P4 fueron realizados con la prensa manual mientras que el CBR P2 se realizó con la prensa mecánica.

5.1.4. Perfil del Suelo

Figura 5.2: Perfil del Suelo



Fuente: Autores

6. Conclusiones y Recomendaciones.

De acuerdo con los resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio y lo observado en campo del tramo investigado que corresponde desde la abscisa 4+000 hasta la abscisa 5+500 de la vía Santo Domingo- Los Bancos se ha identificado todo el tramo como una sola zona con propiedades similares tanto físicas como mecánicas.

6.1. Conclusiones.

- En el tramo de estudio se presentan las siguientes propiedades físicas, suelos en su mayoría limos arenosos de alta plasticidad de tipo MH y ML según la clasificación SUCS y de tipo A-7 y A-4 con índices variables de acuerdo con la AASHTO, la consistencia de este material es blanda a muy blanda, con un contenido de arena mayor al 20% llegando hasta un 51%. El suelo es de color café claro, es un material que muy húmedo en estado natural y posee una gravedad específica promedio de 2,63.
- A continuación, se detalla los resultados de los ensayos de Compactación y CBR, que hacen referencia a las propiedades mecánicas del material investigado.

Tabla 6.1: Resumen CBR

Pozo	Profundidad (m)	Humedad Óptima (%)	SUCS	Nombre Típico	Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)	CBR (%)
P1 4+000	0,50	26	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,35	25	27,5	25
P2 4+500	0,50	28	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,36	34	35	34
P3 5+000	0,50	28	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,34	21	24	21
P4 5+500	0,50	29	MH	Limos arenosos de alta plasticidad	1,38	25	28	25

6.2. Recomendaciones.

- Se recomienda que para futuras investigaciones de la vía Santo Domingo-Los Bancos se tomen muestras inalteradas del suelo para realizar CBR de laboratorio o a su vez realizar el ensayo de CBR in situ para obtener resultados de CBR en estado natural.
- Se recomienda usar el Índice de Soporte de California para un Rango de Contenidos de Agua, ya que los valores que se van a obtener van a estar más cercanos a la realidad del material que se encuentra en campo.

- Con el propósito de obtener resultados más cercanos a las condiciones naturales del suelo, se recomienda realizar los moldes de CBR en el laboratorio para un Rango de Contenidos de Agua conforme a la norma que hace relación a suelos que tengan plasticidad.
- Para el diseño de la vía se recomienda realizar perforaciones de al menos 6.0 m para investigar la presencia del Nivel Freático.

7. Bibliografía

- ASTM D-1557. (2017). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³))*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-1883. (2021). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-2487. (2011). *Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-3282. (2015). *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-422. (2007). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-4318. (2010). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM D-854. (2014). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Das, B. (2001). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. Ciudad de México: International Thomson Editores

8. Anexos

8.1. Anexo A

Toma de muestras:



Fotografía 1. Calicata profundidad 50 cm.



Fotografía 2. Toma de muestras con posteadora a 1m y 2m.



Fotografía 3. Calicata después de la toma de muestra.

8.2. Anexo B
Compactación P1



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTECNIA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA ENSAYO : ASTM D - 1557
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : +400
PROFUNDIDAD : 0.50m

SOLICITADO POR : Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
FISCALIZACIÓN :
CONTRATISTA :
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE EMISIÓN : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 5
HOJA : 1 de 42

PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m³)

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz Nº 3/4 :	0.00	(0.00)
Tamiz Nº 3/8 :	0.00	(0.00)
Tamiz Nº 4 :	0.00	(0.00)

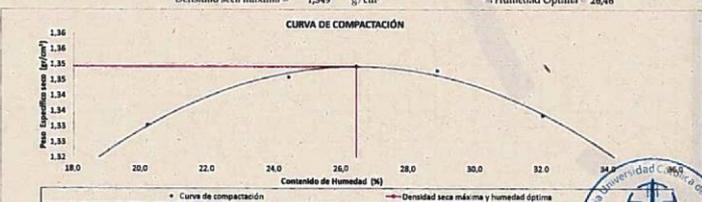
MÉTODO DE PREPARACIÓN: SECO HÚMEDO

MÉTODO : A
PESO MARTILLO : 44.48 N
Nº DE MOLDE : 5K
VOL. DE MOLDE : 944 cm³
CLASIFICACIÓN SUELO :

Nº DE CAPAS : 5
Nº DE GOLPES POR CAPA : 25
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457.2 mm
PESO DEL MOLDE : 4137 g

PRUEBA Nº	1	2	3	4				
Peso molde + suelo húmedo, g	5.647	5.718	5.777	5.799				
Peso molde, g	4.137	4.137	4.137	4.137				
Peso suelo húmedo, g	1.510	1.581	1.640	1.662				
DENSIDAD HÚMEDA, g/cm ³	1.999	1.675	1.737	1.760				
Peso capsula, g	11.62	18.30	17.91	11.43	18.14	18.70	17.96	18.35
Peso cap. + suelo húmedo, g	70.77	82.52	79.18	64.68	88.70	80.72	82.41	92.57
Peso cap. + suelo seco, g	60.84	71.71	67.13	54.25	72.88	74.60	66.78	74.64
Contenido de Humedad, %	20.17	20.24	24.48	24.36	28.90	28.84	32.02	32.03
HUMEDAD PROMEDIO, %	20.21	24.42	28.87	32.02				
DENSIDAD SECA, g/cm ³	1.330	1.346	1.348	1.333				

Densidad seca máxima = 1,349 g/cm³ % Humedad Óptima = 26,46



NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente


Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS


Ing. Édison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA


Ing. Jorge Alberto M. S.
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593 2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmo-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



Compactación P2



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA ENSAYO : ASTM D - 1557
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 4-500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE EMISIÓN : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 8 de 42

PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m³)

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0.00	0.00
Tamiz N° 3/8 :	0.00	0.00
Tamiz N° 4 :	0.00	0.00

MÉTODO DE PREPARACIÓN: SECO HÚMEDO

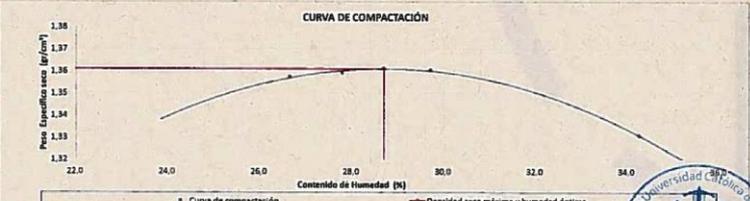
MÉTODO : A
PESO MARTILLO : 44,48 N
N° DE MOLDE : 5K
VOL. DE MOLDE : 944 cm³
CLASIFICACIÓN SUELO :

N° DE CAPAS : 5
N° DE GOLPES POR CAPA : 25
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm
PESO DEL MOLDE : 4137 g

PRUEBA N°	1	2	3	4
Peso molde + suelo húmedo, g	5.760	5.777	5.803	5.824
Peso molde, g	4.137	4.137	4.137	4.137
Peso suelo húmedo, g	1.623	1.640	1.666	1.687
DENSIDAD HUMEDA, g/cm ³	1.719	1.737	1.765	1.787
Peso cápsula, g	22,55	22,97	49,80	49,82
Peso cap. + suelo húmedo, g	156,46	156,09	185,82	185,09
Peso cap. + suelo seco, g	128,05	128,31	156,05	155,86
Contenido de Humedad, %	26,93	26,37	28,02	27,57
HUMEDAD PROMEDIO, %	26,65	26,37	27,79	27,71
DENSIDAD SECA, g/cm ³	1,357	1,359	1,360	1,331

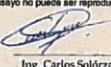
Densidad seca máxima = 1,361 g/cm³ % Humedad Óptima = 28,70

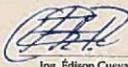
CURVA DE COMPACTACIÓN



• Curva de compactación — Densidad seca máxima y humedad óptima

NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente


Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS


Ing. Edilson Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA


Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



Compactación P3



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAJO DE COMPACTACIÓN**

PROYECTO: Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN: Santo Domingo
MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente
NORMA ENSAYO: ASTM D - 1557
CANTERA: Material del Sector
DESCRIPCIÓN: 5+000
PROFUNDIDAD: 0,5m

SOLICITADO POR: _____
FISCALIZACIÓN: _____
CONTRATISTA: _____
FECHA DE INGRESO: 2023-09-25
FECHA DE EMISIÓN: 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N°: 4680 5
HOJA: 12 de 42

PROCTOR MODIFICADO (2700 KN-m/m³)

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0,00	0,00
Tamiz N° 3/8 :	0,00	0,00
Tamiz N° 4 :	0,00	0,00

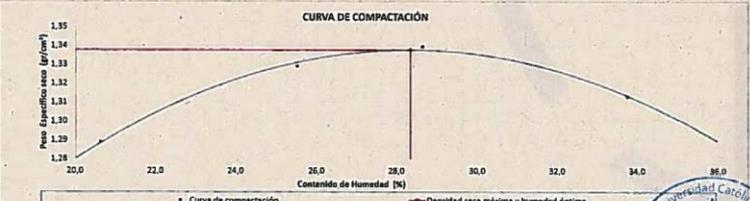
MÉTODO DE PREPARACIÓN: _____ SECO _____ x _____ HÚMEDO

MÉTODO: A
PESO MARTILLO: 44,48 N
N° DE MOLDE: 27M
VOL. DE MOLDE: 933 cm³
CLASIFICACIÓN SUELO:

N° DE CAPAS: 5
N° DE GOLPES POR CAPA: 25
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO: 457,2 mm
PESO DEL MOLDE: 4184 g

PRUEBA N°	1	2	3	4				
Peso molde + suelo húmedo, g	5,634	5,740	5,791	5,822				
Peso molde, g	4,184	4,184	4,184	4,184				
Peso suelo húmedo, g	1,450	1,556	1,607	1,638				
DENSIDAD HUMEDA, g/cm ³	1,554	1,668	1,723	1,756				
Peso cápsula, g	16,68	18,21	18,83	16,76	18,19	18,81	17,94	17,84
Peso cap. + suelo húmedo, g	64,78	65,95	76,46	76,68	75,89	76,59	77,66	77,73
Peso cap. + suelo seco, g	56,56	57,79	64,80	64,45	62,96	63,82	62,54	62,67
Contenido de Humedad, %	20,61	20,62	25,36	25,64	28,88	28,37	33,90	33,59
HUMEDAD PROMEDIO, %	20,61	20,62	25,36	25,64	28,88	28,37	33,90	33,59
DENSIDAD SECA, g/cm ³	1,289	1,337	1,337	1,337	1,337	1,337	1,313	1,313

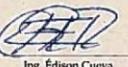
Densidad seca máxima = 1,337 g/cm³ % Humedad Óptima = 28,33



* Curva de compactación → Densidad seca máxima y humedad óptima

NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente


 Ing. Carlos Solorzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

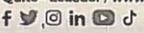

 Ing. Edíson Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA


 Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / **Teléfono:** (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / **Correo:** lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Compacción P4



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO: Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN: Santo Domingo
MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente
NORMA ENSAYO: ASTM D - 1557
CANTERA: Material del Sector
DESCRIPCIÓN: 5+500
PROFUNDIDAD: 0.5m

SOLICITADO POR: _____
FISCALIZACIÓN: _____
CONTRATISTA: _____
FECHA DE INGRESO: 2023-09-25
FECHA DE EMISIÓN: _____
ORDEN DE TRABAJO N°: 4680 S
HOJA: 16 de 42

PROCTOR MODIFICADO (2700 kN-m/m³)

	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Tamiz N° 3/4 :	0.00	0.00
Tamiz N° 3/8 :	0.00	0.00
Tamiz N° 4 :	0.00	0.00

MÉTODO DE PREPARACIÓN: SECO HÚMEDO

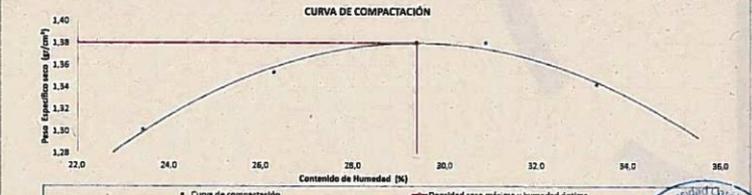
MÉTODO: A
PESO MARTILLO: 44.48 N
N° DE MOLDE: 27M
VOL. DE MOLDE: 933 cm³
CLASIFICACIÓN SUELO:

N° DE CAPAS: 5
N° DE GOLPES POR CAPA: 25
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO: 457.2 mm
PESO DEL MOLDE: 4184 g

PRUEBA N°	1	2	3	4				
Peso molde + suelo húmedo, g	5.682	5.778	5.869	5.853				
Peso molde, g	4.184	4.184	4.184	4.184				
Peso suelo húmedo, g	1.498	1.594	1.685	1.669				
DENSIDAD HUMEDA, g/cm ³	1.606	1.709	1.806	1.789				
Peso cápsula, g	65.82	66.39	65.71	65.77	65.32	65.81	74.39	81.56
Peso cap. + suelo húmedo, g	152.22	151.82	151.26	156.45	160.12	160.19	198.88	199.86
Peso cap. + suelo seco, g	135.78	135.66	133.45	137.60	137.70	137.98	167.80	170.29
Contenido de Humedad, %	23.49	23.33	26.29	26.24	30.98	30.77	33.27	33.33
HUMEDAD PROMEDIO, %	23.41		26.27		30.87		33.30	
DENSIDAD SECA, g/cm ³	1.301		1.353		1.380		1.342	

Densidad seca máxima = 1,380 g/cm³ % Humedad Óptima = 29,37

CURVA DE COMPACTACIÓN



* Curva de compactación — Densidad seca máxima y humedad óptima

NOTA: Este ensayo no puede ser reproducido parcialmente



Ing. Carlos Solorzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS



Ing. Edilson Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA



Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE ENSAYOS

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / **Teléfono:** (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / **Correo:** lmc_puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t i n d



INSTITUTOS ECUATORIOS

8.3. Anexo C
CBR P1



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguaño

LOCALIZACIÓN : Santo Domingo

MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente

NORMA : ASTM D- 1883- 16

CANTERA : Material del Sector

DESCRIPCIÓN : 4-000

PROFUNDIDAD : 0.30m

SOLICITADO POR : Mateo Cázares - Sebastián Iguaño

FISCALIZACIÓN : _____

CONTRATISTA : _____

FECHA DE INGRESO : 2023-09-25

FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30

ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S

HOJA : 5 de 42

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,349	gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA :	26,46	%
------------------------	-------	--------------------	------------------	-------	---

DATOS DE MOLDEO

N° DE CAPAS : 5

PESO MARTILLO : 10 lb

TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm.

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOJADA

MOLDES N°	M5	17	23
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,654	10,224	9,028
Peso molde (gr.)	8,062	6,940	6,143
Peso suelo húmedo (gr.)	3,592	3,284	2,885
Volumen del molde (cm ³)	2,119	2,120	2,129
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,695	1,549	1,355

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

	M5	17	23
Peso cápsula (gr.)	17,98	16,08	17,97
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	86,30	82,81	81,16
Peso cap. + suelo seco (gr.)	71,89	68,88	67,87
Contenido de Humedad (%)	26,73	26,38	26,63
Humedad promedio (%)	26,56	26,68	26,87
Densidad seca (g/cm ³)	1,339	1,223	1,088

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

	M5	17	23
Peso cápsula (gr.)	18,53	17,82	11,51
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	106,61	82,35	87,08
Peso cap. + suelo seco (gr.)	84,50	65,41	66,24
Contenido de Humedad (%)	33,52	35,60	38,08
Humedad promedio (%)	34,56	38,17	47,84

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

	M5	17	23
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,889	10,598	9,588
Agua absorbida (gr.)	235	374	560
Agua absorbida (%)	6,54	11,39	19,44



Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS



Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA



Ing. Jorge Albuja M.Sc.
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTECNIA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D-1983-16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 4+000
PROFUNDIDAD : 0.50m

SOLICITADO POR : Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
FISCALIZACIÓN :
CONTRATISTA :
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 6 de 42

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	M5			17			23		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
Tiempo (dias)		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	200	---	---	200	---	---	200	---	---
1	209	0.01	0.20	222	0.02	0.48	218	0.02	0.39
2	210	0.01	0.22	224	0.02	0.52	217	0.02	0.37
3	211	0.01	0.24	224	0.02	0.52	219	0.02	0.41
4	211	0.01	0.24	226	0.03	0.57	224	0.02	0.52

PENETRACIÓN

MOLDES N°	M5			17			23		
	Fuerza (lb)	Presión corregida lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión corregida lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión corregida lb/plg²	Presión corregida lb/plg²
0.000	0	0.00	---	0	0.00	---	0	0.00	---
0.025	43	14.28	---	119	39.67	---	48	15.87	---
0.050	243	80.92	---	295	98.37	---	100	33.32	---
0.075	500	166.00	---	433	144.39	---	143	47.60	---
0.100	785	261.80	320.00	547	182.47	180.00	167	55.51	45.00
0.200	1547	515.67	560.00	862	287.19	285.00	257	85.68	90.00
0.300	2156	718.76	---	1057	352.24	---	305	101.55	---
0.400	2699	899.64	---	1252	417.29	---	343	114.24	---
0.500	3137	1.045.61	---	1414	471.24	---	395	131.69	---

VALORES DE CBR

Presión lb/plg²	Valor CBR a 1"	Presión lb/plg²	Valor CBR a 1"
320.00	32.00	560.00	37.33
180.00	18.00	285.00	19.00
45.00	4.50	90.00	6.00

Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.
CBR (95% yacso max.) = 25.00 CBR (95% yacso max.) = 27.50

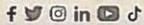
Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albaladejo
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTECNIA
QUITO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593 2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

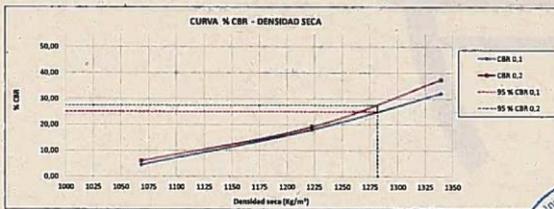
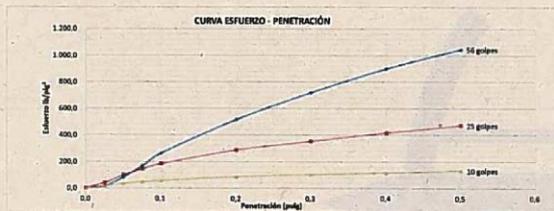
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Máster
LOCALIZACIÓN : Cázares
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1883 - 16
NORMA : Material del Sector
CANTERA : 4+000
PROFUNDIDAD : 0.50m

SOLICITADO POR : Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
FISCALIZACIÓN :
CONTRATISTA :
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HCJA : 7 de 42



Nota: CBR realizado con equipo manual (Aplido mediante la Fuerza) externo al Laboratorio.

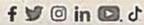
Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec



CBR P2



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguaño
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D - 1883- 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 4-500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO Nº : 4680 S
HOJA : 9 de 42

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,361	gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA:	28,70	%
------------------------	-------	--------------------	-----------------	-------	---

DATOS DE MOLDEO

Nº DE CAPAS : 5
PESO MARTILLO : 10 lb
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457,2 mm
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: REMOJADA

	M1	M7	M3
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	25	30
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,475	11,320	10,922
Peso molde (gr.)	8,066	8,059	8,035
Peso suelo húmedo (gr.)	3,589	3,261	2,887
Volumen del molde (cm ³)	2,122	2,127	2,118
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,691	1,533	1,363

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

Peso cápsula (gr.)	22,63	22,77	48,69	49,19	33,36	49,64
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	116,44	115,16	130,41	130,95	128,10	131,28
Peso cap. + suelo seco (gr.)	95,90	94,94	112,70	112,99	107,28	113,57
Contenido de Humedad (%)	28,03	28,02	27,67	28,15	28,17	27,70
Humedad promedio (%)	28,03		27,91		27,93	
Densidad seca (g/cm ³)	1,321		1,199		1,065	

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

Peso cápsula (gr.)	22,37	21,59	22,75	22,90	18,70	18,41
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	142,41	119,48	163,32	190,39	110,62	106,23
Peso cap. + suelo seco (gr.)	109,72	92,32	118,33	136,33	79,36	76,53
Contenido de Humedad (%)	37,42	38,40	47,07	47,66	51,53	51,10
Humedad promedio (%)	37,91		47,36		51,32	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,855	11,669	11,453
Agua absorbida (gr.)	200	349	531
Agua absorbida (%)	5,57	10,70	18,39

Ing. Carlos Solórzano

RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva

RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja

DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

f t @ in d



IETS ECUADOR



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázarez - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D - 1883 - 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 4+500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 46805
HOJA : 10 de 42

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	M1			M7			M3			
	Tiempo (días)	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO pulg	%	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO pulg	%	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO pulg	%
0	230	---	---	---	230	---	---	230	---	---
1	238	0.01	0.17	---	225	0.03	0.55	236	0.04	0.79
2	230	0.01	0.22	---	227	0.03	0.59	239	0.04	0.85
3	211	0.01	0.24	---	227	0.03	0.59	239	0.04	0.85
4	211	0.01	0.24	---	227	0.03	0.59	239	0.04	0.85

PENETRACIÓN

MOLDES N°	M1			M7			M3			
	Penetración (pulgadas)	Fuerza (lb)	Presión (lb/pulg²)	Presión corregida (lb/pulg²)	Fuerza (lb)	Presión (lb/pulg²)	Presión corregida (lb/pulg²)	Fuerza (lb)	Presión (lb/pulg²)	Presión corregida (lb/pulg²)
0.000	0	0.00	---	---	0	0.00	---	0	0.00	---
0.025	236	78.51	---	---	119	39.60	---	60	19.87	---
0.050	636	211.91	---	---	252	83.85	---	116	38.63	---
0.075	967	322.48	---	---	343	114.18	---	164	54.77	---
0.100	1197	398.88	405.00	---	429	143.11	140.00	198	66.07	50.00
0.200	1793	597.74	615.00	---	677	225.57	230.00	291	97.01	105.00
0.300	2274	758.68	---	---	841	280.45	---	450	149.91	---
0.400	2741	913.79	---	---	1026	342.02	---	394	131.31	---
0.500	3255	1.084.97	---	---	1213	404.26	---	441	147.04	---

VALORES DE CBR

Presión (lb/pulg²)	Valor CBR e 1"	Presión (lb/pulg²)	Valor CBR e 2"
405.00	40.50	615.00	41.00
140.00	14.00	230.00	15.33
50.00	5.00	105.00	7.00
CBR (95% yacoo max.) = 34.00		CBR (95% yacoo max.) = 35.00	

Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

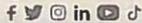
Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja M.S.
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc.puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

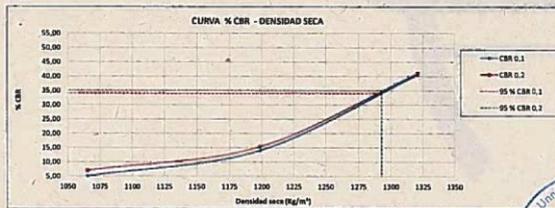
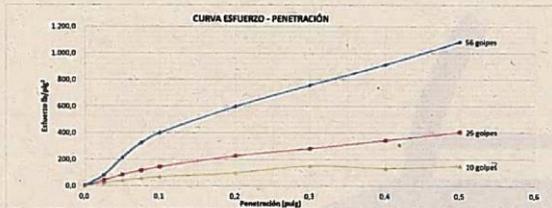
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázarez - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1863 - 16
NORMA : Material del Sector
CANTERA : 4+500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 11 de 42



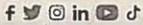
Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida T2 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593 2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayán
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Ciudadano
NORMA : ASTM D - 1883- 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : S+100
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO Nº : 4680-5
HOJA : 13 de 42

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1,337	gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA :	26,33	%
------------------------	-------	--------------------	------------------	-------	---

DATOS DE MOLDEO

Nº DE CAPAS : 5
PESO MARTILLO : 10 lb
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA

ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO : 457,2 mm
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: REMOJADA

	M4	M7	M3
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,571	11,241	10,847
Peso molde (gr.)	8,066	8,059	8,034
Peso suelo húmedo (gr.)	3,505	3,182	2,813
Volumen del molde (cm ³)	2,122	2,127	2,118
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,632	1,496	1,328

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

Peso cápsula (gr.)	22,50	22,97	33,48	49,19	48,69	48,83
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	114,78	111,13	149,24	150,69	130,63	130,88
Peso cap. + suelo seco (gr.)	94,10	91,65	122,96	127,95	112,38	112,60
Contenido de Humedad (%)	28,88	28,36	29,37	28,87	28,86	28,67
Humedad promedio (%)	28,62		29,12		28,76	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,284		1,159		1,031	

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

Peso cápsula (gr.)	17,80	16,80	18,05	17,70	18,15	17,01
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	94,16	86,73	92,56	95,58	98,29	100,32
Peso cap. + suelo seco (gr.)	73,25	67,05	70,41	72,18	70,31	72,59
Contenido de Humedad (%)	37,71	39,16	42,30	42,95	53,64	49,89
Humedad promedio (%)	38,44		42,63		51,77	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	11,805	11,630	11,400
Agua absorbida (gr.)	234	389	533
Agua absorbida (%)	6,68	12,23	19,66

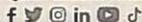
Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA
DIRECTOR DEL LABORATORIO
Quito

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 770525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D- 1083- 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 5+000
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR :
FISCALIZACIÓN :
CONTRATISTA :
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 14 de 42

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	M1			M7			M3		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
Tiempo (días)		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	200	---	---	200	---	---	200	---	---
1	216	0.02	0.35	226	0.03	0.57	232	0.02	0.48
2	217	0.02	0.37	229	0.03	0.63	225	0.03	0.55
3	218	0.02	0.39	229	0.03	0.63	225	0.03	0.55
4	221	0.02	0.46	232	0.03	0.70	228	0.03	0.61

PENETRACIÓN

MOLDES N°	M1			M7			M3		
	95 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
Penetración (pulgadas)	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²	Fuerza (lb)	Presión lb/plg²	Presión corregida lb/plg²
0.000	0	0.00	---	0	0.00	---	0	0.00	---
0.025	95	31.73	---	105	34.91	---	48	15.87	---
0.050	333	111.07	---	243	80.92	---	109	36.49	---
0.075	476	158.67	---	338	112.65	---	157	52.36	---
0.100	614	204.68	227.00	409	136.45	135.00	195	65.05	60.00
0.200	1066	355.41	380.00	704	234.83	230.00	281	93.61	95.00
0.300	1537	512.49	---	914	304.64	---	352	117.41	---
0.400	1918	639.43	---	1123	374.48	---	395	131.69	---
0.500	2318	772.71	---	1328	442.68	---	438	145.97	---

VALORES DE CBR

Presión lb/plg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg²	Valor CBR 0.2"
220.00	22.00	360.00	25.33
135.00	13.50	230.00	15.33
60.00	6.00	95.00	6.33
CBR (95% y seco max.) = 21.00		CBR (95% y seco max.) = 24.00	

Ing. Carlos Solerzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

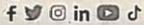
Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja M.
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

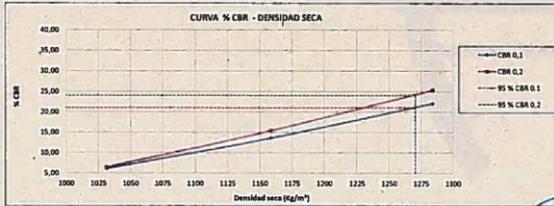
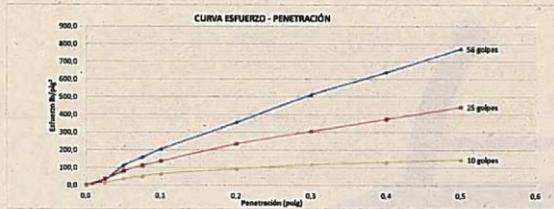
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázarez - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1583- 16
NORMA : Material del Sector
CANTERA : 5-4000
PROFUNDIDAD : 0,5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 15 de 42



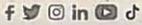
Ing. Carlos Solorzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Maestría Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D - 1883- 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : S+500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR :
FISCALIZACIÓN :
CONTRATISTA :
FECHA DE INGRESO : 2023-08-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 4680 S
HOJA : 20 de 42

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD SECA MÁXIMA	1,380	gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA	29,37	%
----------------------	-------	--------------------	----------------	-------	---

DATOS DE MOLDEO

N° DE CAPAS : 5
PESO MÁRTILLO : 10 lb
TIPO COMPACTACIÓN : MODIFICADA

ALTURA DE CAIDA DEL MÁRTILLO : 457,2 mm
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : REMOJADA

MOLDES N°	17	28	8
N° DE GOLPES POR CAPA	56	28	10
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10.057	10.082	9.228
Peso molde (gr.)	6.300	6.624	6.156
Peso suelo húmedo (gr.)	3.757	3.458	3.072
Volumen del molde (cm ³)	2.120	2.120	2.136
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.772	1.631	1.438

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

Peso cápsula (gr.)	18,39	18,30	18,03	17,66	17,97	17,91
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	87,26	87,28	86,92	89,04	75,83	78,28
Peso cap. + suelo seco (gr.)	70,44	70,31	70,17	71,42	61,64	63,36
Contenido de Humedad (%)	32,51	32,63	32,13	32,78	32,49	32,83
Humedad promedio (%)	32,57		32,45		32,66	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,337		1,231		1,084	

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

Peso cápsula (gr.)	18,48	17,54	18,21	18,30	18,56	16,84
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	99,04	98,82	98,85	108,62	101,29	103,07
Peso cap. + suelo seco (gr.)	78,28	77,46	75,10	81,85	74,04	74,22
Contenido de Humedad (%)	34,76	35,65	41,75	41,93	50,02	50,28
Humedad promedio (%)	35,20		41,84		50,15	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10.147	10.296	9.637
Agua absorbida (gr.)	90	214	409
Agua absorbida (%)	2.40	6.19	13.31

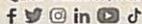
Ing. Carlos Solórzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edson Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA
QUITO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Mateo Cázarez - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
NORMA : ASTM D- 1883- 16
CANTERA : Material del Sector
DESCRIPCIÓN : 5-500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-25
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO N° : 46805
HOJA : 21 de 42

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	17			28			5		
	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
Tiempo (días)		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	200	---	---	200	---	---	200	---	---
1	232	0.03	0.70	257	0.06	1.25	258	0.06	1.26
2	213	0.01	0.28	206	0.01	0.13	233	0.03	0.72
3	213	0.01	0.28	210	0.01	0.22	230	0.03	0.65
4	213	0.01	0.28	210	0.01	0.22	227	0.03	0.59

PENETRACIÓN

MOLDES N°	17			28			5		
	50 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
Penetración (pulgadas)	Fuerza (lb)	Presión lb/pulg²	Presión corregida lb/pulg²	Fuerza (lb)	Presión lb/pulg²	Presión corregida lb/pulg²	Fuerza (lb)	Presión lb/pulg²	Presión corregida lb/pulg²
0.000	0	0.00	---	0	0.00	---	0	0.00	---
0.025	95	31.23	---	152	50.77	---	62	20.63	---
0.050	233	77.25	---	343	114.24	---	143	47.60	---
0.075	414	138.04	---	500	166.60	---	200	66.54	---
0.100	614	204.68	260.00	609	203.09	205.00	233	77.75	70.00
0.200	1285	428.40	450.00	942	314.16	320.00	309	103.13	110.00
0.300	1733	577.55	---	1200	399.84	---	376	125.33	---
0.400	2156	718.76	---	1399	466.48	---	443	147.56	---
0.500	2556	852.04	---	1623	541.05	---	495	165.01	---

VALORES DE CBR

Presión lb/pulg²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/pulg²	Valor CBR 0.2"
260.00	26.00	450.00	30.00
205.00	20.50	320.00	21.33
70.00	7.00	110.00	7.33
CBR (95% yscco max.) = 25.00		CBR (95% yscco max.) = 28.00	

Nota: CBR realizado con equipo manual (Anillo medidor de Fuerza) externo al laboratorio.

Ing. Carlos Solerzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

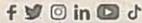
Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albaiza M.Sc.
DIRECTOR DEL LABORATORIO



"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Seréis mis testigos

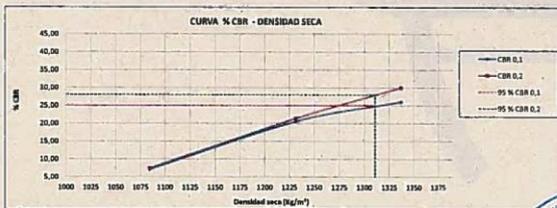
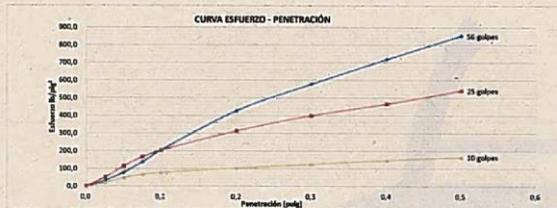
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

PROYECTO : Tesis Maico Cázares - Sebastián Iguayo
LOCALIZACIÓN : Santo Domingo
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN : ASTM D - 1883 - 16
NORMA : Material del Sector
CANTERA : SA-500
PROFUNDIDAD : 0.5m

SOLICITADO POR : _____
FISCALIZACIÓN : _____
CONTRATISTA : _____
FECHA DE INGRESO : 2023-09-05
FECHA DE ENTREGA : 2023-11-30
ORDEN DE TRABAJO Nº: 4680 S
HOJA : 22 de 42



Nota: CBR realizado con equipo manual (skittle medidor de Penetrat) externo al laboratorio.

Ing. Carlos Solorzano
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Ing. Edison Cueva
RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Alvarado
DIRECTOR DEL LABORATORIO

"Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad"

Dirección: Avenida 12 de Octubre y Alfredo Mena Caamaño
Código postal: 170525 / Teléfono: (593-2) 299 1700 Ext. 1529 / Correo: lmc-puce@puce.edu.ec
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

