

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe”

### **PROYECTO DE TITULACIÓN**

Previo la obtención del Título de:

### **MAGÍSTER EN GEOTECNIA**

Presentado por:

Aurelia Magaly Gaibor Lombeida

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año – 2023

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a quienes, con su presencia y apoyo, me han impulsado a lograr este objetivo, aquella mujer valiente, mi mamá, el ser que me devolvió la vida, mi hijo y mi gran amigo, quien nunca dejó de alentarme.

Adicional, este trabajo está dedicado a mi papá y hermano, quienes ya no están físicamente, pero me han acompañado en todo momento.

**Aurelia Magaly Gaibor Lombeida**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Quito, por las facilidades dadas para la consecución del trabajo.

**Aurelia Magaly Gaibor Lombeida**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Aurelia Magaly Gaibor Lombeida doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Aurelia Magaly Gaibor Lombeida

## **EVALUADORES**

---

MSc. Davide Besenzon  
**PROFESOR DE LA MATERIA**

---

Ph.D. Samantha Jiménez O.  
**PROFESOR TUTOR**

## RESUMEN

La presencia de suelos arcillosos o de baja capacidad portante es perjudicial para su uso como cimentación en obras ingenieriles, por lo tanto, se emplean mecanismos de estabilización física, química o mecánica para mejorarlos o modificarlos. Sin embargo, los mecanismos o materiales convencionales que se emplean para el mejoramiento de suelos encarecen la obra civil, por lo que una alternativa muy estudiada en la última década ha sido la reutilización de residuos industriales. Este proyecto tiene como objetivo evaluar la viabilidad del uso del relave minero para el mejoramiento de suelos, determinando el porcentaje óptimo de este en adición al suelo arcilloso. Para este propósito, se realizaron adiciones al suelo arcilloso en 5%, 10%, 15% y 20% de relave y mortero. El mortero empleado se realizó con el 100% de sustitución del agregado fino por relave y con una relación agua/material cementante de 0.65 y relave/material cementante de 1.80. Las mezclas fueron sometidas a ensayos físicos como granulometría por hidrómetro y límites de consistencia, determinando el tipo de suelo a través del Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO). Adicionalmente, se realizaron ensayos mecánicos como el valor soporte de California (CBR) y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados obtenidos se compararon con la especificación técnica del Ministerio de Transporte y Obras Pública (MTO) de Ecuador. Los resultados mostraron que la adición del 15% de mortero produjo los mejores resultados, comparable con el material base. Se obtuvo valores de 56% límite líquido, 47% de límite plástico, índice de plasticidad de 9%, un valor CBR de 15.4% y resistencia a la compresión no confinada de 5.76 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, el material adicionado con el 15% de mortero cumple con el valor de referencia para el índice de plasticidad establecido por el MTO para suelos estabilizados. Por el contrario, el límite líquido y CBR no cumplen con las restricciones del MTO. Esta información puede servir como línea base para futuras investigaciones, variando los porcentajes de mezclas de los materiales empleados en la estabilización de los suelos.

**Palabras Clave:** suelos arcillosos, relaves mineros, mejoramiento de suelos, material cementante, reaprovechamiento de residuos.

## **ABSTRACT**

*The presence of clayey soils or soils with low bearing capacity is detrimental to their use as foundations in engineering works; therefore, physical, chemical, or mechanical stabilization methods are used to improve or modify them. However, the conventional methods or materials used for soil improvement make engineering works more expensive; therefore, the use of mining residues has been widely studied in the last decade for its use in soil improvement. The objective of this project is to evaluate the feasibility of using mine tailings for soil improvement, determining the optimum percentage of tailings in addition to clayey soil. For this purpose, 5%, 10%, 15% and 20% of tailings and mortar were added to the clayey soil. The mortar used was made with 100% replacement of fine aggregate by tailings and with a ratio of 0.65 of water and cementitious material, and a ratio of 1.80 of tailings and cementitious material. The mixtures were subjected to physical tests such as hydrometer granulometry and consistency limits, determining the type of soil through the Soil Classification System (SUCS) and the American Association of State Highway Officials system (AASHTO). In addition, mechanical tests such as California Bearing Value (CBR) and unconfined compressive strength were performed. The results obtained were compared with the technical specification of the Ecuadorian Ministry of Transportation and Public Works (MTOP). The results showed that the addition of 15% of mortar produced the best results, comparable to the base material. Values of 56% liquid limit, 47% plastic limit, plasticity index of 9%, CBR value of 15.4% and unconfined compressive strength of 5.76 kg/cm<sup>2</sup> were obtained. Therefore, the material added with 15% of mortar complies with the reference value for the plasticity index established by the MTOP for stabilized soils. In contrast, the liquid limit and CBR do not comply with the MTOP restrictions. This information can be used as a baseline for future research, modifying the percentages of mixtures of the materials used in soil stabilization.*

*Keywords: clayey soils, mining tailings, soil improvement, cementing material, waste reuse.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1 Antecedentes .....	10
1.2 Problemática .....	11
1.3 Objetivos .....	12
1.3.1 Objetivo general .....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
1.4 Fundamentación teórica.....	13
1.4.1 Estabilización de suelos .....	13
1.4.2 Estabilización mecánica .....	13
1.4.3 Estabilización química.....	13
1.4.4 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos.....	14
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1 Revisión de literatura .....	15
2.2. Muestreo y preparación de los materiales (suelo y relave) .....	17
2.2.1 Suelo a estabilizar.....	17
2.2.2 Relave minero .....	18
2.3 Caracterización física del suelo y relave .....	19
2.3.1 Reducción a tamaño de ensayo.....	19
2.3.2 Gravedad específica .....	20
2.3.3 Granulometría .....	20
2.3.4 Límites de consistencia.....	21
2.4 Caracterización mecánica.....	22
2.4.1 Análisis de Suelo a estabilizar.....	23

2.4.2 Relave minero .....	23
2.4.3 Suelo - relave .....	23
2.4.4 Suelo - Cemento .....	24
2.4.5 Mortero con relave minero .....	25
2.4.6 Suelo - mortero .....	26
CAPÍTULO 3.....	28
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	28
3.1 Caracterización física.....	28
3.1.1 Suelo.....	28
3.1.2 Relave Minero .....	29
3.1.3 Suelo - relave .....	31
3.1.4 Suelo - cemento .....	32
3.1.5 Suelo - mortero .....	33
3.2 Caracterización mecánica.....	34
3.2.1 Suelo.....	34
3.2.2 Relave minero .....	37
3.2.3 Suelo-relave .....	39
3.2.4 Suelo-cemento .....	44
3.2.5 Mortero relave minero .....	46
3.2.6 Suelo-mortero .....	47
3.3 Comparación con la normativa ecuatoriana .....	54
CAPÍTULO 4.....	56
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
4.1 Conclusiones .....	56
4.2 Recomendaciones .....	57
Bibliografía.....	58
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Etapas de desarrollo del proyecto .....	15
Fig. 2. a) Extracción de suelo, b) Secado de suelo .....	18
Fig. 3. a) Secado del relave, b) Separación de partículas mayores a 4 mm, c) Reducción de grumos endurecidos .....	19
Fig. 4. a y b) Reducción de material a tamaño de ensayo.....	20
Fig. 5. a y b) Eliminación de vacíos del material en el picnómetro, c) Llenado del picnómetro con agua hasta la marca de calibración y registro de masa, d) Vertido de material en una bandeja que ingresa al horno.....	21
Fig. 6 a) Análisis granulométrico por método del hidrómetro, b) Tamizado del material	22
Fig. 7 a y b) Límites de consistencia del relave, c y d) Límites de consistencia del suelo.....	22
Fig. 8. a) Compactación proctor modificado, b) Ensayo CBR.....	23
Fig. 9. a) Incorporación de relave al suelo natural, b) Mezclado del material, c) Límites de consistencia.....	24
Fig. 10. a) Compactación suelo-cemento, b) Probetas para compresión no confinada.	25
Fig. 11. a) y b) Elaboración de probetas de morteros, c) y d) ensayo de resistencia a la compresión .....	27
Fig. 12. a) Elaboración de mortero, b) Adición de mortero al suelo natural, c) Probetas para ensayo de compresión simple.....	27
Fig. 13. Curva granulométrica de relave minero.....	30
Fig. 14 Curva granulométrica suelo-relave.....	32
Fig. 15 Curva granulométrica suelo-mortero .....	34
Fig. 16 Curva de compactación suelo natural.....	35
Fig. 17 Resistencia a la compresión no confinada suelo natural .....	35
Fig. 18 Valor soporte de California del suelo natural .....	36
Fig. 19 Curva de compactación relave minero .....	37
Fig. 20 Resistencia a la compresión no confinada de relave minero.....	38
Fig. 21 Valor soporte de California del relave minero .....	39
Fig. 22 Curvas de compactación suelo-relave.....	41
Fig. 23 Resistencia a la compresión no confinada suelo-relave.....	41
Fig. 24 Valor soporte de California suelo-relave 5%.....	42

Fig 25 Valor soporte de California suelo-relave 10%.....	42
Fig 26 Valor soporte de California suelo-relave 15%.....	43
Fig 27 Valor soporte de California suelo-relave 20%.....	43
Fig 28 Curva compactación suelo-cemento.....	44
Fig 29 Resistencia a la compresión no confinada suelo-cemento .....	45
Fig 30 Valor soporte de California suelo-cemento 15%.....	45
Fig. 31. Resistencia a la compresión de morteros .....	46
Fig. 32 Resistencia a la compresión no confinada suelo-mortero .....	49
Fig. 33 Valor soporte de California suelo-mortero 5% .....	49
Fig. 34 Valor soporte de California suelo-mortero 10% .....	50
Fig 35 Valor soporte de California suelo-mortero 15% .....	50
Fig 36 Valor soporte de California suelo-mortero 20% .....	51
Fig. 37. Densidad Seca Máxima de las mezclas .....	51
Fig. 38. Valores de soporte (CBR).....	52
Fig. 39 Resistencia a la Compresión simple $\text{kg/cm}^2$ (7 días) .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseños de morteros con relave minero .....	25
Tabla 2. Clasificación SUCS y AASHTO del suelo .....	28
Tabla 3. Clasificación SUCS y AASHTO del relave.....	31
Tabla 4 Clasificación SUCS y AASHTO de suelo-relave.....	31
Tabla 5 Clasificación SUCS y AASHTO del suelo-cemento .....	32
Tabla 6 Clasificación SUCS y AASHTO suelo-mortero .....	33
Tabla 7 Densidad seca máxima suelo-relave .....	39
Tabla 8 Resistencia a la compresión no confinada suelo-relave .....	40
Tabla 9 Valores de Soporte California Suelo-relave.....	40
Tabla 10. Resistencia a la compresión de morteros kg/cm <sup>2</sup> (28 días) .....	47
Tabla 11. Densidad seca máxima y humedad óptima suelo-mortero .....	47
Tabla 12 Resistencia a la compresión no confinada suelo-mortero .....	48
Tabla 13 Valor de soporte California suelo-mortero .....	48
Tabla 14 Valor soporte (CBR) de las muestras .....	52
Tabla 15 Resistencia a la Compresión simple kg/cm <sup>2</sup> (7días) .....	53
Tabla 16 Resumen propiedades físicas y mecánicas.....	55

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo 1. Ensayos de Clasificación SUCS y AASHTO
- Anexo 2. Ensayos de gravedad específica suelo y relave
- Anexo 3. Ensayos de Compactación Proctor Modificado
- Anexo 4. Ensayos de Valor soporte California (CBR)
- Anexo 5. Ensayos de Resistencia a la compresión no confinada

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que los suelos arcillosos presentan complicaciones durante los procesos constructivos. Los suelos arcillosos tienen baja capacidad de carga y presentan variación de volumen a medida que cambia el contenido de agua, lo que exige la búsqueda de mecanismos para mejorar estos suelos cuando constituyen la cimentación de una obra, como es el caso de la subrasante. Por tanto, la utilización de suelos de mejor calidad, reemplazando el suelo deficiente, modificándolo o mejorándolo (mediante mecanismos físicos, químicos o mecánicos) es fundamental en las obras de ingeniería. Sin embargo, esto resulta en altos costos cuando se utilizan los métodos o materiales convencionales para una estabilización.

Comúnmente se ha empleado la cal y el cemento portland para mejorar las propiedades de los suelos arcillosos y/o expansivos; aunado a esto, debido a que durante la producción del cemento portland se genera altas emisiones de carbono (Amakye & Abbey, 2021; Ardah et al., 2017; Jahandari et al., 2019; Rios et al., 2019), se ha incentivado el empleo de materiales alternos amigables con el medio ambiente para el mismo fin. De esta manera, se han empleado desechos industriales como ceniza de cascarilla de arroz, residuos de hormigón, fibras de vidrio, ceniza de aserrín, polvo de horno de cemento, cenizas volantes, relaves mineros, entre otros (Adeyanju & Okeke, 2019; Andavan & Pagadala, 2020; George et al., 2019; Ikeagwuani et al., 2019; Jahandari et al., 2019), para la sustitución parcial en la estabilización de la subrasante.

En el caso de los relaves mineros, estos se han analizado y a su vez utilizado para mejorar las capacidades de los suelos considerados de mala calidad. Los relaves mineros, debido a su composición química y mineralógica, son capaces de generar

reacciones parecidas a los materiales tradicionales. De la misma manera, se ha investigado la utilización de los relaves mineros en la elaboración de morteros y concretos, como sustituto tanto del cemento como del agregado fino, presentando resultados prometedores en el ámbito medioambiental, puesto que se le da una disposición final a este material y que, a su vez, desde una mirada en la tecnología del hormigón, estos reaccionan favorablemente en la disolución de sus fases en el medio altamente alcalino.

Con base en lo anterior, en este estudio se busca estabilizar un suelo considerado de mala calidad, mediante la mezcla de un mortero constituido por relave-cemento, adicionado en porcentaje similar al estabilizado por cemento, como lo estipula la normativa correspondiente.

## **1.1 Antecedentes**

La actividad minera ha permitido la inversión extranjera en los países en desarrollo como es el caso de Ecuador, que está apuntando a esta actividad como un pilar de crecimiento económico (Bebbington et al., 2008; Hatzold, 2013). Sin embargo, la minería es generadora de una gran cantidad de residuos, siendo los relaves los de mayor preocupación, debido a su alto potencial contaminante (Moreno & Neretnieks, 2006).

Los relaves mineros son el resultado de la extracción de minerales, que constituyen el conjunto de componentes de grano fino más agua (Sarker et al., 2022). Los relaves pueden ser contaminantes al medio ambiente cuando durante el proceso minero se emplearon procesos de cianuración e inertes donde no se involucraron elementos químicos para la separación de los minerales.

De manera general, los relaves mineros son depositados en sitios cercanos a las minas, ocupando grandes extensiones de terreno, por lo que el déficit de espacio

para su disposición está incrementando, por tanto, nace la necesidad de buscar nuevas alternativas para su reutilización (Lèbre et al., 2017).

En los últimos años, estos desechos mineros han tenido un importante uso en la industria de la construcción, ya que al ser un material fino tipo arena (Pereira dos Santos et al., 2022; Vo et al., 2022) ha sido empleado como agregado fino en hormigones o como sustituto del cemento (Barzegar Ghazi et al., 2022; Ince, 2019; Peng et al., 2022; Saedi et al., 2020; Y. Wang et al., 2022; Y. Zhang et al., 2020); en la elaboración de materiales cerámicos (Alfonso et al., 2022; Drif et al., 2021; Veiga Simão et al., 2021; J. Zhang et al., 2020); en la elaboración de mampuestos como ladrillos y bloques (Fang et al., 2011; Lemougna et al., 2019; Valdez Loaiza et al., 2020; Vilela et al., 2020), en carreteras, terraplenes, capas de pavimento (Amrani et al., 2020; Atta et al., 2022; Guoping et al., 2011), en mezclas asfálticas (Z. Wang et al., 2016; Wei et al., 2022), además de su uso como geo polímeros (Capasso et al., 2019; Kiventerä et al., 2016).

En Ecuador, el uso de relaves mineros en la industria de la construcción no se ha estudiado a profundidad. Sin embargo, teniendo en cuenta la proyección minera que tiene el país, esta alternativa podría evitar los problemas de disposición final de estos residuos, y limitaría la extracción de materias primas para la industria de la construcción. En este sentido, este proyecto busca analizar la aplicabilidad de los relaves mineros de la concesión minera Campanillas (situada al sur del país) en el mejoramiento de suelos arcillosos.

## **1.2 Problemática**

En Ecuador, es común encontrar suelos arcillosos que dificultan las labores de compactación para su uso en cimentaciones o base de carreteras; por tanto, estos suelos generalmente son sustituidos por suelos de mejor calidad o son estabilizados

empleando diversos materiales. Sin embargo, estos procesos pueden resultar costosos y no siempre son viables para los proyectos constructivos.

El uso de relaves mineros como material alternativo para la estabilización de suelos puede ser una alternativa viable en la industria de la construcción. Estos residuos se han empleado intensivamente en los últimos años en la fabricación de diversos materiales de construcción como ladrillo, baldosas, cemento, etc., dando resultados favorables, ya que en la mayoría de los casos su uso, en distintas proporciones, ha mejorado las propiedades mecánicas de los materiales.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar la aplicabilidad de los relaves mineros de la concesión Campanillas en la estabilización de suelos, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas en comparación con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa ecuatoriana, para la identificación de su idoneidad en las construcciones viales

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del relave minero y del suelo objeto de estudio, para la identificación de las posibles proporciones de mezcla suelo-relave.
- Determinar el porcentaje óptimo de relave minero que mejore las características físicas y mecánicas del suelo.
- Analizar la factibilidad del uso de relaves en el mejoramiento de suelo, con base en la comparación de los resultados de los ensayos con la normativa ecuatoriana.

## **1.4 Fundamentación teórica**

### **1.4.1 Estabilización de suelos**

La estabilización es un método empleado para mejorar las propiedades tanto físicas como mecánicas de los suelos expansivos, disminuyendo la plasticidad y aumentando la resistencia a la compresión (Jalal et al., 2020). Este tipo de suelos se puede mejorar aplicando compactación o incorporando aditivos.

Cuando las propiedades del suelo expansivo no son mejoradas con la estabilización mecánica, se emplea métodos químicos para su estabilización. De tal manera que, se emplean agentes estabilizadores o materiales aglutinantes que ayudan a los suelos débiles a mejorar sus propiedades geotécnicas. Generalmente los materiales aglutinantes usados son el cemento portland y la cal, las cuales establecen modificaciones en cuanto a las propiedades mecánicas y físicas, respectivamente.

### **1.4.2 Estabilización mecánica**

Consiste en incrementar la densificación, la relación de soporte y disminución de la plasticidad de los suelos problemáticos (Afrin, 2017), de forma estática o dinámica, a través de equipos mecánicos como apisonadores, vibradores, rodillos, entre otros (Gao et al., 2020; Pankrath et al., 2015).

### **1.4.3 Estabilización química**

Es el proceso de incorporar un aditivo a la subrasante con el objetivo de mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos. La adición de estos aditivos cambia la distribución de partículas y modifica su plasticidad (Cabezas & Cataldo, 2019).

Productos químicos como el cemento portland, cal, cenizas volantes, ceniza de cascarilla de arroz, entre otros, pueden ser utilizados para estabilizar los suelos (Phanikumar & Ramanjaneya Raju, 2020).

#### **1.4.4 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos**

Según especificación del Ministerio de Transporte y Obras Pública (MTO, 2002), la capa superior de una vía, a nivel de subrasante, debe estar constituida de suelo con óptimas características, sea estabilizado con cal, cemento, material pétreo, membranas sintéticas o mezcla de materiales. Los suelos considerados competentes como capas de subrasante son aquellos que presenten un índice de plasticidad menor a nueve, límite líquido máximo 35% y un valor soporte California (CBR) superior a 20%.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló en 4 etapas; revisión de literatura, caracterización física del suelo y relave, caracterización mecánica del suelo y relave, y comparación de los resultados obtenidos con la normativa aplicable (Fig. 1).

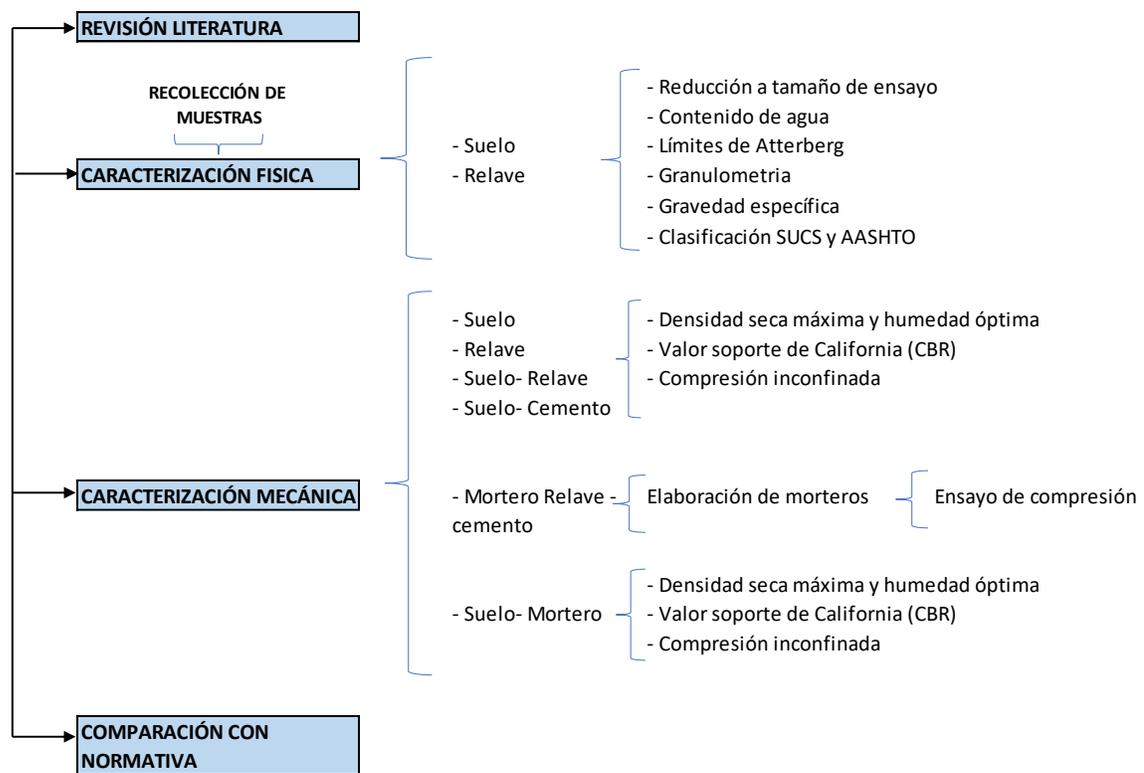


Fig. 1. Etapas de desarrollo del proyecto

### 2.1 Revisión de literatura

La utilización de desechos mineros en diferentes ámbitos de la construcción, como en vías y geotecnia, se ha venido ampliando para modificar o mejorar las

propiedades físicas o mecánicas del suelo. Por otro lado, también se ha utilizado como adición o sustitución de árido fino o cemento en la elaboración de morteros y concretos base cemento portland. Es así como, se han empleado como agregados en relleno de carreteras como lo comenta Amrani et al. (2020), quienes utilizaron una mezcla de rocas de mina de carbón con adiciones del 15% al 20% de ceniza volante clase F (FA class F), obteniendo resultados de CBR entre 11% y 17%, y compresiones inconfiadas de 1.18 MPa a 1.32 MPa. Del mismo modo, (Ojuri et al., 2017) emplearon relaves mineros como aglutinantes para estabilización de suelo laterítico clasificado como arena arcillosa (SC) y A-2-7(4), mediante una mezcla de cal y cemento en relación 1:2, obteniendo valores de compresión no confinada de 0.44MPa y CBR de 160% para una relación de suelo laterítico/relave (70/30) y 10% de aglutinante.

Por otra parte, (Etim et al., 2017) emplearon porcentajes de 0%, 2%, 4%, 6% y 8 % de cal con 0%, 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de contenido de relaves de hierro por peso seco del suelo (CH) y A-7-6(26); proviniendo que, con 8% de cal y 8% de relave lograron resultados superiores de compresión no confinada de 1.07 MPa con un valor CBR de 42%. En la misma línea, Shanmugasundaram & Shanmugam (2023), estabilizaron estos materiales agregando Cemento Portland Ordinario (CPO) al relave en un 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de su peso seco, determinando resistencias a la compresión no confinada de 0.19MPa, 0.25MPa, 0.33MPa, 0.42MPa y 0.47MPa, respectivamente, y valores CBR de 19%, 25%, 32%, 37% y 39% consecuentemente.

Agregando a lo anterior, Odumade et al. (2022) obtuvieron el mejor rendimiento al mezclar el suelo expansivo (CH) y A-7-6(24) con 20% de relaves de plomo-zinc y 12% cemento de piedra caliza Portland (PLC), con una resistencia no confinada de 0.67 MPa.

Sin embargo, Sheikhhosseini Lori et al. (2021) estabilizaron un suelo arenoso (SP) con 10%, 15% y 20% de relave de hierro obteniendo resistencia no confinada de

0.5MPa, 0,7MPa y 0.8MPa, consecuentemente al mezclar con concentraciones molares de 4M, 7M y 10M de hidróxido de potasio (KOH), la resistencia no confinada aumentó a 2MPa, 2.5MPa y 3MPa al usar 10M de KOH.

Referente a uso en morteros, Fontes et al. (2016) usaron la sustitución del 100% del agregado fino por relave obteniendo 15 MPa de resistencia a la compresión, siendo 13% más alto respecto a la muestra de control. Caso contrario de (Shettima et al., 2016) que alcanzaron una resistencia de 38.5MPa. , siendo 1.5% más alto respecto a la muestra de control. De igual forma, Chi et al. (2023); Ince (2019); Siddique & Jang (2020), establecieron que los relaves mineros generaron un aumento en la resistencia a la compresión de los morteros de cemento, especialmente cuando se emplearon como reemplazo de la arena desde el 10% hasta el 30%, obteniéndose valores de 35 MPa a 42 MPa, respectivamente.

## **2.2. Muestreo y preparación de los materiales (suelo y relave)**

### **2.2.1 Suelo a estabilizar**

La parroquia de Cutuglahua, se encuentra al pie del volcán Atacazo, está formada por suelo de origen volcánico con sedimentos de la formación Macuchi y Cangahua, depósitos de ceniza, piedra pómez, lava y materiales piroclásticos provenientes del Atacazo. Toda esta zona se caracteriza por encontrarse sobre un suelo de orden Andisol, siendo de color negro y textura fina como limosa o franco limoso (GAD Municipal del Cantón Mejía, 2020). Por tal razón, se estableció obtener suelo del sector Santo Domingo de Cutuglahua, perteneciente a la provincia de Pichincha, ubicado al norte del Cantón Mejía. Para ello, se realizaron calicatas a 50 cm de profundidad, previo la remoción de la capa vegetal existente de 20 cm (Fig. 2a). Dicho material se homogenizó según la norma ASTM C 702, para el cual, previo al tamizado a través de la malla N°4, este se secó a temperatura ambiente (Fig. 2b).



Fig. 2. a) Extracción de suelo, b) Secado de suelo

### 2.2.2 Relave minero

El relave minero objeto del presente estudio fue muestreado en la concesión “Campanillas” -proceso realizado por la misma Concesión-, ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, al sur del Ecuador. Lalangui y Méndez (2021), realizaron la caracterización química del relave determinados por contenido de elementos traza, XRF y pruebas de lixiviación donde establecieron índices favorables para el medio ambiente, catalogándolos como inertes; por tanto, no presentarán lixiviación de contaminantes al suelo. Adicional a ello, presentaron información de la caracterización granulométrica del material determinando un diámetro de partícula de  $79.75 \mu\text{m}$  y; según los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO, se clasificó como arenas finas y limo arenosos. La composición mineralógica por Difracción de Rayos X (XRD) mostró la presencia de cuarzo, albita-anortita, andradita de 35.87%, 22%, 19% y 7% respectivamente, y el análisis químico elemental con Fluorescencia de rayos x (XRF) arrojó valores de 56.76% de  $\text{SiO}_2$ , 9.09% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 12.59% de  $\text{CaO}$  y 11.12% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Para el presente proyecto se utilizó una muestra de 300 Kg de relave. La muestra fue sometida a un proceso de homogenización (según norma ASTM C 702), la cual

establece que el material se lo debe secar a temperatura ambiente sobre un material no absorbente (Fig 3a), y cribado a través del tamiz N° 4 para separación de las partículas mayores a 4 mm (Fig. 3b) y realizando presión con los dedos sobre el material se redujo el tamaño de este que se encontraba formando grumos endurecidos (Fig. 3c).

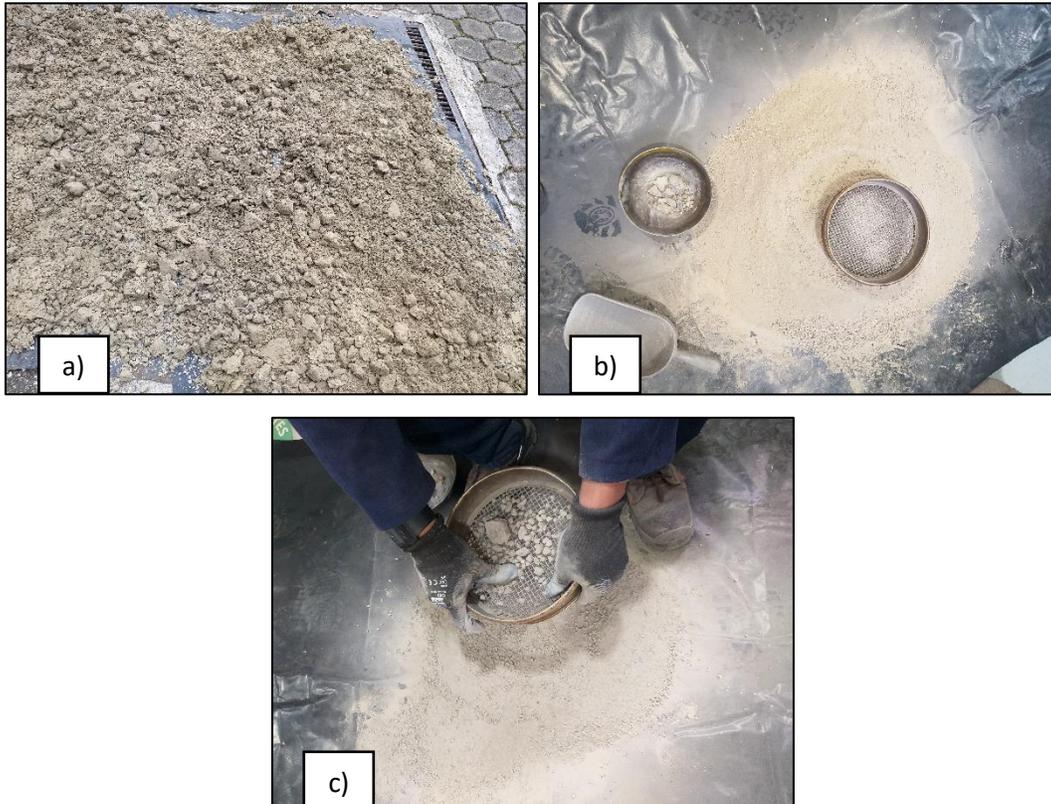


Fig. 3. a) Secado del relave, b) Separación de partículas mayores a 4 mm, c) Reducción de grumos endurecidos

## 2.3 Caracterización física del suelo y relave

### 2.3.1 Reducción a tamaño de ensayo

Según lo que estipula la ASTM C 702 se homogenizó el material y se redujo a tamaño de ensayo (Fig. 4a y 4b), y se realizó: gravedad específica (ASTM D854), análisis granulométrico (ASTM D422), contenido de agua (ASTM D2166), límite

líquido y límite plástico (ASTM D4318). Además, se realizó la clasificación SUCS (ASTM D 2487) y AASHTO (ASTM D 3282) para determinar el tipo de suelo.



Fig. 4. a y b) Reducción de material a tamaño de ensayo

### 2.3.2 Gravedad específica

La gravedad específica es la densidad de las partículas sólidas de un material excluyendo los vacíos; según la norma ASTM D854, que consiste en pesar 60 gr del material seco, se coloca en el picnómetro, llenándolo de agua hasta la tercera parte de su volumen y se extraen los vacíos con ayuda de una bomba (Fig. 5a y 5b), posteriormente se llena el volumen del matraz hasta la marca de calibración, se registra la masa (Fig. 5c) y se vierte en un recipiente que ingresará al horno (Fig. 5d), pasado 24 horas se registrará la masa seca.

### 2.3.3 Granulometría

El análisis granulométrico es la separación del material en sus diferentes tamaños (Fig. 6b), para la determinación de las partículas se empleó el método del hidrómetro según la norma ASTM D422 (Fig. 6a).

### 2.3.4 Límites de consistencia

También denominados límites de plasticidad, por medio de los cuales se establece la condición del suelo al existir variación en su contenido de humedad, determinándose límite líquido (LL) y límite plástico (LP) cuyo nombre se debe al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916), que está regido por la norma ASTM D4318 (Fig. 7).

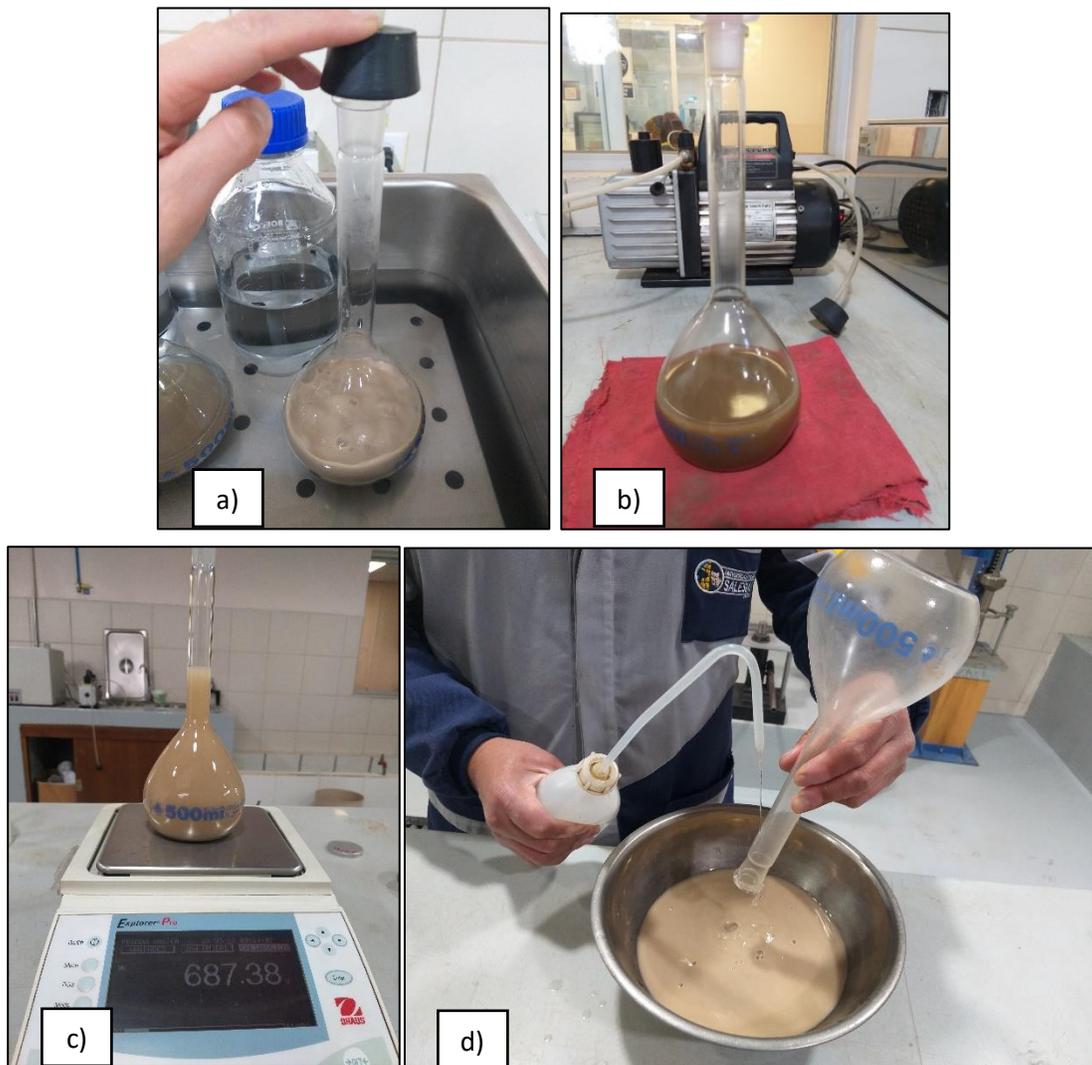


Fig. 5. a y b) Eliminación de vacíos del material en el picnómetro, c) Llenado del picnómetro con agua hasta la marca de calibración y registro de masa, d) Vertido de material en una bandeja que ingresa al horno

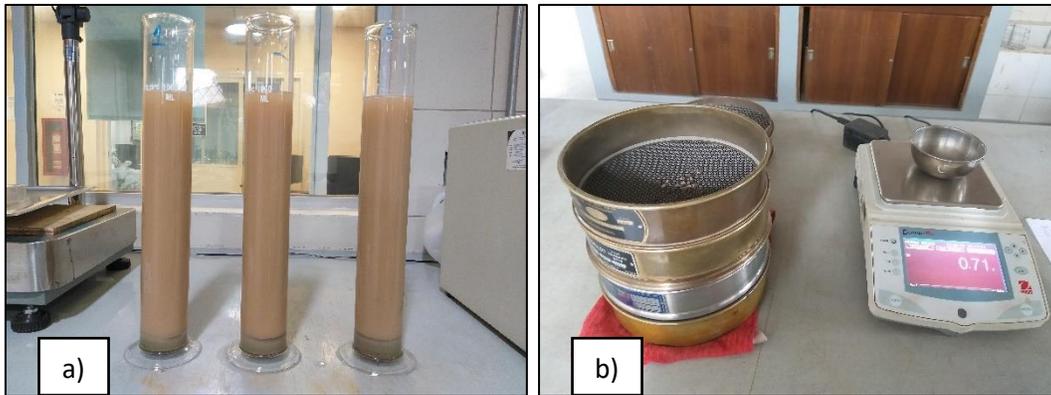


Fig. 6 a) Análisis granulométrico por método del hidrómetro, b) Tamizado del material

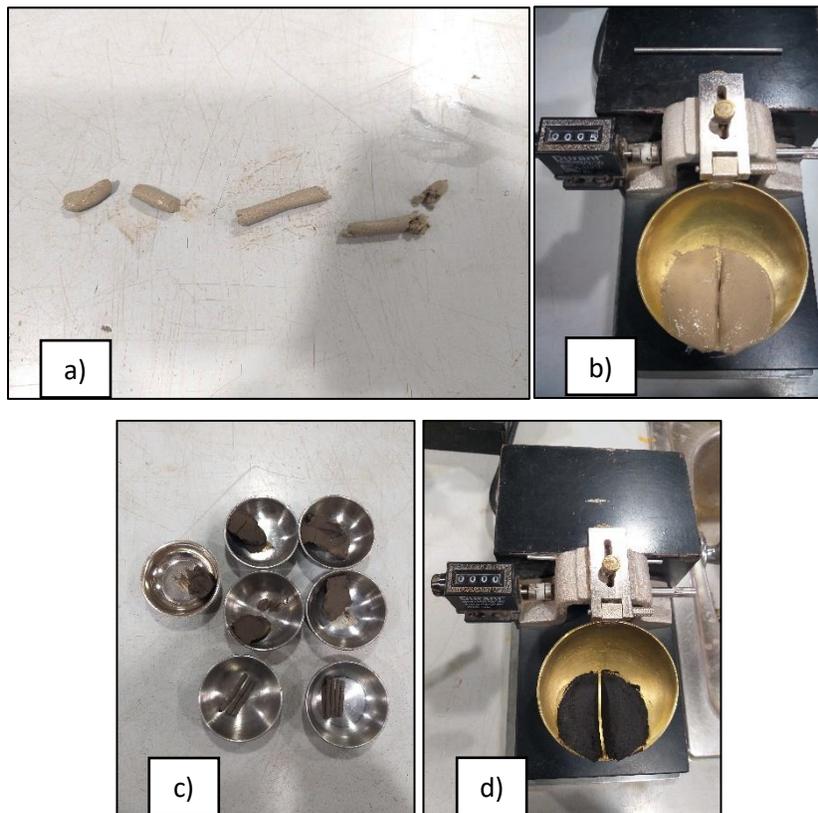


Fig. 7 a y b) Límites de consistencia del relave, c y d) Límites de consistencia del suelo

## 2.4 Caracterización mecánica

La caracterización mecánica se realizó para los siguientes casos: (1) suelo, (2) relave, (3) suelo-relave, (4) suelo-cemento, (5) mortero con relave minero y (6) suelo-mortero.

### 2.4.1 Análisis de Suelo a estabilizar

En el suelo se determinó la densidad seca máxima y humedad óptima mediante el ensayo de compactación proctor modificado (PM) (ASTM D 1557) (Fig. 8a), de la misma manera luego de este ensayo según la ASTM D 1883 se determinó el valor de soporte California (CBR) (Fig. 8b). y se elaboraron probetas para realizar ensayos de compresión no confinada (ASTM D 2166).

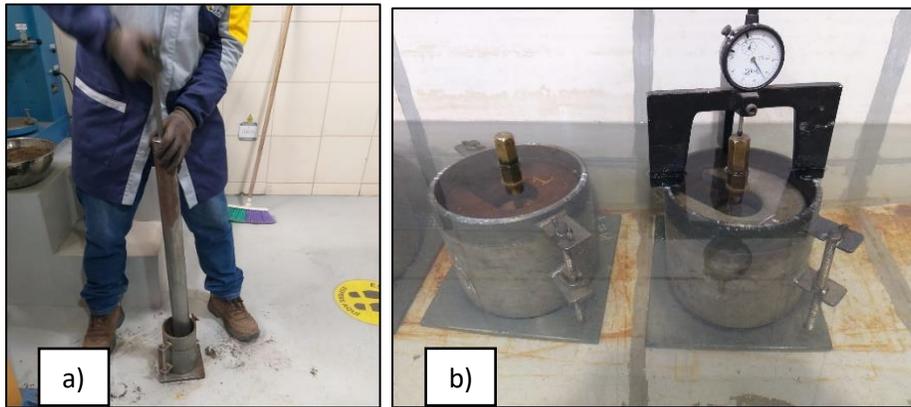


Fig 8. a) Compactación proctor modificado, b) Ensayo CBR

### 2.4.2 Relave minero

A partir del ensayo de compactación proctor modificado (PM) (ASTM D 1557) se determinó la densidad seca máxima y humedad óptima, posterior según la STM D 1883 se obtuvo el valor de soporte California (CBR) y se confeccionaron probetas para realizar ensayos de compresión simple (ASTM D 2166).

### 2.4.3 Suelo - relave

En la mezcla suelo-relave se realizó la compactación proctor modificado (ASTM D 1557), determinándose la densidad seca máxima y humedad óptima, se desarrolló el ensayo de CBR según ASTM D 1883, se realizaron límites de consistencia (Fig 9c) y prepararon probetas para realizar ensayos de compresión simple (ASTM D

2166) para porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de relave al suelo natural (Fig. 9a y Fig. 9b).

#### 2.4.4 Suelo - Cemento

El suelo se mezcló con cemento correspondiente al 15% en adición según el tipo de suelo obtenido (suelo arcilloso) con base a la norma AASHTO T 134. En la mezcla suelo-cemento se realizó el PM (ASTM D 1557) (Fig. 10a), determinándose la densidad seca máxima y humedad óptima, se desarrolló el ensayo CBR según ASTM D 1883, se determinaron los límites de consistencia y se confeccionaron probetas para realizar ensayos de compresión no confinada (ASTM D 2166) (Fig. 10b).

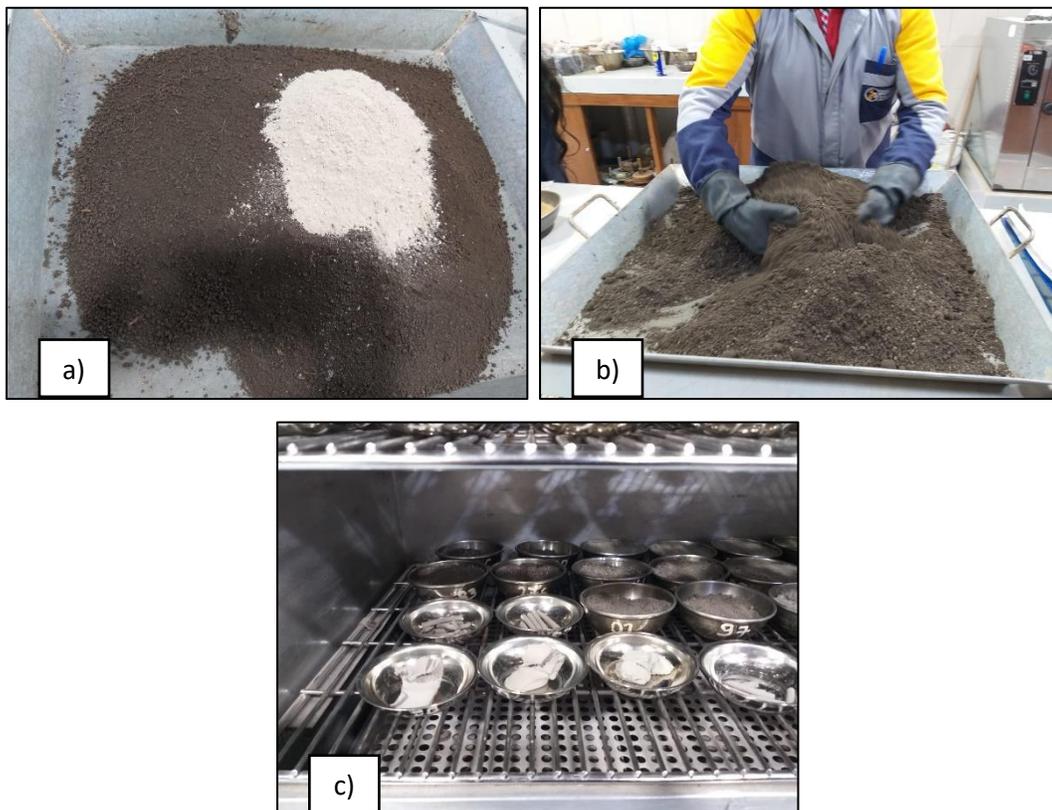


Fig. 9. a) Incorporación de relave al suelo natural, b) Mezclado del material, c) Límites de consistencia



Fig. 10. a) Compactación suelo-cemento, b) Probetas para compresión no confinada

#### 2.4.5 Mortero con relave minero

Según lo estipulado por Fontes et al. (2016) y W. Zhang et al. (2020), se realizó el diseño de los morteros reemplazando el 100% del agregado fino por relave, de acuerdo con las relaciones relación agua / material cementante (a/mc) y relación relave / material cementante (r/mc) mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseños de morteros con relave minero (NTE INEN 488:2009)

MORTERO	a/mc	r/mc		
		2.75	2.00	1.80
RV1	0.98	X		
RV2	0.60			X
RV3	0.65			X
RV4	0.67		X	
RV5	0.70			X

Definiéndose para este estudio el diseño de mortero (RV3) de a/mc de 0.65 y r/mc de 1.80 que resultó relativamente semejante a los valores de a/mc de 0.74 y r/mc de 2.0 obtenidos por Ince (2019), pero mayor a lo obtenido por (Chen et al., 2022) con relación a/mc de 0.50 y r/mc de 3.0, debido a que el relave requirió mayor cantidad de agua para hidratarse. Para la preparación de cada mezcla se utilizó una

mezcladora mecánica, en la cual los componentes cemento y agua se mezclaron primero, posterior se añadió el relave y se confeccionaron los cubos de 50 x 50 x 50mm (Fig. 11a y Fig. 11b) para realizar ensayos de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14, 28 y 56 días según la norma ASTM C 109 (Fig. 11c y Fig. 11d).

#### **2.4.6 Suelo - mortero**

Para la adición del mortero relave-cemento, se establecieron variaciones de incremento al suelo natural en el orden del 5%, 10%, 15% y 20%. Lo anterior, con la finalidad de establecer parámetros comparativos en la adición de los materiales para la estabilización del suelo. El mortero seleccionado es aquel que tuvo una relación de a/mc de 0.65 y relación r/mc de 1.80.

Para la mezcla suelo-mortero, se realizó la mezcla del mortero (Fig. 12a), y este se adicionó al suelo natural en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% (Fig. 12b), y se determinó la densidad seca máxima y contenido de humedad óptima (ASTM D 1557), se desarrolló el ensayo CBR según ASTM D 1883, se realizaron límites de consistencia y se confeccionaron probetas para ensayos de compresión uniaxial (ASTM D 2166) (Fig. 12c).

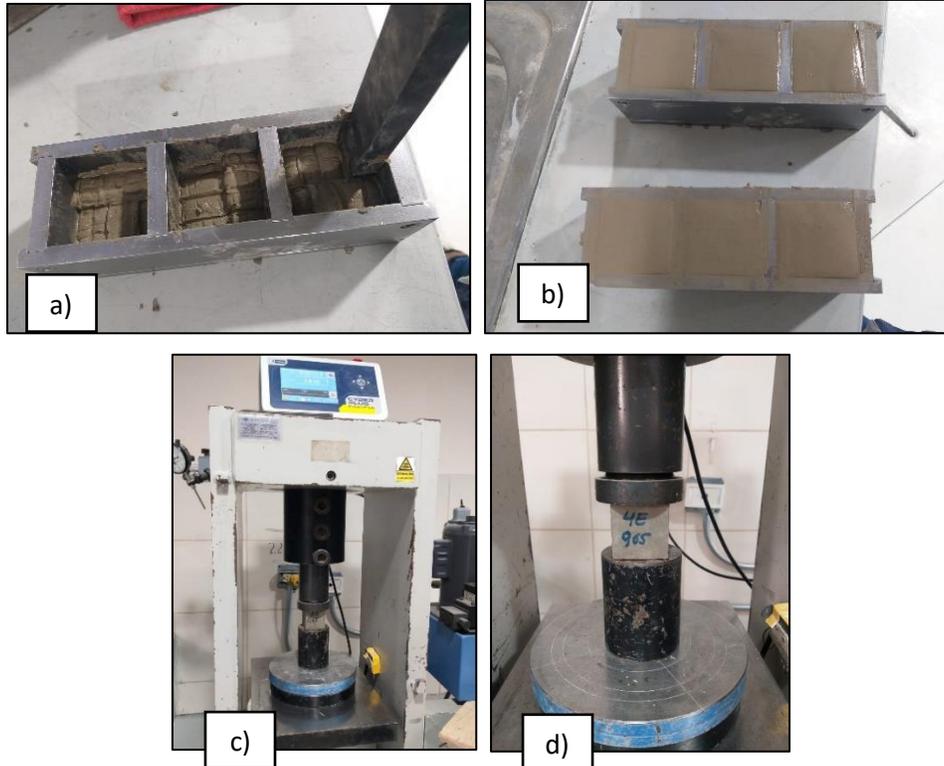


Fig. 11. a) y b) Elaboración de probetas de morteros, c) y d) ensayo de resistencia a la compresión

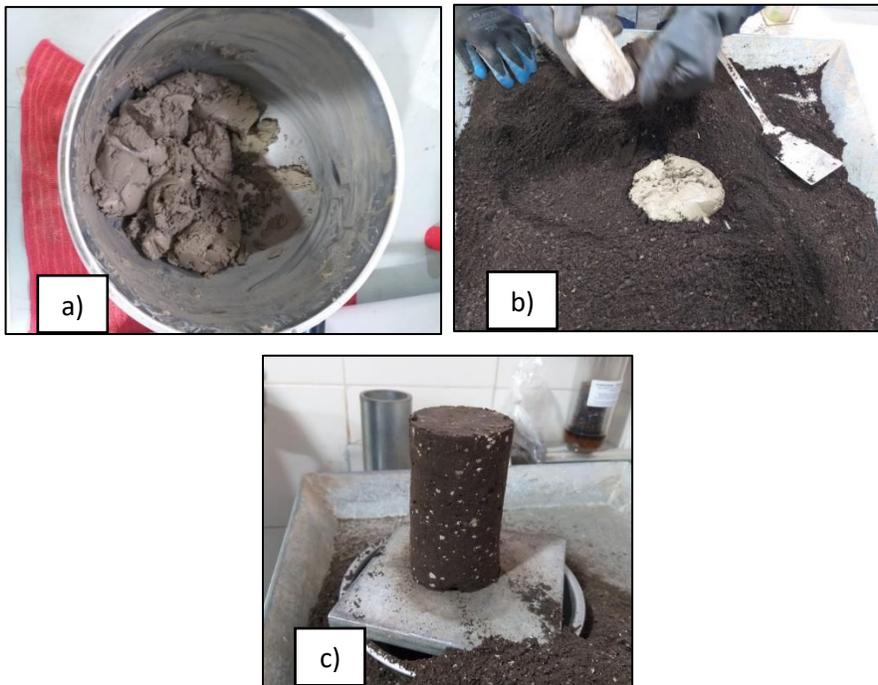


Fig. 12. a) Elaboración de mortero, b) Adición de mortero al suelo natural, c) Probetas para ensayo de compresión simple.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en el presente estudio se presentan a continuación:

### 3.1 Caracterización física

Los resultados de los ensayos realizados sobre el suelo y el relave se presentan en los Anexos 1 y 2.

#### 3.1.1 Suelo

En la Tabla 2, se puede evidenciar la clasificación del suelo en estudio, el cual corresponde a un limo elástico arenoso (MH) según SUCS; sin embargo, acorde a la clasificación AASHTO es A-7-5 (9) (suelo arcilloso).

Tabla 2. Clasificación SUCS y AASHTO del suelo

Muestra nº	Límites de consistencia			Granulometría (% pasante)				Clasificación de suelos	
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tamiz nº 4	Tamiz nº 10	Tamiz nº 40	Tamiz nº 200	SUCS	AASHTO
1	55	43	12	100	98	92	66	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (10) - Suelo arcilloso
2	58	42	16	97	92	83	58	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (9) - Suelo arcilloso
3	58	42	16	99	97	91	61	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (10) - Suelo arcilloso

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de plasticidad

Se determinó la gravedad específica del suelo entre 2.38 a 2.40, ligeramente similar al determinado por Etim et al. (2017) de 2.48.

El suelo analizado tiene una correspondencia o similitud al estabilizado por Etim et al. (2017) y Odumade et al. (2022), los cuales se asemejan en el límite líquido mas no en los límites plásticos e índice de plasticidad que, son superiores al estudiado en este proyecto. Con base a lo anterior, estos investigadores los clasifican como CH mediante el SUCS y como A-7-6 en el AASHTO; esta última casi igual al determinado en este estudio como A-7-5.

### **3.1.2 Relave Minero**

La curva granulométrica del relave se definió por medio de la granulometría por hidrómetro, la cual permitió determinar los tamaños de los granos menores a la malla #200. Los resultados de porcentaje pasante se presentan en el Anexo 1. Con la curva granulométrica (Fig. 13) se determinó el diámetro de partícula ( $d_{80}$ ) que fue igual a 70  $\mu\text{m}$ , que es ligeramente similar a lo determinado por Lalangui y Méndez (2021), que determinaron un valor de 79.75  $\mu\text{m}$ , pero a diferencia de ellos en este estudio se determinó que el material de relave presenta partículas a partir de 1.4  $\mu\text{m}$ .

La búsqueda o determinación del tamaño promedio de la partícula ( $d_{50}$ ) va en función únicamente de establecer la propiedad física. Lo anterior con base a que los demás autores utilizan un relave minero de diferente procedencia, como Shanmugasundaram & Shanmugam (2023), quienes usaron relaves de magnesita con un  $d_{50} = 107 \mu\text{m}$ , Sheikhhosseini Lori et al. (2021) emplearon relaves de cobre con  $d_{50} = 105 \mu\text{m}$ , (Ojuri et al., 2017) utilizó relave minero de hierro con  $d_{50}$  de 400  $\mu\text{m}$ , lo que difiere con los resultados obtenidos de un  $d_{50} = 45 \mu\text{m}$  del relave minero de oro. Con lo que se infiere que el relave minero en análisis tiene un mayor grado de reactividad y mayor velocidad de hidratación, ya que posee un área superficial mayor al de los otros relaves comparados.

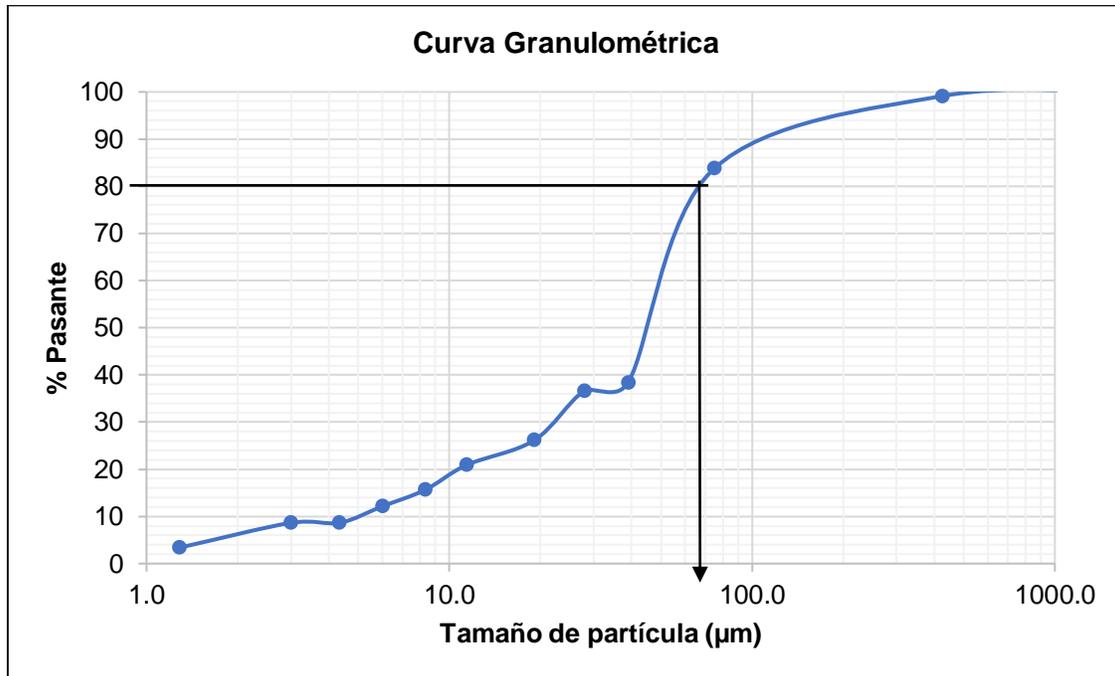


Fig. 13. Curva granulométrica de relave minero

Se determinó un valor de gravedad específica de 2.93, el cual es superior a los valores encontrados por Andrews et al. (2022) y Shanmugasundaram & Shanmugam (2023) que correspondían a 2.72 y 2.83, respectivamente. Lo anterior tiene ligera similitud a lo determinado por Wagner et al. (2022) de 2.97.

Los límites de consistencia de este material tienen un valor igual a cero, según se muestra en la Tabla 3; por tanto, es un material que no tiene plasticidad.

La clasificación del relave según SUCS y AASHTO se presentan en la Tabla 3, que corresponde a Limo (ML) y A-4(0) (suelo limoso), respectivamente.

### 3.1.3 Suelo - relave

Como se puede apreciar en la Tabla 4, para cada incremento de relave añadido al suelo natural el LL, LP e IP disminuyeron entre 1% a 2%, por tanto, para los diferentes porcentajes de adición de relave minero al suelo A-7-5 (según AASHTO), se tuvo una mejoría de este a partir del 10% de adición generándose un cambio a un suelo limoso A-5. Por otra parte, el porcentaje pasante a la malla N° 200 incrementó en 25% con relación al suelo natural, lo que sugiere mayor cantidad de finos por el tamaño de partícula del relave (Fig. 14)

Tabla 3. Clasificación SUCS y AASHTO del relave

Muestra n°	Límites de consistencia			Granulometría (% pasante)			Clasificación de suelos	
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tamiz n° 10	Tamiz n° 40	Tamiz n° 200	SUCS	AASHTO
1	0	0	0	100	99	84	ML (Limo con arena, color café caro)	A-4 (0) - Suelo limoso
2	0	0	0	100	100	88	ML (Limo, color café claro)	A-4 (0) - Suelo limoso
3	0	0	0	100	100	88	ML (Limo, color café claro)	A-4 (0) Suelo limoso

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de plasticidad

Tabla 4 Clasificación SUCS y AASHTO de suelo-relave

Muestra n°	Límites de consistencia			Granulometría (% pasante)				Clasificación de suelos	
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tamiz n° 4	Tamiz n° 10	Tamiz n° 40	Tamiz n° 200	SUCS	AASHTO
suelo-relave 5%	54	43	11	100	99	94	75	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (11) - Suelo arcilloso
suelo-relave 10%	52	43	9	100	99	96	76	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-5 (10) - Suelo limoso
suelo-relave 15%	50	42	8	100	100	99	75	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-5 (9) - Suelo limoso

suelo-relave 20%	48	41	7	100	100	99	76	ML (Limo arenoso, color negruzco)	A-5 (8) - Suelo limoso
------------------	----	----	---	-----	-----	----	----	-----------------------------------	------------------------

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de plasticidad

Sin embargo, la adición del 5% de relave minero no refleja un cambio en la consistencia del suelo natural; manteniendo de esta manera la misma clasificación por ambos sistemas.

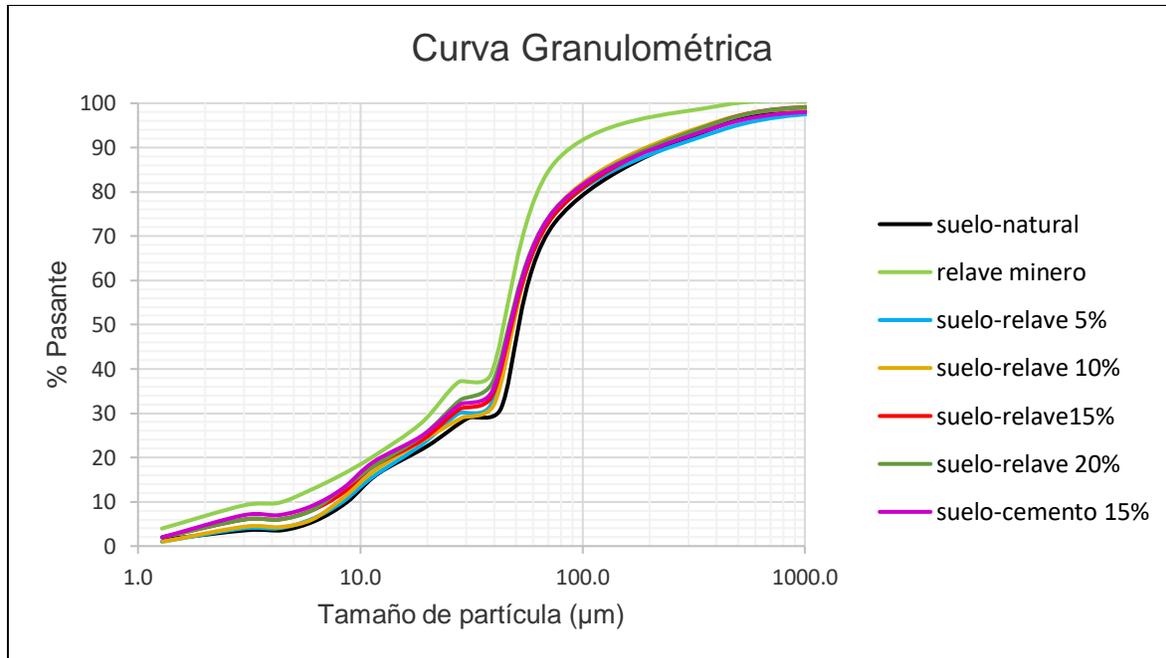


Fig. 14 Curva granulométrica suelo-relave

### 3.1.4 Suelo - cemento

Se registraron límites de consistencia indicados en la Tabla 5 con los cuales, al igual que la adición del 15% de relave minero, se clasifica al suelo estabilizado químicamente como MH (Limo elástico arenoso) y A-5(9) según SUCS y AASHTO, respectivamente.

Tabla 5 Clasificación SUCS y AASHTO del suelo-cemento

Límites de consistencia			Granulometría (% pasante)				Clasificación de suelos	
LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tamiz nº 4	Tamiz nº 10	Tamiz nº 40	Tamiz nº 200	SUCS	AASHTO

51	44	7	100	99	92	74	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-5 (9) - Suelo limoso
----	----	---	-----	----	----	----	--	------------------------

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de plasticidad

### 3.1.5 Suelo - mortero

La adición de los diferentes porcentajes de mortero arrojó como resultado límites de consistencia y consecuentemente, clasificaciones semejantes a partir del 10% de adición de los diferentes materiales. Lo que sugiere físicamente que las estabilizaciones realizadas modifican al material base y que los resultados son iguales tanto para la adición del relave, cemento o mortero, coincidiendo en un mismo tipo de material según los dos sistemas, es decir un A-5 (suelo limoso) (Tabla 6). Además, el porcentaje pasante de las mallas N°4, N°10 y N°40 disminuye entre 3% y 5%, lo que sugiere que el tamaño de partícula incrementa al adicionar el mortero al suelo como se muestra en la Fig. 15.

Tabla 6 Clasificación SUCS y AASHTO suelo-mortero

Muestra n°	Límites de consistencia			Granulometría (% pasante)				Clasificación de suelos	
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tamiz n° 4	Tamiz n° 10	Tamiz n° 40	Tamiz n° 200	SUCS	AASHTO
suelo-mortero 5%	61	47	14	99	98	93	70	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (13) - Suelo arcilloso
suelo-mortero 10%	58	46	12	100	100	95	73	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-7-5 (12) - Suelo arcilloso
suelo-mortero 15%	56	47	9	98	94	88	68	MH (Limo elástico arenoso, color negruzco)	A-5 (9) - Suelo limoso
suelo-mortero 20%	49	41	8	96	91	84	65	ML (Limo arenoso, color negruzco)	A-5 (6) - Suelo limoso

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de plasticidad

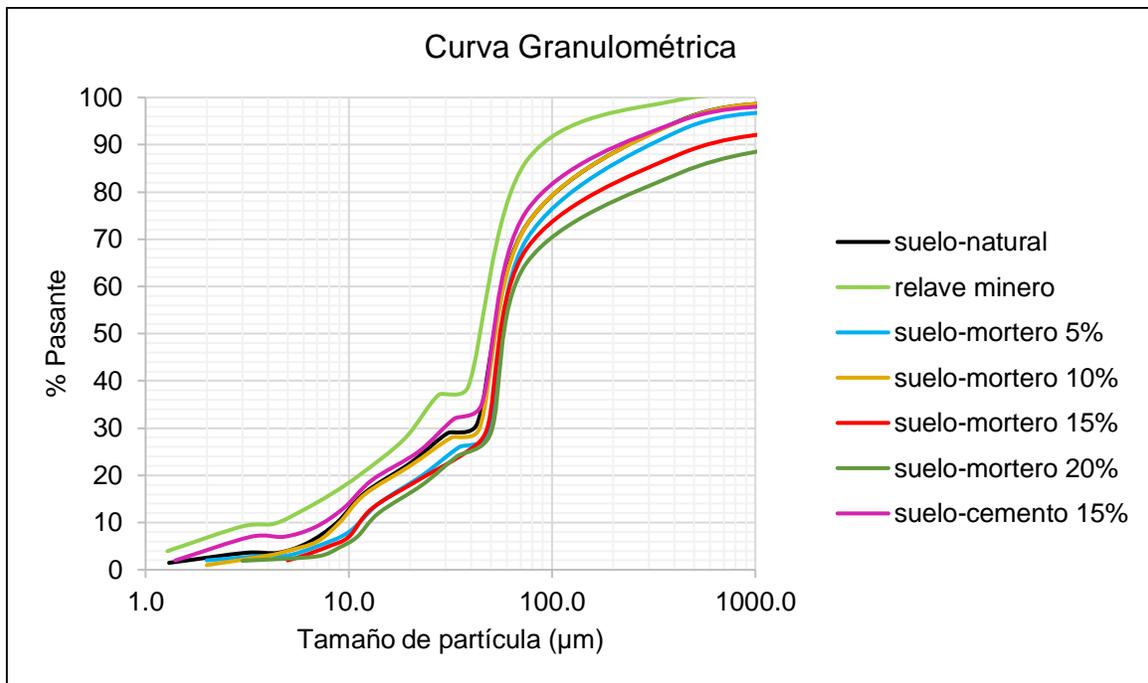


Fig. 15 Curva granulométrica suelo-mortero

## 3.2 Caracterización mecánica

### 3.2.1 Suelo

Considerando que la clasificación SUCS del suelo lo sitúa como un MH, este presentó un valor de densidad seca máxima y humedad óptima de  $1206 \text{ kg/m}^3$  y  $35.96\%$  respectivamente (Fig. 16). Consecuentemente, se obtuvo la resistencia a la compresión no confinada de  $3.17 \text{ kg/cm}^2$  (Fig. 17) y un valor CBR de  $5.1 \%$  (Fig. 18).

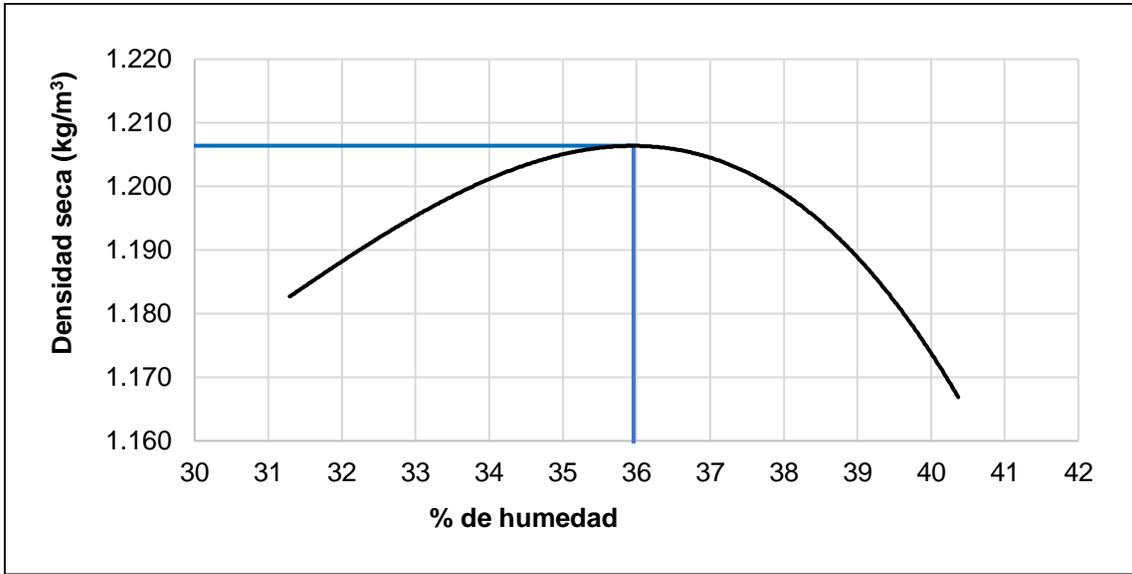


Fig. 16 Curva de compactación suelo natural

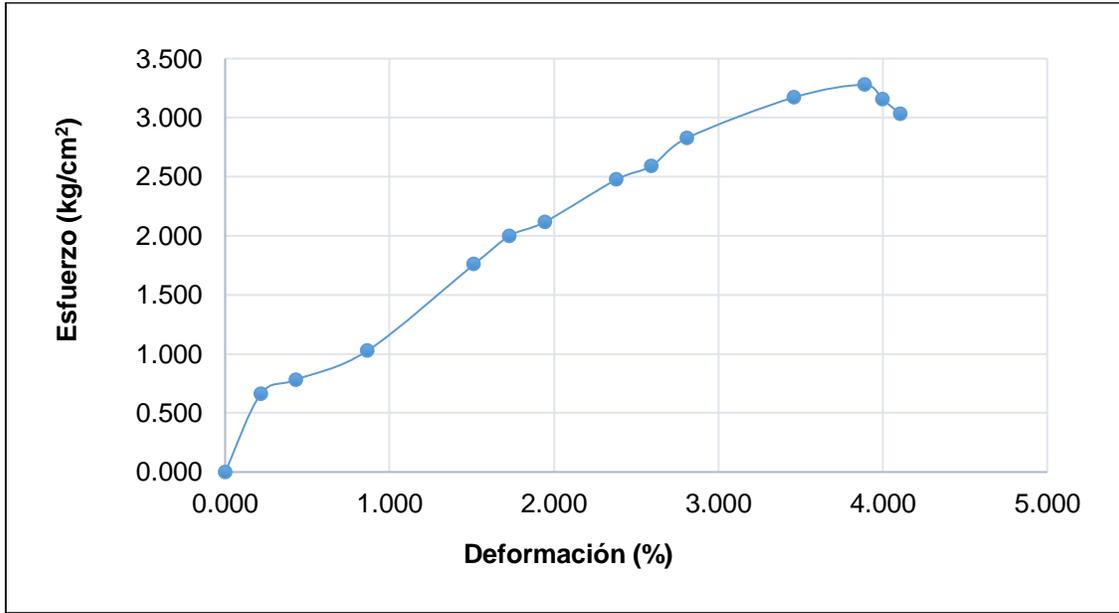


Fig. 17 Resistencia a la compresión no confinada suelo natural

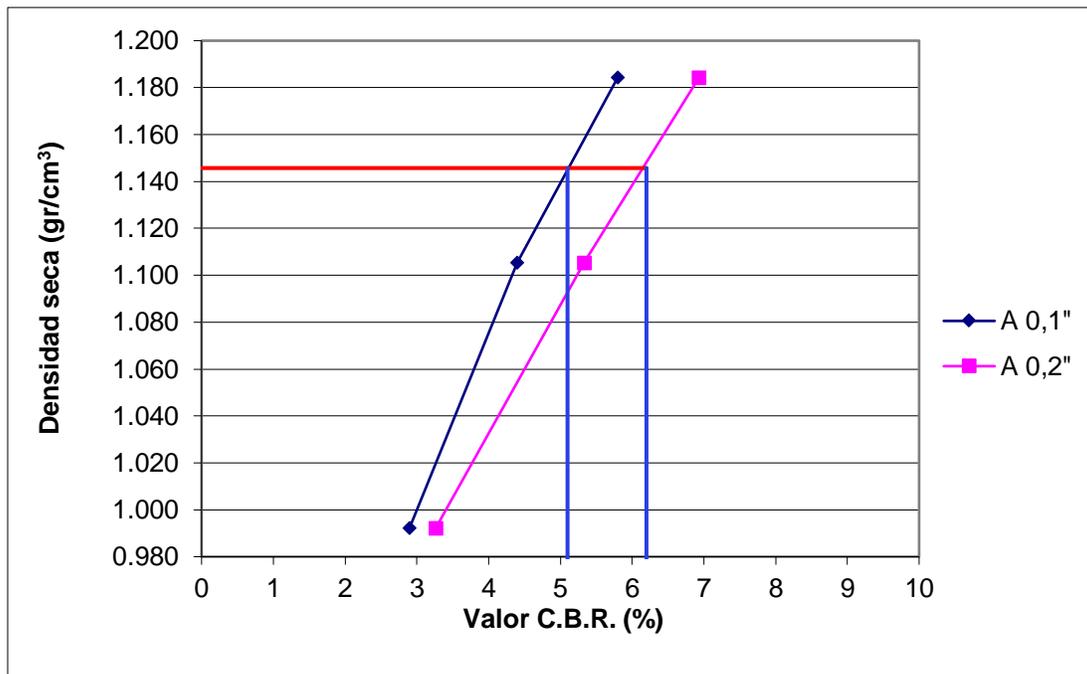


Fig. 18 Valor soporte de California del suelo natural

Los suelos estudiados por Etim et al. (2017), establecieron una densidad seca máxima de  $1560 \text{ kg/m}^3$ , valor de compactación relativamente más alto al suelo en estudio; sin embargo, los valores de CBR presentados por Etim et al. (2017) de 3% y Odumade et al. (2022) de 2.15% difieren en aproximadamente de 2% a 3% comparados con el analizado. Por otra parte, la compresión inconfiada arrojó como resultado  $3.17 \text{ kg/cm}^2$  lo que difiere con los resultados de Etim et al. (2017) de  $1.07 \text{ kg/cm}^2$ .

Se puede inferir que esta diferencia de los resultados radica en la diferencia de los suelos (aunque sean similares) en cuanto al porcentaje de partículas pasantes del tamiz N° 200, referente al analizado por Etim et al. (2017) que es superior al utilizado en esta investigación; lo que le confiere a ese suelo, propiedades cohesivas pero no friccionantes entre sus partículas, generando así un menor desempeño mecánico en cuanto al CBR y la compresión no confinada.

### 3.2.2 Relave minero

El proceso de compactación arrojó un valor de densidad seca máxima y humedad óptima de  $1983 \text{ Kg/m}^3$  y  $11.23\%$  como se indica en la Fig. 19, respectivamente; siendo estos en un  $61\%$  más alto y  $31\%$  más bajo en relación con el suelo. De la misma manera, la compresión simple del relave dio un valor de  $3.60 \text{ kg/cm}^2$  (Fig. 20) el cual es relativamente cercano al del suelo natural, con lo que se puede inferir que se debe al tamaño de las partículas del relave.

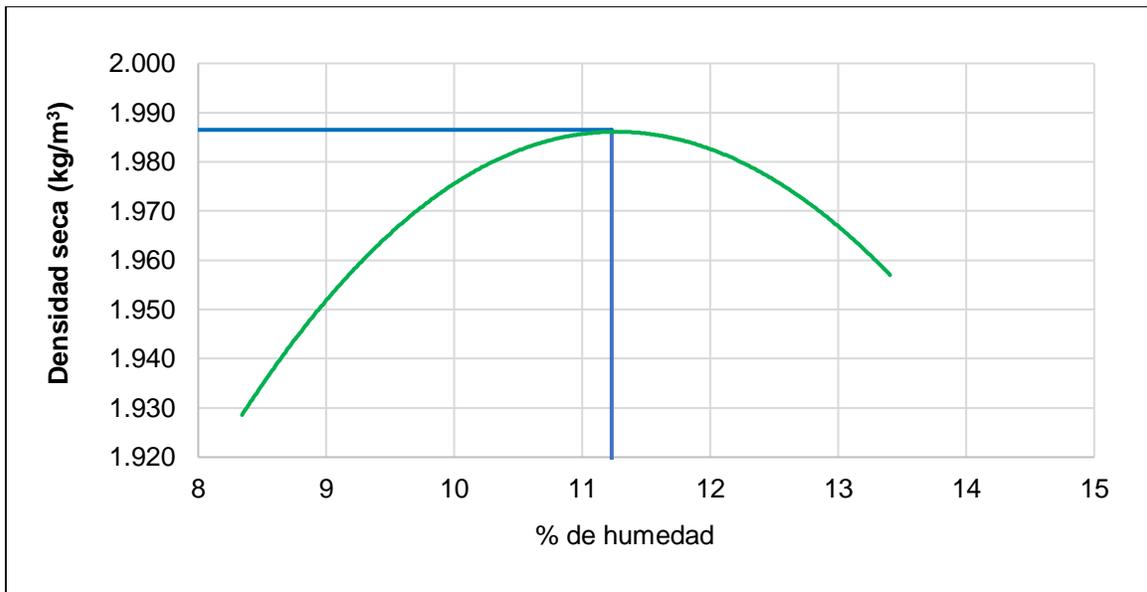


Fig. 19 Curva de compactación relave minero

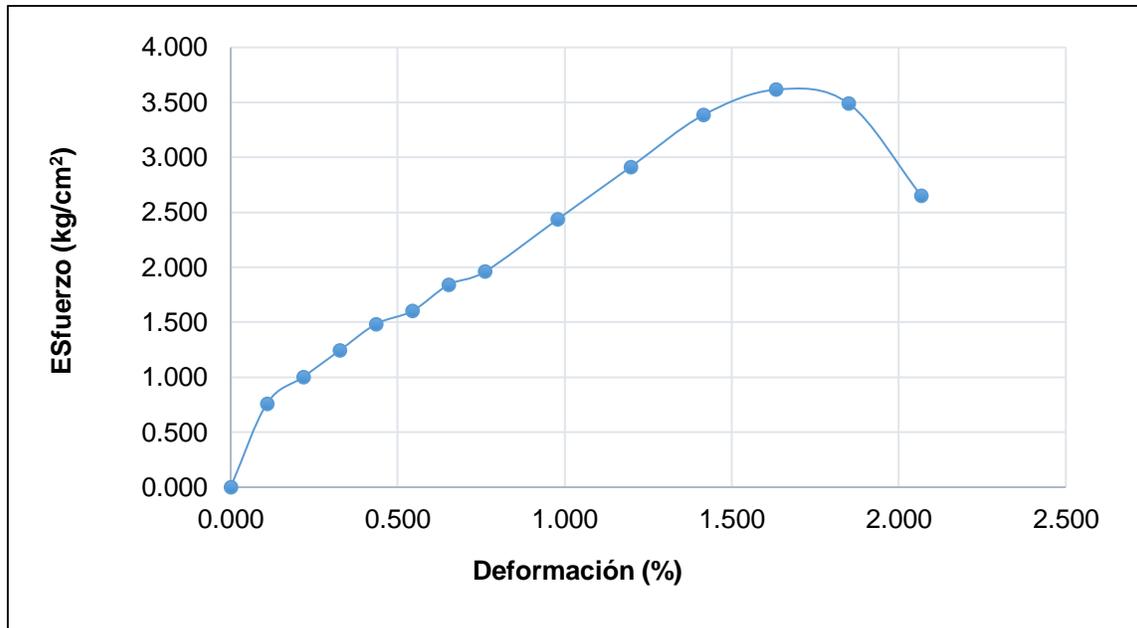


Fig. 20 Resistencia a la compresión no confinada de relave minero

Referente al CBR este material presentó un valor de 22% (Fig. 21), el cual es aproximadamente el 300% más que el suelo natural. Esto puede corresponder a que debido al tamaño de las partículas del relave tiene una mejor capacidad de acomodo, consecuentemente, mejor densificación –probablemente menor porcentaje de vacíos-, lo que sugiere menores deformaciones.

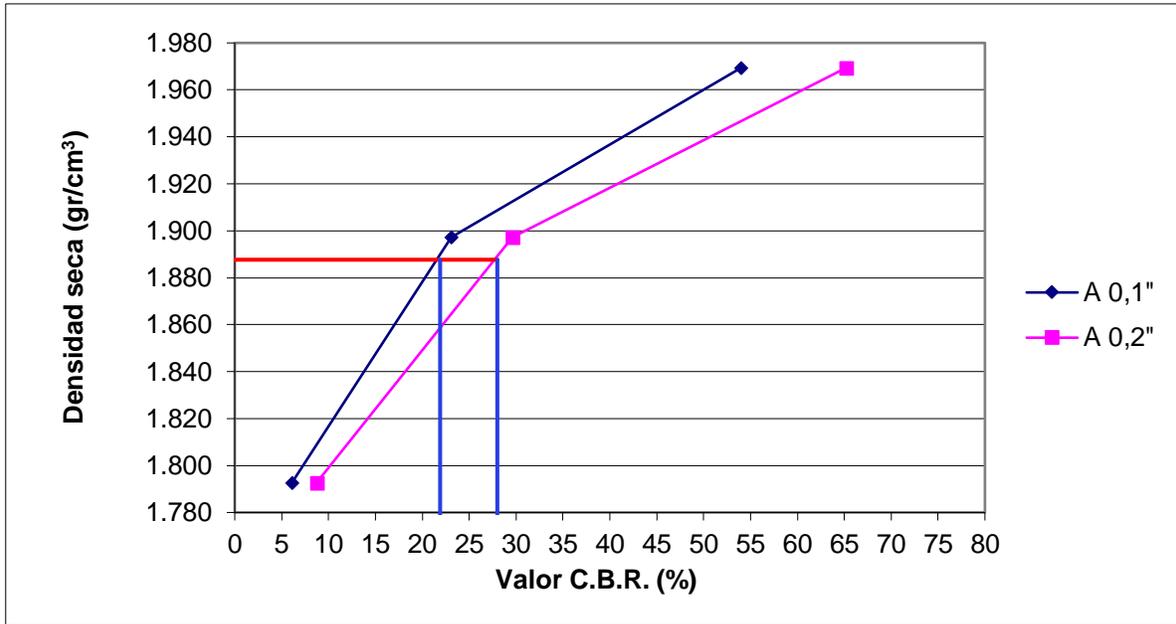


Fig 21 Valor soporte de California del relave minero

### 3.2.3 Suelo-relave

La adición del 5%, 10%, 15% y 20% de relave al suelo establecieron densidades secas máximas de 1209 kg/m<sup>3</sup>, 1243 kg/m<sup>3</sup>, 1273 kg/m<sup>3</sup> y 1316 Kg/m<sup>3</sup>, como se muestra en la Tabla 7 y Fig. 22. Por otra parte, la resistencia a la compresión no confinada presenta valores de 3.55 kg/cm<sup>2</sup>, 3.98 kg/cm<sup>2</sup>, 4.14 kg/cm<sup>2</sup>, y 4.05 kg/cm<sup>2</sup>, como se muestra en la Tabla 8 y Fig. 23, con incrementos del 12%, 26%, 31% y 28%, respectivamente y referente a los incrementos de adición del relave al suelo natural.

Así mismo, se registraron valores de CBR de 6.4%, 6.7%, 8.6% y 7.7% como se muestran en la Tabla 9 y Fig. 24-27, identificándose un incremento del 1,3%, 1,6%, 3,5% y 2,6%, respectivamente, con referencia al suelo natural

Tabla 7 Densidad seca máxima suelo-relave

Material	Densidad seca máxima (Kg/m <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptimo (%)
suelo natural	1206	35.96

suelo – relave 5%	1209	34.85
suelo – relave 10%	1243	32.48
suelo – relave 15%	1273	33.52
suelo – relave 20%	1316	30.98

Tabla 8 Resistencia a la compresión no confinada suelo-relave

<b>Resistencia a la Compresión Simple kg/cm<sup>2</sup> (7 días)</b>	
suelo natural	3.17
suelo – relave 5%	3.55
suelo – relave 10%	3.98
suelo – relave 15%	4.14
suelo – relave 20%	4.05

Tabla 9 Valores de Soporte California Suelo-relave

<b>Material</b>	<b>CBR (%)</b>
suelo natural	5.1
suelo – relave 5%	6.4
suelo – relave 10%	7.1
suelo – relave 15%	8.6
suelo – relave 20%	7.7

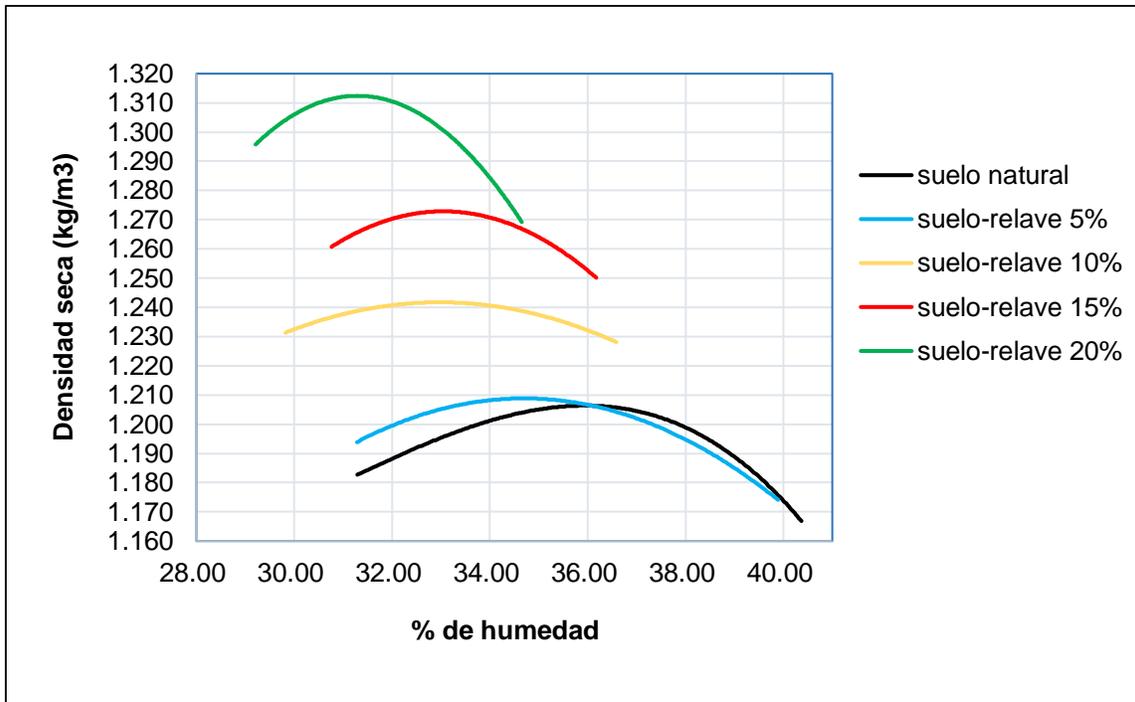


Fig. 22 Curvas de compactación suelo-relave

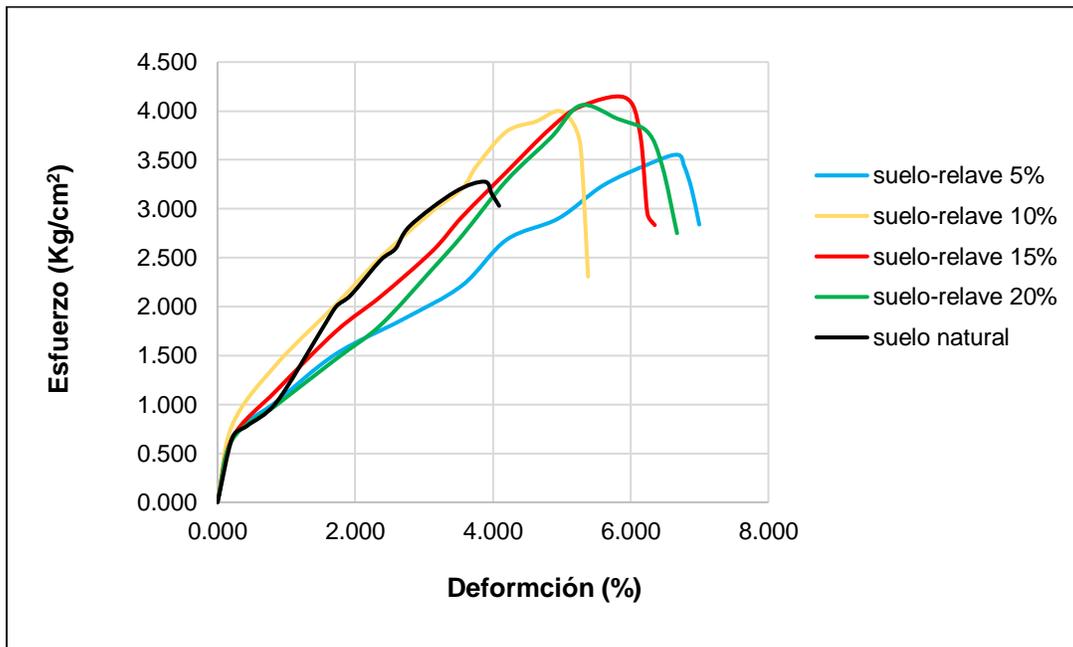


Fig. 23 Resistencia a la compresión no confinada suelo-relave

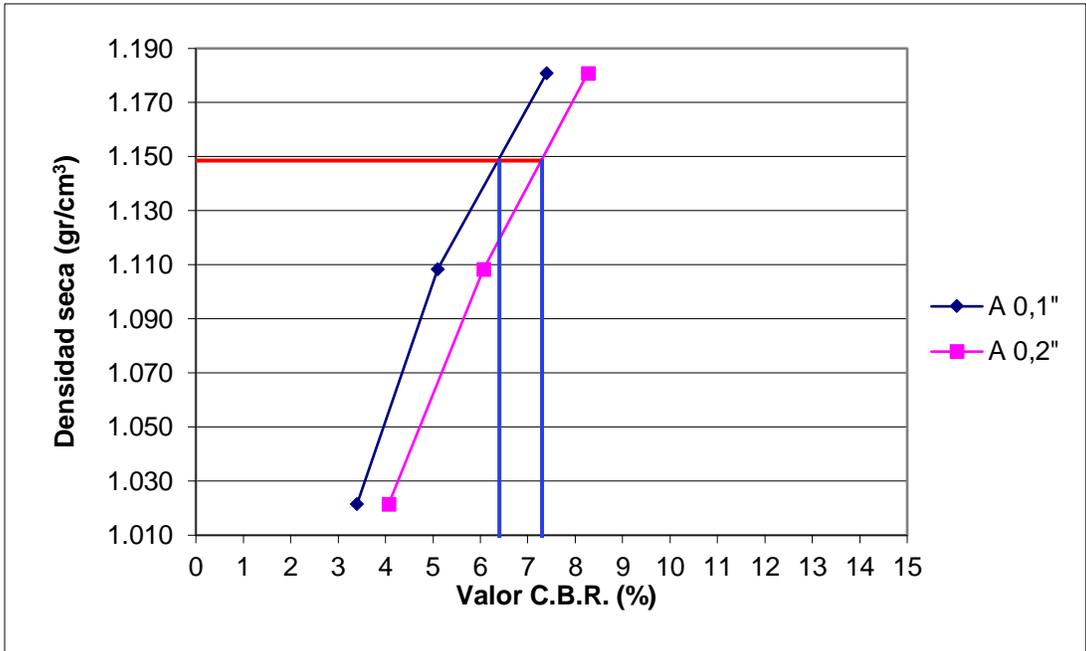


Fig. 24 Valor soporte de California suelo-relave 5%

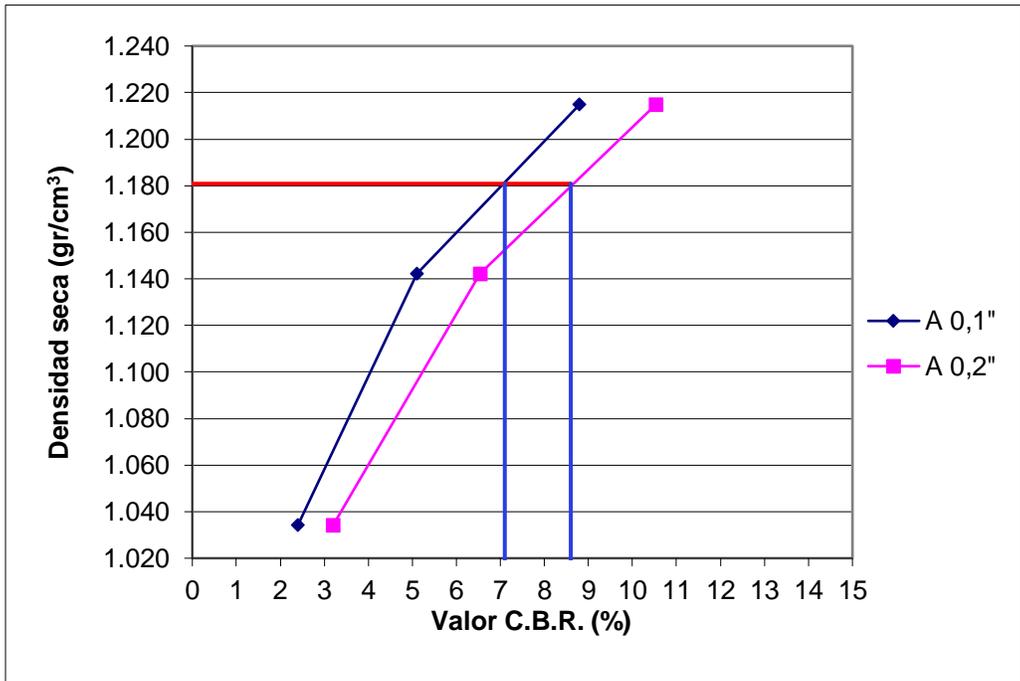


Fig 25 Valor soporte de California suelo-relave 10%

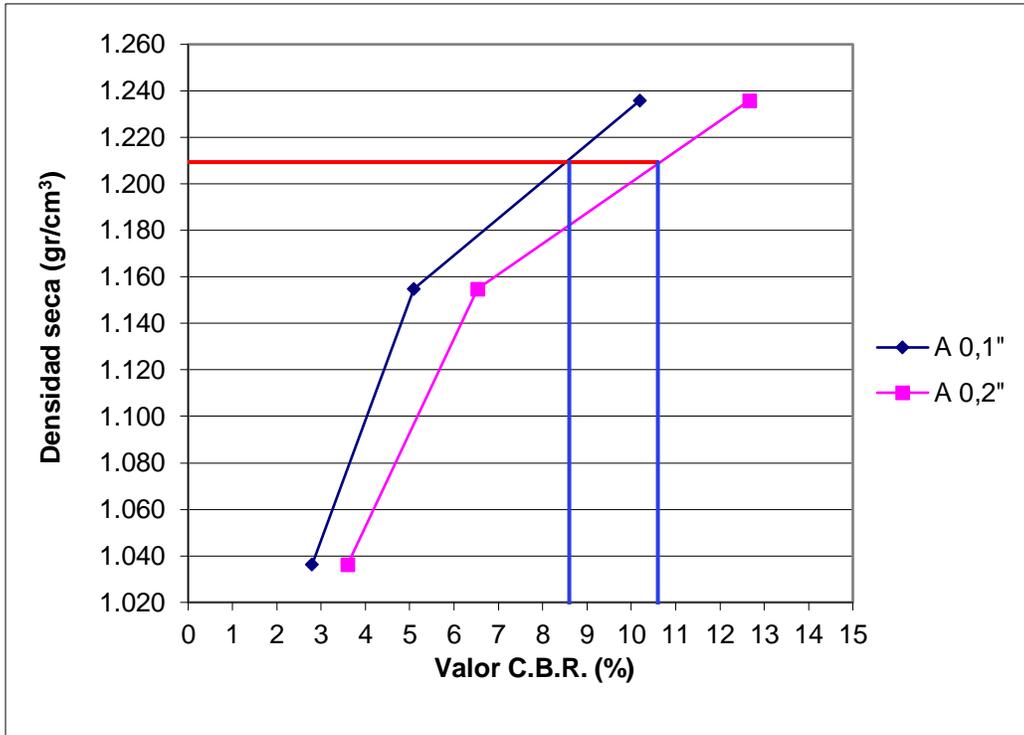


Fig 26 Valor soporte de California suelo-relave 15%

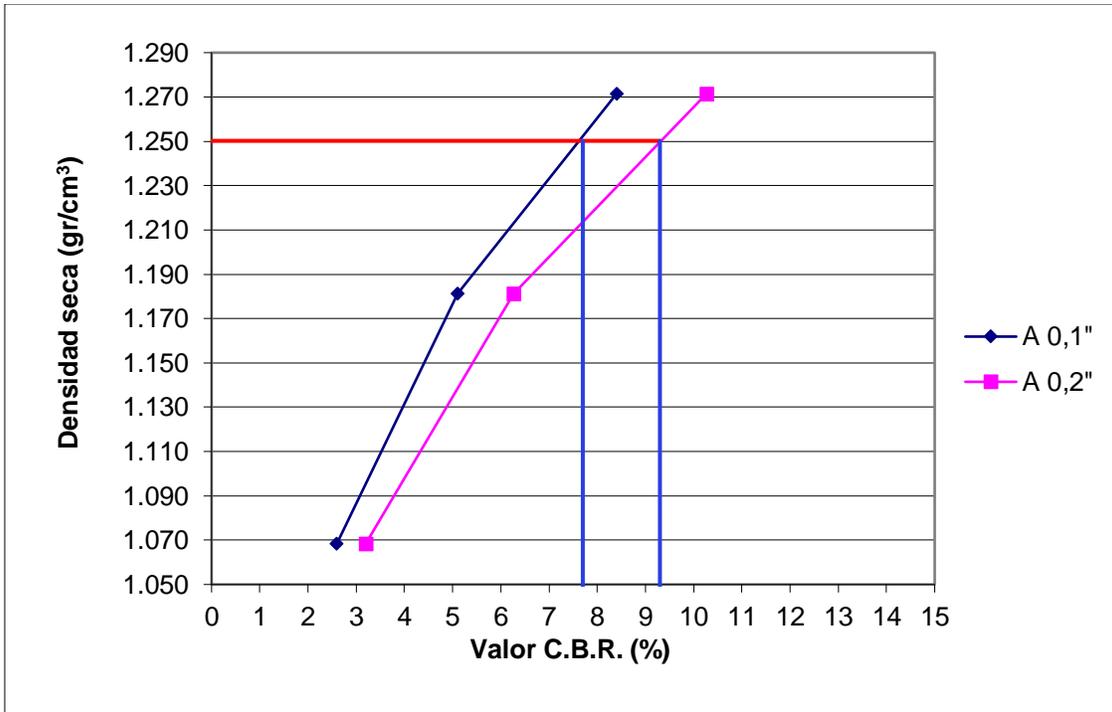


Fig 27 Valor soporte de California suelo-relave 20%

Esto sugiere que la adición del 15% de relave al suelo presenta un mejor comportamiento respecto a la respuesta del suelo, considerando que la máxima dosificación ensayada corresponde a una adición de relave en un 20%. Sin embargo, también se establece que para ambos casos la mejora en la capacidad portante del suelo natural presenta valores entre 3% y 2%, respectivamente.

### 3.2.4 Suelo-cemento

Acorde a la normativa se adicionó 15% de cemento como estabilización química al material base. Dicho mecanismo evidenció que la densidad seca máxima y humedad óptima fue de 1265 kg/m<sup>3</sup> y 33.51% como se muestra en la Fig. 28. El análisis de la resistencia a la compresión no confinada estableció un valor de 6.72 kg/cm<sup>2</sup> (Fig. 29) y el CBR del 36% (Fig. 30), lo que corresponde al 100% y 600% de incremento respecto al suelo natural.

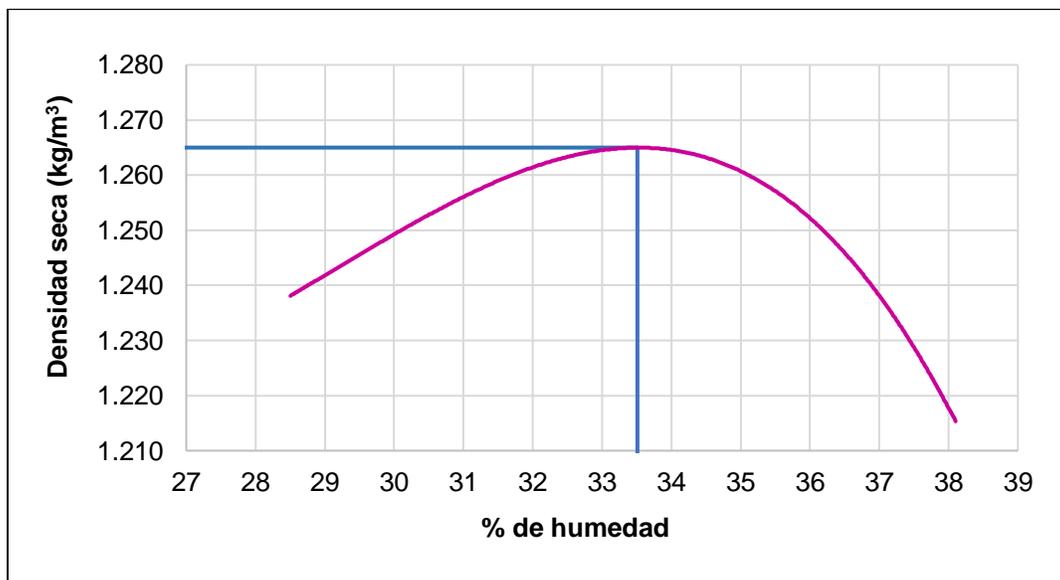


Fig 28 Curva compactación suelo-cemento

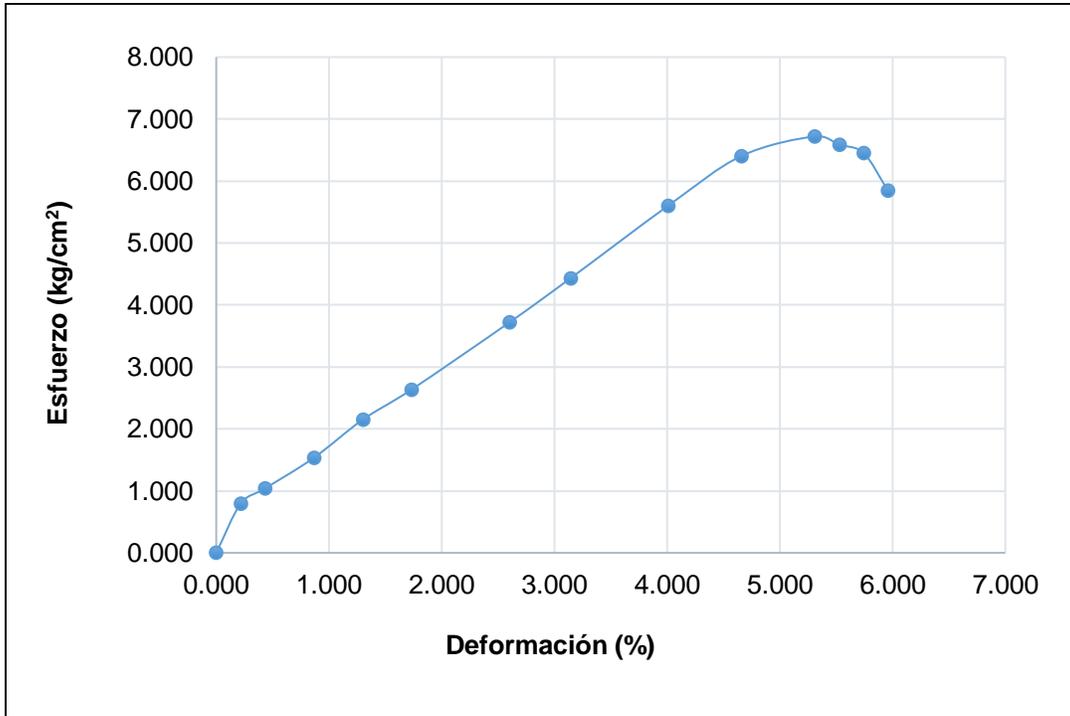


Fig 29 Resistencia a la compresión no confinada suelo-cemento

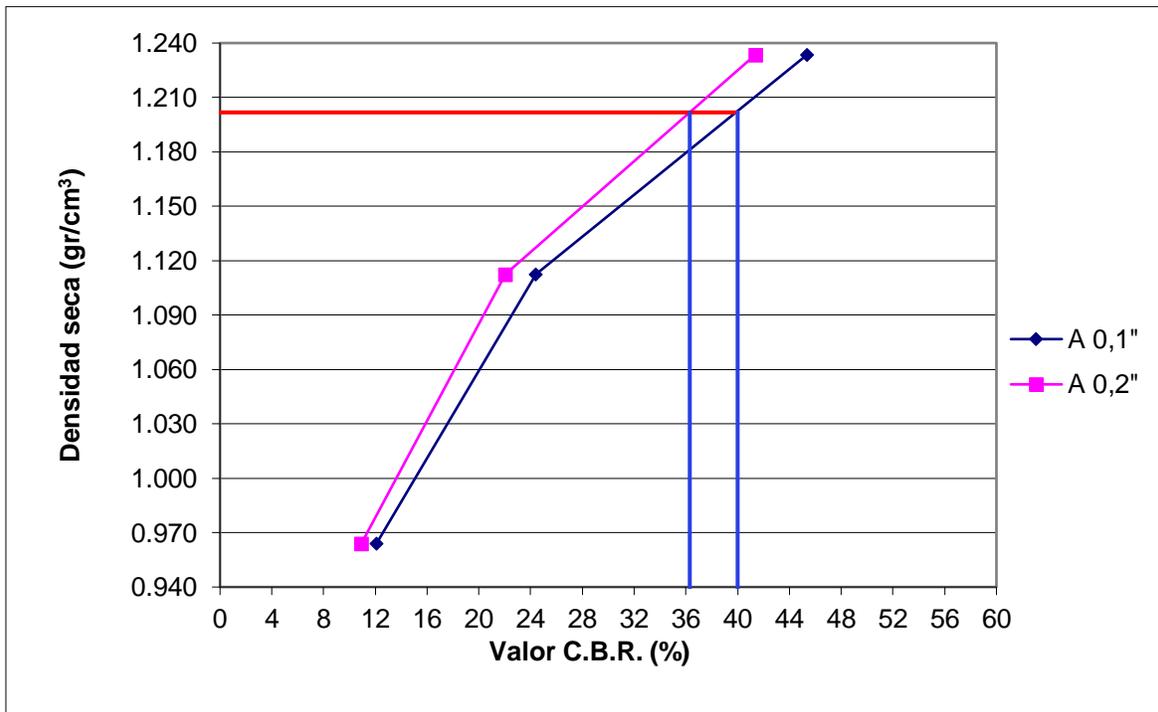


Fig 30 Valor soporte de California suelo-cemento 15%

De la misma manera, para la adición del 15% de relave con valores de resistencia a compresión simple de 4.14 kg/cm<sup>2</sup> y un valor CBR de 8.6%, corresponden al 61% y 420% inferior a la adición realizada con cemento. Por otra parte, la densidad seca máxima presenta una similitud con el material estabilizado con relave en el mismo porcentaje de adición.

### 3.2.5 Mortero relave minero

La resistencia a la compresión de los morteros se muestra en la Fig. 31 y Tabla 10, referente al mortero RV3 que se seleccionó para el presente estudio, alcanzó 319 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, 25% inferior a lo obtenido por Shettima et al. (2016) y 105% superior a lo obtenido por Fontes et al. (2016) para una sustitución del 100% del agregado fino por relave.

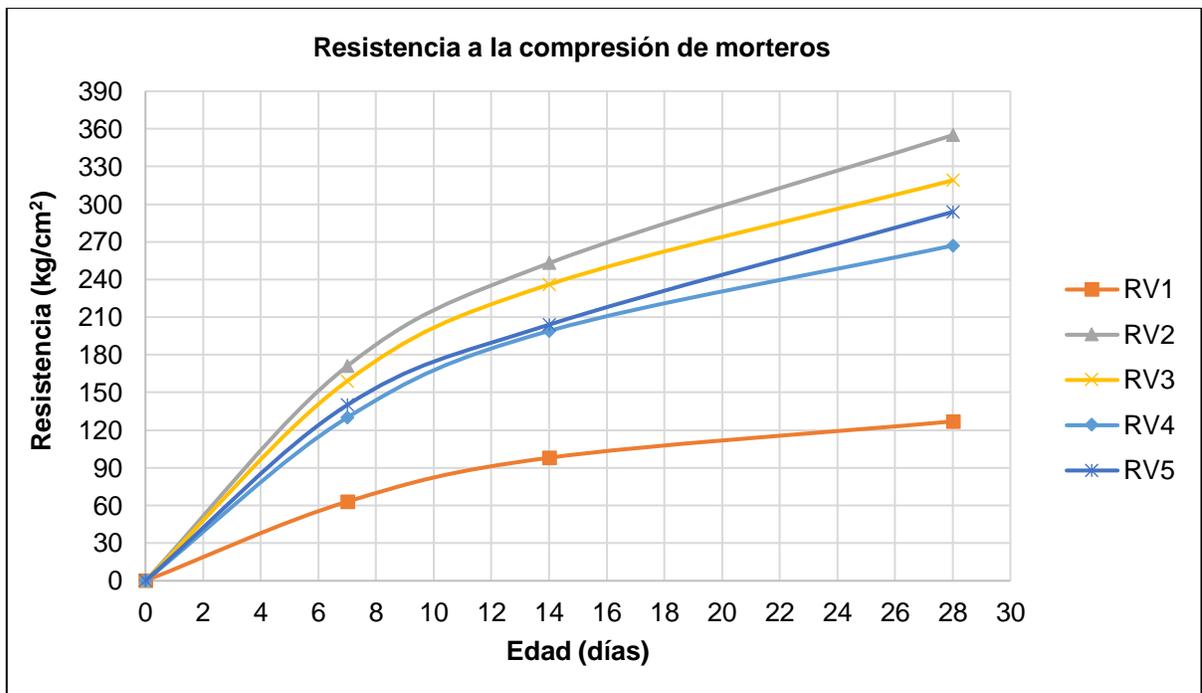


Fig. 31. Resistencia a la compresión de morteros

Tabla 10. Resistencia a la compresión de morteros kg/cm<sup>2</sup> (28 días)

Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup> (28 días)				
MORTERO	a/mc	r/mc		
		2.75	2.00	1.80
RV1	0.98	127		
RV2	0.60			355
RV3	0.65			319
RV4	0.67		267	
RV5	0.70			293

### 3.2.6 Suelo-mortero

Para los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de mortero al suelo, se obtuvieron densidades de 1238 kg/m<sup>3</sup>, 1260 kg/m<sup>3</sup>, 1297 kg/m<sup>3</sup> y 1322 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, como se indica en la Tabla 11, lo cual corresponde al 3%, 5%, 8% y 10% de incremento respecto al material base. Además, presenta valores de la resistencia a la compresión simple de 5.22 kg/cm<sup>2</sup>, 5.85 kg/cm<sup>2</sup>, 5.76 kg/cm<sup>2</sup> y 5.65 kg/cm<sup>2</sup> (ver Tabla 12 y Fig. 32), que corresponden a incrementos del 65%, 85%, 82% y 78% con relación al suelo natural, Sin embargo, los valores de soporte california de 10.1%, 11.2%, 15.4% y 18.4% como se indica en la Tabla 13 y Fig. 33-36, incrementa en 100%, 120%, 200% y 250% para cada adición de mortero al suelo natural.

Tabla 11. Densidad seca máxima y humedad óptima suelo-mortero

Material	Densidad seca máxima (kg/m <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptimo (%)
suelo natural	1206	35.96
suelo - mortero 5%	1238	33.86
suelo - mortero 10%	1260	32.80
suelo - mortero 15%	1297	32.21
suelo - mortero 20%	1322	31.84

Tabla 12 Resistencia a la compresión no confinada suelo-mortero

<b>Resistencia a la Compresión Simple kg/cm<sup>2</sup> (7 días)</b>	
suelo natural	3.17
suelo - mortero 5%	5.22
suelo - mortero 10%	5.85
suelo - mortero 15%	5.76
suelo - mortero 20%	5.65

Tabla 13 Valor de soporte California suelo-mortero

<b>Material</b>	<b>CBR (%)</b>
suelo natural	5.1
suelo - mortero 5%	10.1
suelo - mortero 10%	11.2
suelo - mortero 15%	15.4
suelo - mortero 20%	18.4

Para la adición del 15% del relave al suelo natural, la resistencia a la compresión simple de 4.14 kg/cm<sup>2</sup> y valor soporte de 8.6%, representa el 72% y 56% de lo obtenido para el mismo porcentaje de mortero añadido. Sin embargo, la cantidad de relave utilizada en el mortero es menor comparada con la estabilización realizada únicamente con relave.

Los valores de resistencia a la compresión no confinada de 6.72 kg/cm<sup>2</sup> y un valor CBR de 36% correspondiente al 15% de cemento añadido al material base, representa el 15% y 130% más que los valores reflejados por la adición del mismo porcentaje de mortero. No obstante, la cantidad de cemento empleado en el mortero es menor a la cantidad utilizada en la estabilización química con el cemento.

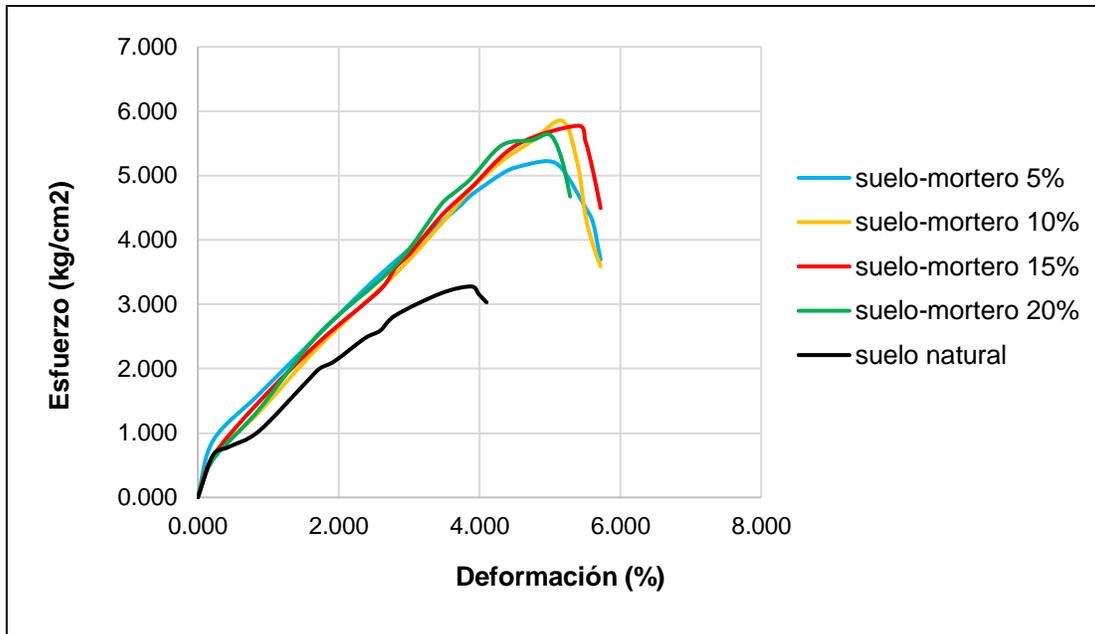


Fig. 32 Resistencia a la compresión no confinada suelo-mortero

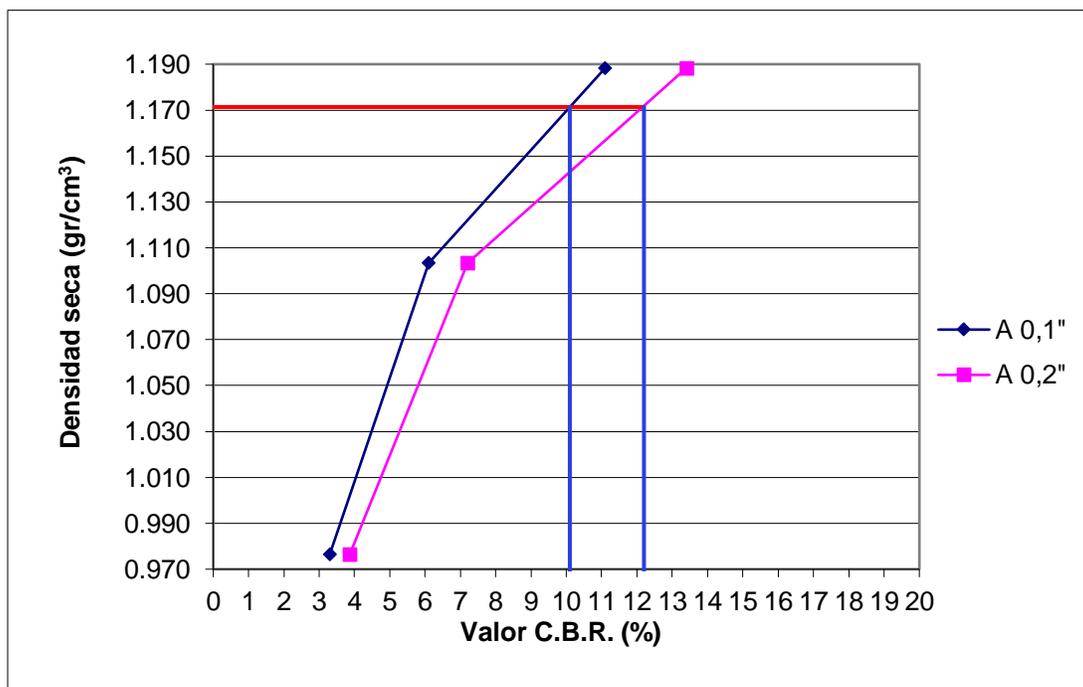


Fig. 33 Valor soporte de California suelo-mortero 5%

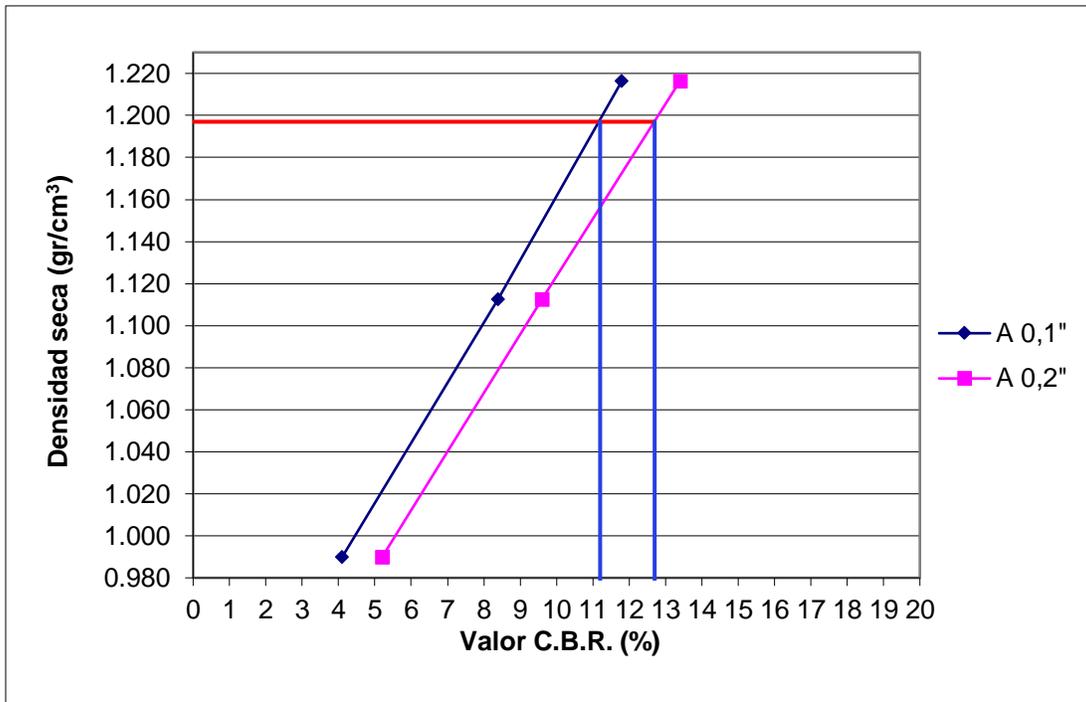


Fig. 34 Valor soporte de California suelo-mortero 10%

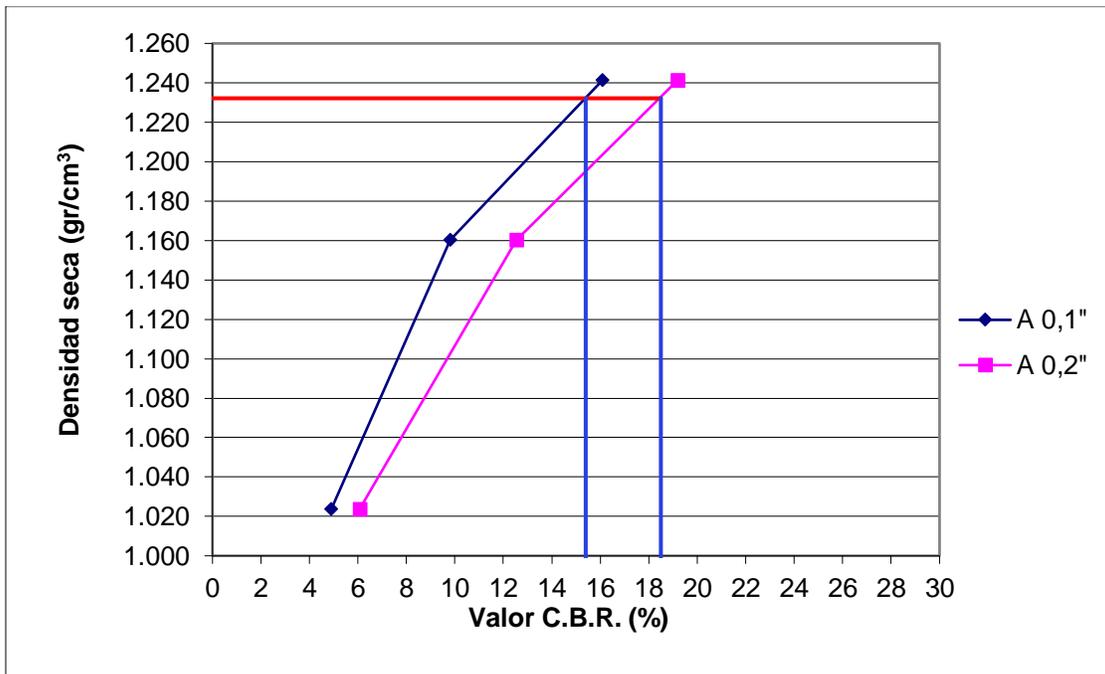


Fig 35 Valor soporte de California suelo-mortero 15%

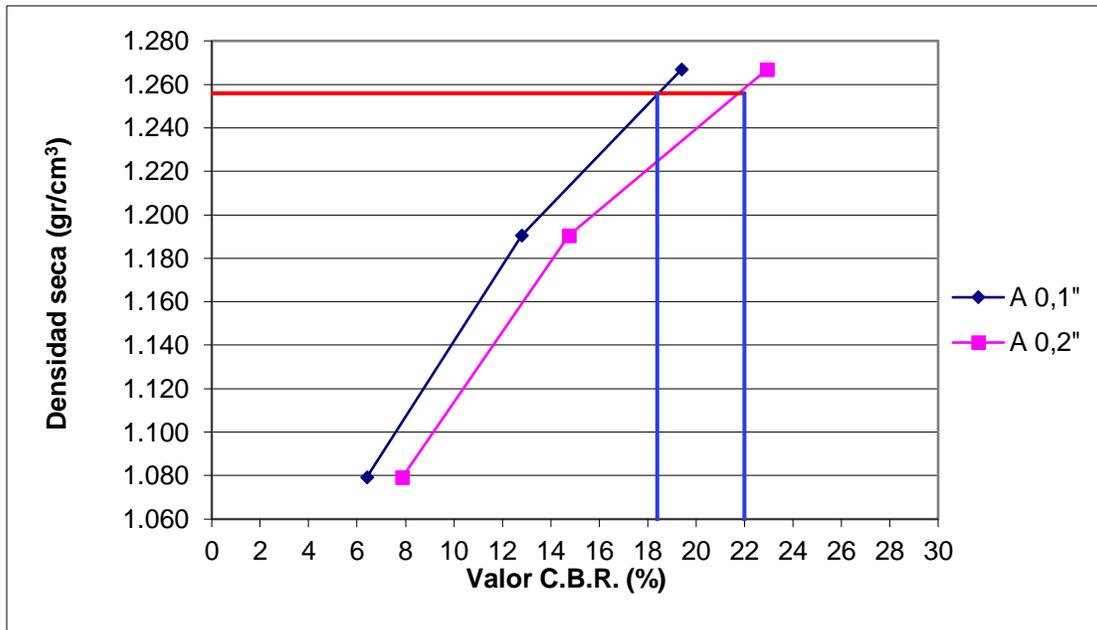


Fig 36 Valor soporte de California suelo-mortero 20%

Referente a las densidades para todas las muestras (Fig. 37) con los diferentes porcentajes añadidos, se tiene que las adiciones de mortero al suelo natural presentan densificaciones más altas que las obtenidas con las adiciones realizadas con relave. Para la estabilización química, con adición del 15% de cemento al suelo natural establecido en la normativa, tiene una densidad seca máxima menor que en la adición del mortero en el mismo porcentaje de adición.

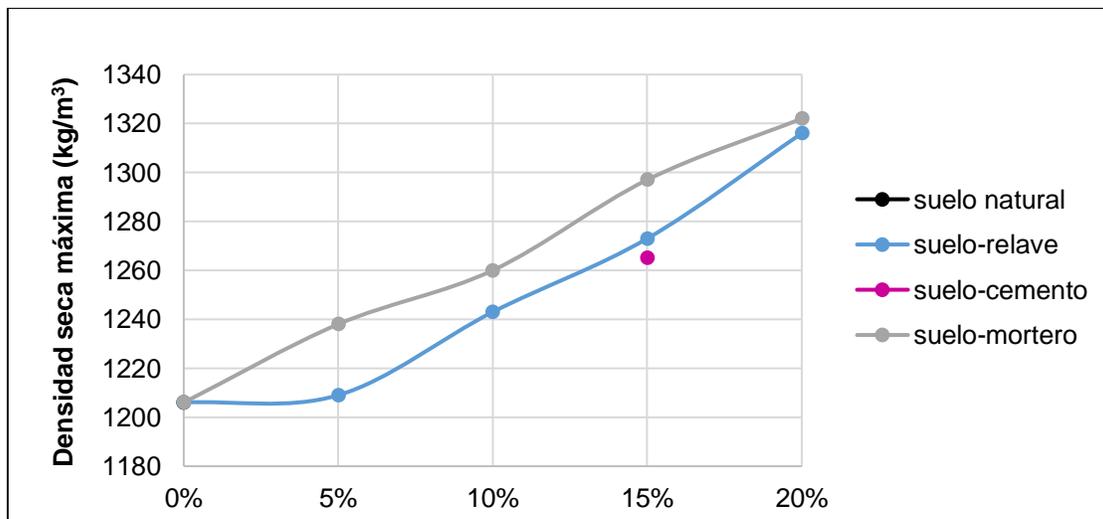


Fig. 37. Densidad Seca Máxima de las mezclas

Por otra parte, el comportamiento mecánico en la respuesta del suelo establece un mejor desempeño en suelo-cemento, sin embargo, la estabilización suelo-mortero queda relativamente abajo, y este a su vez tiene mejor comportamiento en relación a los porcentajes añadidos de relave al material base (Fig. 38, Tabla 14), siendo que el valor soporte California del suelo-relave presenta un incremento progresivo hasta un valor máximo de 8,6% con el 15% de adición de relave y con el 20% de adición el CBR decrece hasta un valor de 7.7%; por otro lado, el CBR para suelo-mortero aumenta sucesivamente hasta un valor máximo de 18.4% para la adición del 20%.

Tabla 14 Valor soporte (CBR) de las muestras

	Valor soporte (CBR)				
	suelo natural	relave	suelo - cemento	suelo - relave	suelo - mortero
0%	5.1	22	5.1	5.1	5.1
5%				6.4	10.1
10%				6.7	11.2
15%			36	8.6	15.4
20%				7.7	18.4

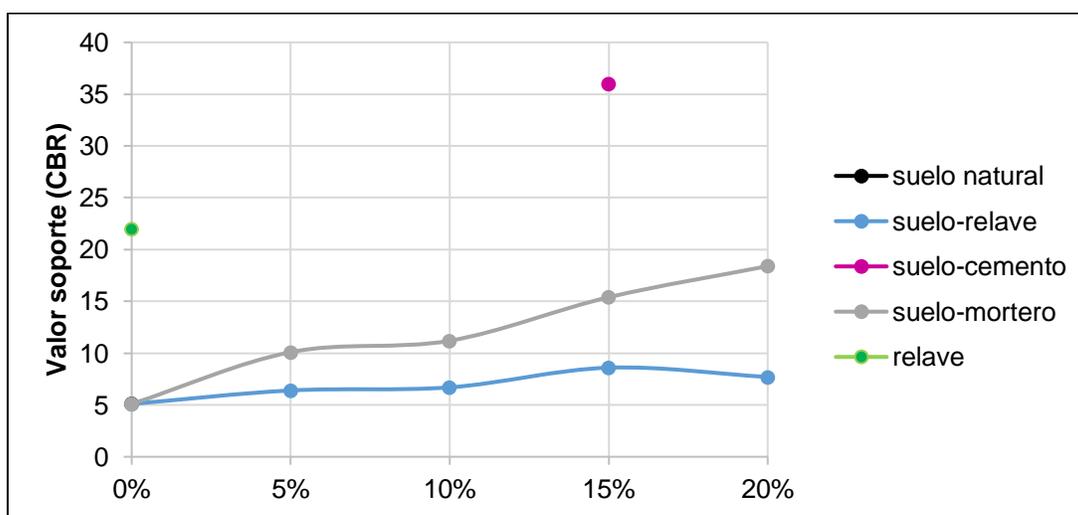


Fig. 38. Valores de soporte (CBR)

A su vez, en la Fig. 39 y Tabla 15 se estableció que los valores de resistencia no confinada para las muestras suelo-relave incrementan gradualmente hasta un valor máximo de 4.14 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra suelo-relave 15% y decae a 4.05 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra suelo-relave 20%. En la misma línea, las muestras suelo-mortero presentan un ascenso sucesivo hasta la 10% de adición del mortero con un valor de 5.85 kg/cm<sup>2</sup> y desciende a 5.76 kg/cm<sup>2</sup> y 5.65 kg/cm<sup>2</sup> en las muestras de suelo-mortero 15% y 20%, respectivamente.

Tabla 15 Resistencia a la Compresión simple kg/cm<sup>2</sup> (7 días)

	Resistencia a Compresión Simple kg/cm <sup>2</sup> (7 días)				
	suelo natural	relave	suelo - cemento	suelo - relave	suelo - mortero
0%	3.17	3.60	3.17	3.17	3.17
5%				3.55	5.22
10%				3.98	5.85
15%			6.72	4.14	5.76
20%				4.05	5.65

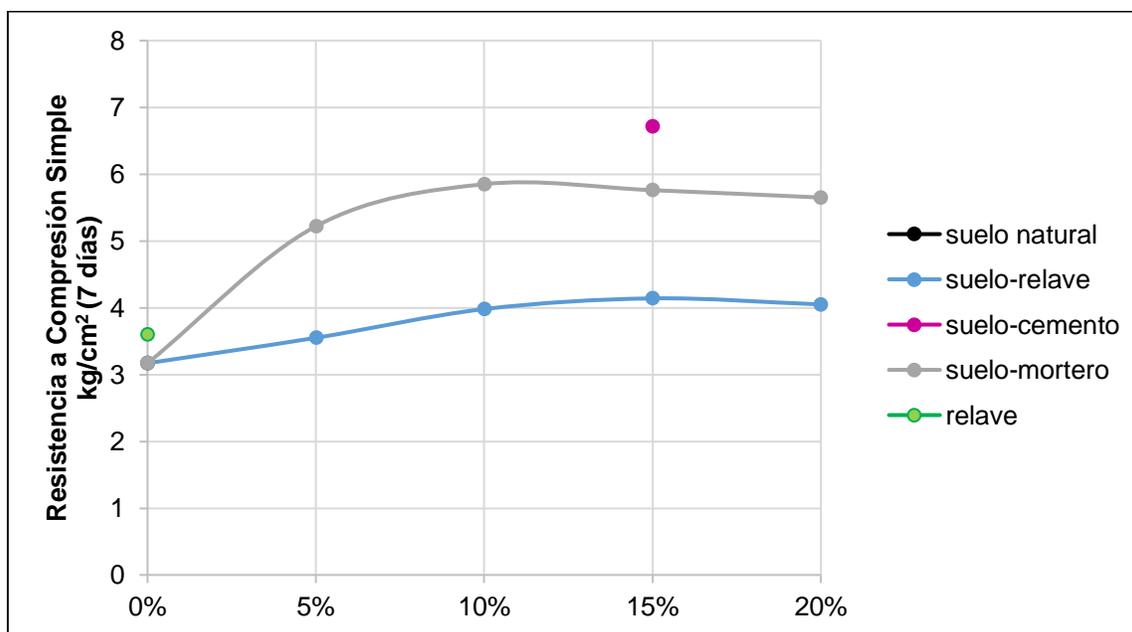


Fig. 39 Resistencia a la Compresión simple kg/cm<sup>2</sup> (7 días)

De lo anterior se desprende que, aunque para la adición de 20% de mortero el suelo presenta un valor alto de CBR (18.4%), con el mismo porcentaje la resistencia a la compresión inconfiada se ve afectada, por lo cual se infiere que para porcentajes mayores al 20% se tiene una tendencia decreciente en la compresión inconfiada. En ese contexto, con la muestra suelo-mortero 10% se registró una resistencia a la compresión simple de 5.85 kg/cm<sup>2</sup> valor que supera al resto de las mezclas; sin embargo, para el mismo porcentaje el valor soporte solo registró 11.2%, siendo este el 61% del obtenido con la mezcla suelo-mortero 20% (18.4%). A su vez, para la muestra suelo-mortero 15% tuvo un valor CBR de 15.4% y resistencia no confinada de 5.76 kg/cm<sup>2</sup>, la cuales corresponden al 16% y 2% inferiores al máximo obtenido, respectivamente.

Consecuentemente, el material adicionado con el 15% de mortero, presenta mejor comportamiento mecánico con un valor CBR = 15.4% y resistencia a la compresión simple de 5.76 kg/cm<sup>2</sup>, en relación al resto de las muestras adicionadas con mortero y/o relave; sin embargo, presenta valores por debajo de la estabilización química realizada únicamente con cemento, que corresponden al 42% y 86% de lo obtenido en esta estabilización, respectivamente. Si bien, la muestra estabilizada con el 15% de cemento portland tiene el mejor comportamiento físico y mecánico, por ello cabe notar que para la estabilización con el 15% de mortero se emplea menor cantidad de cemento. Lo anterior corresponde al 29% del total empleado en la estabilización química con cemento.

### **3.3 Comparación con la normativa ecuatoriana**

La especificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2002) establece que la subrasante estabilizada debe tener como máximo 35% de límite líquido, no más de 9% de índice de plasticidad y CBR superior a 20; por ende, se establece que, para todas las adiciones realizadas al suelo en estudio -en sus diferentes porcentajes- son menores a las requeridas por la especificación. Sin embargo, según la Tabla 16 la estabilización química realizada con cemento

presenta mejores propiedades tanto físicas como mecánicas en relación con las adiciones en el mismo porcentaje empleados en las mezclas con relave y mortero. Por otro lado, la adición del 15% de mortero obtuvo un valor CBR de 15.4% siendo 4.6% inferior al requerido por el MTOP 2002, LL= 56% que está por encima del permisible y un valor de IP=9% que cumple con lo establecido, el cual presenta un mejor comportamiento que el suelo estabilizado solo con relave minero. En este contexto, se tiene que para la norma vigente (MTOP, 2002), dos de los tres parámetros no cumplen lo establecido; sin embargo, para la norma técnica (NEVI-12-MTOP, 2013) que se encuentra en revisión, la muestra suelo-mortero 15% cumple con el valor soporte ya que es menos conservador (CBR =10%) al igual que el IP, para el caso del límite líquido no cumple el máximo permitido de 35% para esta normativa.

Tabla 16 Resumen propiedades físicas y mecánicas

Muestra	Límites de consistencia		CBR (%)	Límites de consistencia		CBR (%)
	LL (%)	IP (%)		LL (%)	IP (%)	
suelo natural	58	14	5.1	58	14	5.1
relave	0	0	22.0	0	0	22.0
suelo-cemento	51	7	36.0	51	7	36.0
suelo-relave 5%	54	11	6.4	54	11	6.4
suelo-relave 10%	52	9	7.1	52	9	7.1
suelo-relave 15%	50	8	8.6	50	8	8.6
suelo-relave 20%	48	7	7.7	48	7	7.7
suelo-mortero 5%	61	14	10.1	61	14	10.1
suelo-mortero 10%	58	12	11.2	58	12	11.2
suelo-mortero 15%	56	9	15.4	56	9	15.4
suelo-mortero 20%	49	8	18.4	49	8	18.4
Especificación	MOP-2002			NEVI-12-MTOP-2013		
	≤35	≤9	≥ 20	≤35	≤9	≥ 10

Cumplimiento con especificación



# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El suelo estabilizado en el presente estudio se clasificó como limo elástico arenoso (MH) y A-7-5(10) suelo arcilloso según SUCS y AASHTO respectivamente.
- Para los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de relave y mortero relave-cemento al suelo natural se determinó tanto sus propiedades físicas como mecánicas, de las cuales, las adiciones de mortero al material base, arrojaron mejores resultados que las estabilizaciones realizadas con relave, que corresponden a LL de 56%, LP de 47% e IP de 9%, valor soporte igual a 15.4% y resistencia a la compresión no confinada de 5.76 kg/cm<sup>2</sup> para la adición del 15% de mortero. Sin embargo, están por debajo de los valores obtenidos en la estabilización con 15% de cemento, que corresponden a, LL de 51%, LP de 44% e IP de 7%, valor soporte igual a 36% y resistencia a la compresión no confinada de 6.72 kg/cm<sup>2</sup>.
- Para la adición del 15% de mortero al suelo (MH), arrojó valores por debajo de la mezcla con cemento en el mismo porcentaje, sin embargo, se denota que, en la estabilización con mortero se empleó el 29% de cemento del total empleado en la mezcla con cemento, lo que corresponde un ahorro del 71% de cemento al realizarse la estabilización con mortero.
- De acuerdo con los resultados de consistencia, la estabilización con el 15% de mortero cumpliría con el índice de plasticidad que exige la normativa (MTOP, 2002), pero no para límite líquido, el cual está por arriba de lo normado. Referente a la caracterización mecánica, está 4.6% por debajo de la normativa vigente; es decir la muestra adicionada no cumple con la especificación vigente en el país.

- Sin embargo, si la norma vigente se actualiza a la revisión (NEVI-12-MTOP, 2013), la cual es menos conservadora ( $LL \leq 35$ ,  $IP \leq 9$  y  $CBR > 10\%$ ), la muestra cumpliría la regulación, a excepción en el valor de límite líquido; es decir al no cumplir uno de los tres parámetros, tampoco cumple esta norma
- Cabe recalcar que, la adición del 15% de mortero al material base, presenta valores superiores con relación al suelo natural. Por tanto, el relave minero le confiere mejores propiedades físicas y mecánicas al suelo, considerándose apto para ser empleado en el mejoramiento de la subrasante con porcentajes superiores a los analizados en el presente documento.

#### **4.2 Recomendaciones**

Como futura línea de investigación se recomienda lo siguiente:

- Se sugiere realizar adiciones de mortero mayores al 20%, siempre y cuando el contenido de cemento en el mortero no supere el porcentaje máximo de 15% de cemento -en masa de suelo- empleado en la estabilización química con cemento.
- Se sugiere analizar microestructuralmente las mezclas de suelo mortero mediante espectroscopía infrarroja (IR), difracción de rayos X (DRX) y fluorescencia de rayos X (FRX) para establecer el comportamiento y/o influencia del mortero relave – cemento con este tipo de suelo.

## Bibliografía

- Adeyanju, E. A., & Okeke, C. A. (2019). Clay soil stabilization using cement kiln dust. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 640(1), 12080. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/640/1/012080>
- Afrin, H. (2017). A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, 3(2), 19. <https://doi.org/10.11648/j.ijtet.20170302.12>
- Alfonso, P., Tomasa, O., Garcia-Valles, M., Tarrago, M., & Martínez, S. (2022). Glass-ceramic crystallization from tailings of the Morille tungsten deposit, Spain. *Materials Letters*, 312, 131694. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131694>
- Amakye, S. Y., & Abbey, S. J. (2021). Understanding the performance of expansive subgrade materials treated with non-traditional stabilisers: A review. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100159>
- Amrani, M., Yassine, T., Haloui, Y., Benzaazoua, M., & Hakkou, R. (2020). Sustainable Reuse of Coal Mine Waste: Experimental and Economic Assessments for Embankments and Pavement Layer Applications in Morocco. *Minerals*. <https://doi.org/10.3390/min10100851>
- Andavan, S., & Pagadala, V. K. (2020). A study on soil stabilization by addition of fly ash and lime. *Materials Today: Proceedings*, 22, 1125–1129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.323>
- Andrews, A., Nyarko, E. F., Adjaottor, A. A., Nsiah-Baafi, E., & Adom-Asamoah, M. (2022). Reuse and stabilization of sulphide mine tailings as fine aggregate for construction mortar. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131971. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131971>
- Ardah, A., Chen, Q., & Abu-Farsakh, M. (2017). Evaluating the performance of very weak subgrade soils treated/stabilized with cementitious materials for sustainable pavements. *Transportation Geotechnics*, 11, 107–119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.05.002>
- Atta, K. F., Kumar, S. S., & Daryoush, H. (2022). Mine Wastes in Western Australia and Their Suitability for Embankment Construction. In *Geo-Congress 2013* (pp. 1443–1452). <https://doi.org/doi:10.1061/9780784412787.145>
- Barzegar Ghazi, A., Jamshidi-Zanjani, A., & Nejati, H. (2022). Utilization of copper mine tailings as a partial substitute for cement in concrete construction. *Construction and Building Materials*, 317, 125921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125921>
- Bebbington, A., Humphreys Bebbington, D., Bury, J., Ligan, J., Muñoz, J. P., & Scurrah, M. (2008). Mining and Social Movements: Struggles Over Livelihood and Rural Territorial Development in the Andes. *World Development*, 36(12), 2888–2905. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.11.016>
- Cabezas, R., & Cataldo, C. (2019). Influence of chemical stabilization method and its effective

- additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils. *Cogent Engineering*, 6(1), 1592658. <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1592658>
- Capasso, I., Lirer, S., Flora, A., Ferone, C., Cioffi, R., Caputo, D., & Liguori, B. (2019). Reuse of mining waste as aggregates in fly ash-based geopolymers. *Journal of Cleaner Production*, 220, 65–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.164>
- Chen, B., Pang, L., Zhou, Z., Chang, Q., & Fu, P. (2022). Study on the activation mechanism and hydration properties of gold tailings activated by mechanical-chemical-thermal coupling. *Journal of Building Engineering*, 48, 104014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104014>
- Chi, L., Lu, S., Li, Z., Huang, C., Jiang, H., & Peng, B. (2023). Recycling of ferronickel slag tailing in cementitious materials: Activation and performance. *Science of The Total Environment*, 861, 160706. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160706>
- Drif, B., Taha, Y., Hakkou, R., & Benzaazoua, M. (2021). Integrated valorization of silver mine tailings through silver recovery and ceramic materials production. *Minerals Engineering*, 170, 107060. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107060>
- Etim, R. K., Eberemu, A. O., & Osinubi, K. J. (2017). Stabilization of black cotton soil with lime and iron ore tailings admixture. *Transportation Geotechnics*, 10, 85–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.01.002>
- Fang, Y., Gu, Y., Kang, Q., Wen, Q., & Dai, P. (2011). Utilization of copper tailing for autoclaved sand–lime brick. *Construction and Building Materials*, 25(2), 867–872. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.06.100>
- Fontes, W. C., Mendes, J. C., Silva, S. N. Da, & Peixoto, R. A. F. (2016). Mortars for laying and coating produced with iron ore tailings from tailing dams. *Construction and Building Materials*, 112, 988–995. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.027>
- GAD Municipal del Cantón Mejía. (2020). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Mejía 2019-2023. *GAD Municipal Del Cantón Mejía*, 554. <https://municipiodemejia.gob.ec/assets/PDOT.pdf>
- Gao, C., Du, G., Liu, S., Zhang, D., Zhang, K., & Zeng, B. (2020). Field study on the treatment of collapsible loess using vibratory probe compaction method. *Engineering Geology*, 274, 105715. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105715>
- George, M., Etim, R., Sani, J., & Nwude, M. (2019). *Desiccation effect of compacted tropical black clay treated with concrete waste*. 69–88.
- Guoping, Q., Tuo, H., & Shiyao, B. (2011). Use of Cement-Stabilized Granite Mill Tailings as Pavement Subbase. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(11), 1575–1578. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000276](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000276)
- Hatzold, M.-E. (2013). Social Conflict, Economic Development and Extractive Industry: Evidence from South America. *Community Development Journal*, 48(3), 501–505.

<https://doi.org/10.1093/cdj/bst026>

- Ikeagwuani, C. C., Obeta, I. N., & Agunwamba, J. C. (2019). Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime. *Soils and Foundations*, 59(1), 162–175. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.10.004>
- Ince, C. (2019). Reusing gold-mine tailings in cement mortars: Mechanical properties and socio-economic developments for the Lefke-Xeros area of Cyprus. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117871. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117871>
- Jahandari, S., Saberian, M., Zivari, F., Li, J., Ghasemi, M., & Vali, R. (2019). Experimental study of the effects of curing time on geotechnical properties of stabilized clay with lime and geogrid. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 13(2), 172–183. <https://doi.org/10.1080/19386362.2017.1329259>
- Jalal, F. E., Xu, Y., Jamhiri, B., & Memon, S. A. (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020, 1510969. <https://doi.org/10.1155/2020/1510969>
- Kiventerä, J., Golek, L., Yliniemi, J., Ferreira, V., Deja, J., & Illikainen, M. (2016). Utilization of sulphidic tailings from gold mine as a raw material in geopolymerization. *International Journal of Mineral Processing*, 149, 104–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.02.012>
- Lèbre, É., Corder, G. D., & Golev, A. (2017). Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource. *Minerals Engineering*, 107, 34–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.12.004>
- Lemougna, P. N., Yliniemi, J., Ismailov, A., Levanen, E., Tanskanen, P., Kinnunen, P., Roning, J., & Illikainen, M. (2019). Recycling lithium mine tailings in the production of low temperature (700–900 °C) ceramics: Effect of ladle slag and sodium compounds on the processing and final properties. *Construction and Building Materials*, 221, 332–344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.078>
- Moreno, L., & Neretnieks, I. (2006). Long-term environmental impact of tailings deposits. *Hydrometallurgy*, 83(1), 176–183. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2006.03.052>
- MTOP, M. de O. P. y C. (2002). *Ministerio de Transporte y obras Publicas MTOP - 001-F 2002. 772*. [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)
- NEVI-12-MTOP. (2013). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas Del Ecuador*, 3, 1028.

- Odumade, A. O., Okafor, F. O., & Ikeagwuani, C. C. (2022). Microstructural and compaction characteristics of tropical black clay soil subgrade modified with lead-zinc mine tailings. *Journal of Environmental Management*, 321, 115980. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115980>
- Ojuri, O. O., Adavi, A. A., & Oluwatuyi, O. E. (2017). Geotechnical and environmental evaluation of lime–cement stabilized soil–mine tailing mixtures for highway construction. *Transportation Geotechnics*, 10, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2016.10.001>
- Pankrath, H., Barthel, M., Knut, A., Bracciale, M., & Thiele, R. (2015). Dynamic Soil Compaction–recent Methods and Research Tools for Innovative Heavy Equipment Approaches. *Procedia Engineering*, 125, 390–396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.096>
- Peng, Y., Liu, Z., Liu, X., Sheng, M., Li, H., Xu, X., Ai, L., Yan, Q., & Yang, Y. (2022). Preparation of composite micro-slag based on the application of tailings slag in cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 322, 126515. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126515>
- Pereira dos Santos, C., Bruschi, G. J., Mattos, J. R. G., & Consoli, N. C. (2022). Stabilization of gold mining tailings with alkali-activated carbide lime and sugarcane bagasse ash. *Transportation Geotechnics*, 32, 100704. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100704>
- Phanikumar, B. R., & Ramanjaneya Raju, E. (2020). Compaction and strength characteristics of an expansive clay stabilised with lime sludge and cement. *Soils and Foundations*, 60(1), 129–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.01.007>
- Rios, S., Ramos, C., Viana da Fonseca, A., Cruz, N., & Rodrigues, C. (2019). Mechanical and durability properties of a soil stabilised with an alkali-activated cement. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 23(2), 245–267. <https://doi.org/10.1080/19648189.2016.1275987>
- Saedi, A., Jamshidi-Zanjani, A., & Darban, A. K. (2020). A review on different methods of activating tailings to improve their cementitious property as cemented paste and reusability. *Journal of Environmental Management*, 270, 110881. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110881>
- Sarker, S. K., Haque, N., Bhuiyan, M., Bruckard, W., & Pramanik, B. K. (2022). Recovery of strategically important critical minerals from mine tailings. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107622>
- Shanmugasundaram, V., & Shanmugam, B. (2023). Application of cement treated magnesite mine tailings as subgrade. *Construction and Building Materials*, 365, 130064. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130064>
- Sheikhhosseini Lori, I., Toufigh, M. M., & Toufigh, V. (2021). Improvement of poorly graded sandy soil by using copper mine tailing dam sediments-based geopolymer and silica fume.

- Construction and Building Materials*, 281, 122591.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122591>
- Shettima, A. U., Hussin, M. W., Ahmad, Y., & Mirza, J. (2016). Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 120, 72–79.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.095>
- Siddique, S., & Jang, J. G. (2020). Assessment of molybdenum mine tailings as filler in cement mortar. *Journal of Building Engineering*, 31, 101322.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101322>
- Valdez Loaiza, J., Aguilar Franco, J., Sánchez Vargas, L., Alatrística Góngora, G., Figueroa Dianderas, A. P., Valdez Loaiza, J., Aguilar Franco, J., Sánchez Vargas, L., Alatrística Góngora, G., & Figueroa Dianderas, A. P. (2020). Design and implementation of an alternative process for the manufacture of bricks from gold mine tailings. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 268–276. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200268>
- Veiga Simão, F., Chambart, H., Vandemeulebroeke, L., & Cappuyns, V. (2021). Incorporation of sulphidic mining waste material in ceramic roof tiles and blocks. *Journal of Geochemical Exploration*, 225, 106741. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2021.106741>
- Vilela, A. P., Eugênio, T. M. C., de Oliveira, F. F., Mendes, J. F., Ribeiro, A. G. C., Brandão Vaz, L. E. V. de S., & Mendes, R. F. (2020). Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste. *Construction and Building Materials*, 262, 120883.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120883>
- Vo, T. L., Nash, W., Del Galdo, M., Rezania, M., Crane, R., Mousavi Nezhad, M., & Ferrara, L. (2022). Coal mining wastes valorization as raw geomaterials in construction: A review with new perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130213.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130213>
- Wagner, A. C., de Sousa Silva, J. P., de Azambuja Carvalho, J. V., Cezar Rissoli, A. L., Cacciari, P. P., Chaves, H. M., Scheuermann Filho, H. C., & Consoli, N. C. (2022). Mechanical behavior of iron ore tailings under standard compression and extension triaxial stress paths. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.11.013>
- Wang, Y., Li, Z., Jin, Q., Zhang, M., & Zhou, Z. (2022). High-efficiency utilization of limestone tailings: Used as cementitious materials and fine aggregate to prepare karst structure filling material. *Construction and Building Materials*, 316, 125841.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125841>
- Wang, Z., Xu, C., Wang, S., Gao, J., & Ai, T. (2016). Utilization of magnetite tailings as aggregates in asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 114, 392–399.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.139>

- Wei, Z., Jia, Y., Wang, S., Li, Z., Li, Y., Wang, X., & Gao, Y. (2022). Utilization of iron ore tailing as an alternative mineral filler in asphalt mastic: High-temperature performance and environmental aspects. *Journal of Cleaner Production*, 335, 130318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130318>
- Zhang, J., Liu, T., Huang, Q., Luo, Z., Lu, A., & Zhu, L. (2020). Preparation, properties characterization and structure formation mechanism of silica sand tailings-based ceramic materials. *Materials Chemistry and Physics*, 255, 123611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123611>
- Zhang, Y., Shen, W., Wu, M., Shen, B., Li, M., Xu, G., Zhang, B., Ding, Q., & Chen, X. (2020). Experimental study on the utilization of copper tailing as micronized sand to prepare high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 244, 118312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118312>

# ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de Clasificación SUCS y AASHTO

Anexo 2. Ensayos de gravedad específica suelo y relave

Anexo 3. Ensayos de Compactación Proctor Modificado

Anexo 4. Ensayos de Valor soporte California (CBR)

Anexo 5. Ensayos de Resistencia a la compresión no confinada

## Anexo 1. Ensayos de Clasificación SUCS y AASHTO



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor			<b>MUESTRA:</b> 1 - suelo			
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua			<b>NORMA:</b> ASTM D 2487			
<b>FECHA INFORME :</b> 28/03/2023			<b>ASTM D 3282</b>		<b>Pág.</b> 1/1	
	No. DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		80.41 84.44	63.93 66.72	27.74 28.02	45.54 45.79	45.66
2.- LIMITE LIQUIDO	36 22 15	32.69 32.85 34.99	28.65 28.65 29.93	21.18 21.00 20.84	54.08 54.90 55.67	54.72
3.- LIMITE PLASTICO		24.90 24.78	23.78 23.64	21.19 21.01	43.24 43.35	43.29
<b>4.- GRANULOMETRIA</b>						
PESO INIC. 260.5						
PESO INICIAL DE CALCULO: 178.8						
	TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA		
	1"	0.0	0	100		
	3/4"	0.0	0	100		
	1/2"	0.0	0	100		
	3/8"	0.0	0	100		
	No. 4	0.7	0	100		
	No. 10	2.8	2	98		
	No. 40	14.1	8	92		
	No.200	60.1	34	66		
<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL =	55.0	<b>SUCS :</b>		<b>MH</b>
GRAVA	0	LP =	43.0	<b>AASHTO:</b>		<b>A-7-5</b>
ARENA	34	IP =	12.0	<b>IG:</b>		<b>10.</b>
FINOS	66	w% =	45.7	<b>AASHTO</b>		<b>A-7-5 (10)</b>
<p><b>SUCS : Limo elástico arenoso, color café oscuro (MH)</b> <b>AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-5)</b></p>						
<p>Ing. Sandra Castro A.</p> <p><b>ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)</b></p>						
Ensayado por: F.Y						

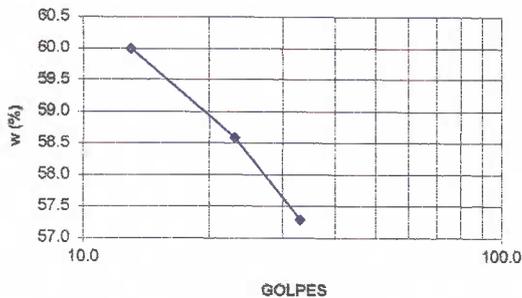
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>	Magaly Gaibor	<b>MUESTRA:</b>	2 - suelo		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Sto. Domingo de Cutuglahua	<b>NORMA:</b>	ASTM D 2487		
<b>FECHA INFORME :</b>	28/03/2023	<b>ASTM D 3282</b>	<b>Pág.</b>	1/1	

	No. DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		59.04	48.48	27.20	49.62	49.53
		58.25	48.12	27.63	49.44	
2.- LIMITE LIQUIDO	33	34.60	30.79	24.14	57.29	58.19
	23	33.81	30.40	24.58	58.59	
	13	37.83	33.54	26.39	60.00	
3.- LIMITE PLASTICO		26.52	25.89	24.36	41.18	41.53
		26.34	25.85	24.68	41.88	

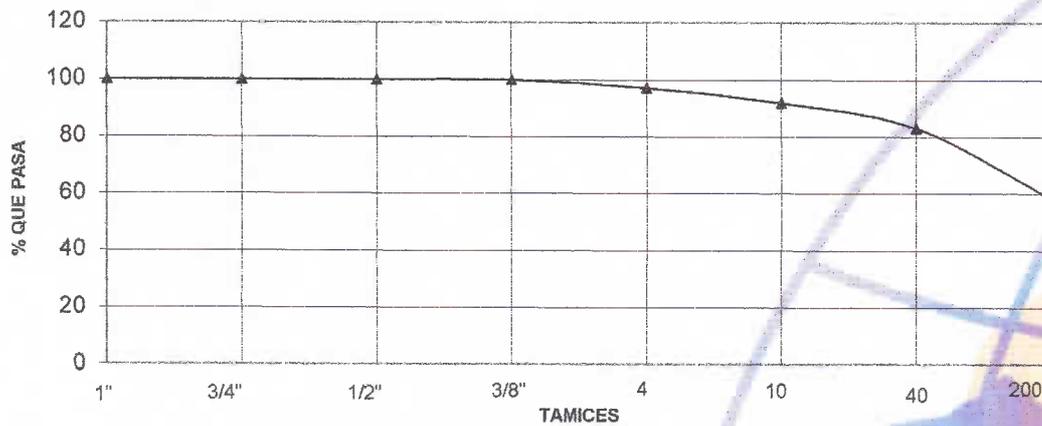


### 4.- GRANULOMETRIA

PESO INIC. 36.8

PESO INICIAL DE CALCULO: 24.6

TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.7	3	97
No. 10	2.0	8	92
No. 40	4.1	17	83
No.200	10.2	42	58



### 5.- CLASIFICACION.-

GRAVA	3
ARENA	39
FINOS	58

LL =	58.0
LP =	42.0
IP =	16.0
w% =	49.5

<b>SUCS :</b>	<b>MH</b>
<b>AASHTO:</b>	<b>A-7-5</b>
<b>IG:</b>	<b>9</b>
<b>AASHTO</b>	<b>A-7-5 (9)</b>

**SUCS : Limo elástico arenoso, color café oscuro (MH)**  
**AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-5)**



**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor		<b>MUESTRA:</b> 3 - suelo				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487				
<b>FECHA INFORME:</b> 28/03/2023		ASTM D 3282		<b>Pág.</b> 1/1		

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		61.23	50.03	28.12	51.12	51.09
		59.23	48.68	28.02	51.06	
2.- LIMITE LIQUIDO	35	36.80	32.36	24.32	55.22	58.10
	22	34.82	30.16	22.32	59.44	
	13	35.62	30.79	23.15	63.22	
3.- LIMITE PLASTICO		27.52	26.52	24.12	41.67	42.00
		27.32	26.30	23.89	42.32	

4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.		105.3	
PESO INICIAL DE CALCULO:		69.7	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.8	1	99
No. 10	2.1	3	97
No. 40	6.2	9	91
No.200	27.5	39	61

5.- CLASIFICACION.-		LL =	58.0	SUCS :	MH
GRAVA	1	LP =	42.0	AASHTO:	A-7-5
ARENA	38	IP =	16.0	IG:	10
FINOS	61	w% =	51.1	AASHTO	A-7-5 (10)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negruzco (MH)  
AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-5)

Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**  
INGENIERÍA CIVIL

Ensayado por: F.Y

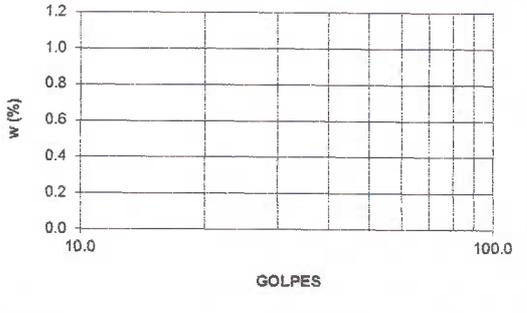
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317, 0987488683

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

<b>PROYECTO:</b>		Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe					
<b>SOLICITA:</b>		Magaly Gaibor				<b>MUESTRA:</b> 1- relave	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		-----				<b>NORMA:</b> ASTM D 2487	
<b>FECHA INFORME:</b> 28/03/2023		ASTM D 3282				<b>Pág.</b> 1/1	

	No. DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		79.06	72.10	26.14	15.14	15.10
		89.32	81.31	28.13	15.06	
2.- LIMITE LIQUIDO	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
3.- LIMITE PLASTICO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	

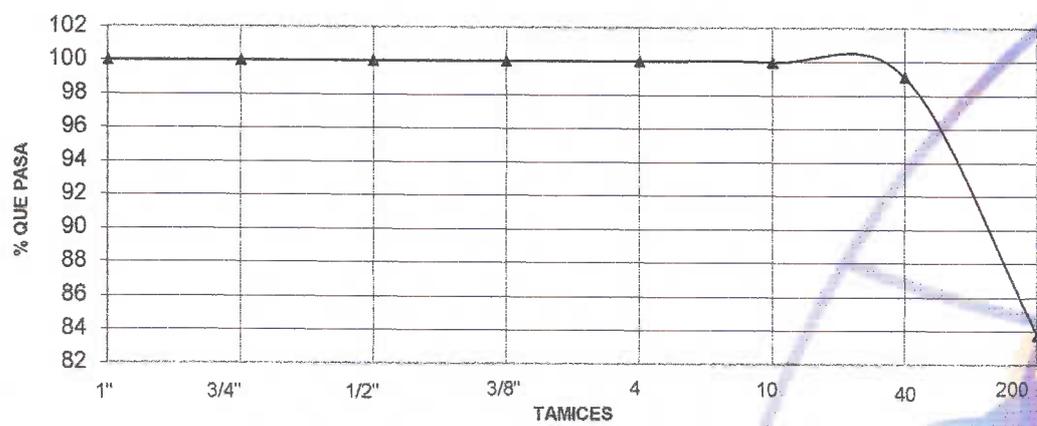


**4.- GRANULOMETRIA**

PESO INIC. 100.0

PESO INICIAL DE CALCULO: 86.9

TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.0	0	100
No. 40	0.8	1	99
No.200	14.1	16	84



<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL = 0.0	<b>SUCS :</b> ML
GRAVA	0	LP = 0.0	AASHTO: A-4
ARENA	16	IP = 0.0	IG: 0
FINOS	84	w% = 15.1	AASHTO: A-4(0)

SUCS : Limo con arena, color café claro (ML)  
AASHTO: Suelo limoso (A-4)



Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

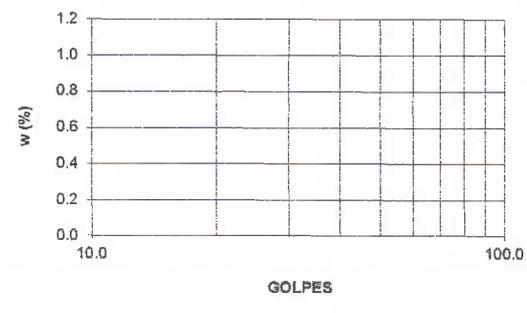
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317, 0987488683

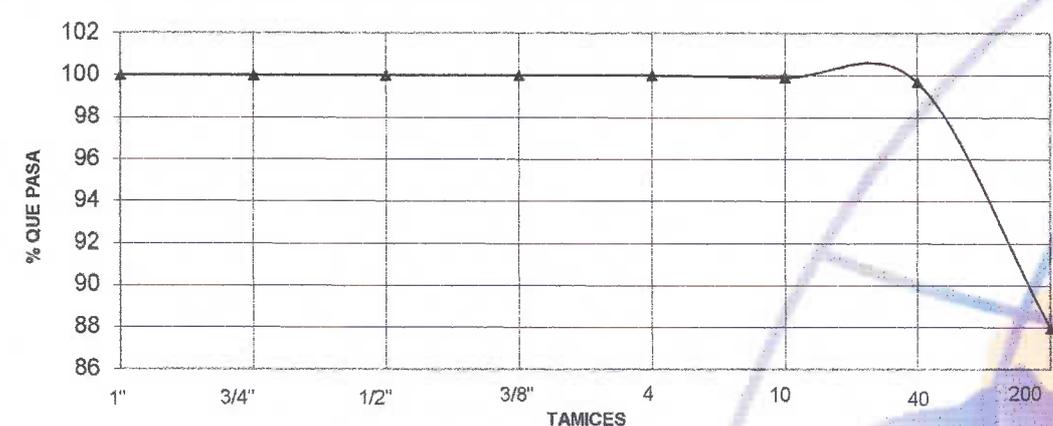
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Galbor					<b>MUESTRA:</b> 2- relave	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> -----		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487				
<b>FECHA INFORME :</b> 28/03/2023		ASTM D 3282			<b>Pág.</b> 1/1	

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		90.05	81.99	27.74	14.86	14.84
		89.26	81.35	28.02	14.83	
2.- LIMITE LIQUIDO	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
3.- LIMITE PLASTICO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	100.0		
PESO INICIAL DE CALCULO:	87.1		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.1	0	100
No. 40	0.3	0	100
No.200	10.5	12	88



5.- CLASIFICACION.-		LL =	0.0	SUCS :	ML
GRAVA	0	LP =	0.0	AASHTO:	A-4
ARENA	12	IP =	0.0	IG:	0
FINOS	88	w% =	14.8	AASHTO	A-4(0)

SUCS : Limo, color café claro (ML)  
AASHTO: Suelo limoso (A-4)



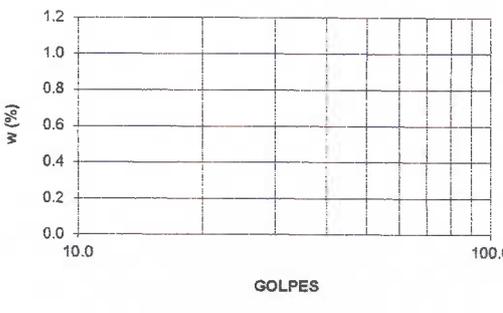
Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317, 0987488683

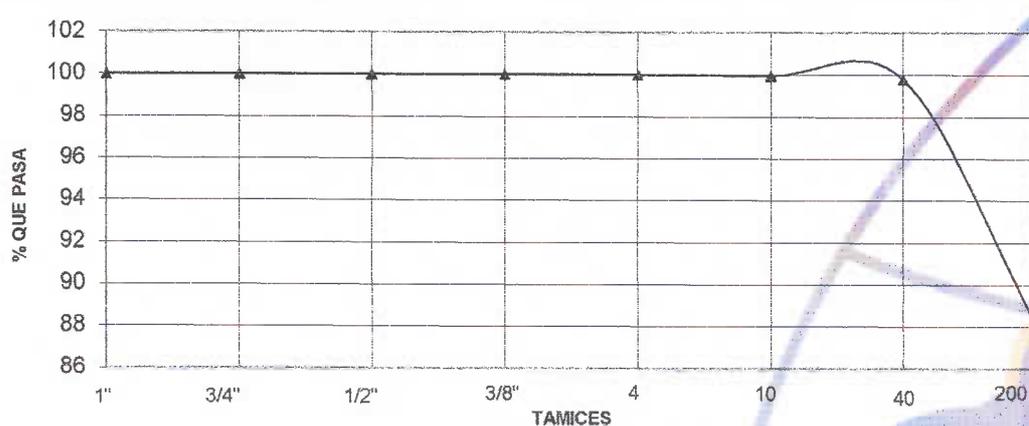
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor					<b>MUESTRA:</b> 3- relave	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> -----		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487				
<b>FECHA INFORME :</b> 28/03/2023		ASTM D 3282			<b>Pág.</b> 1/1	

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		90.56	82.35	26.90	14.81	14.84
		81.68	74.53	26.48	14.88	
2.- LIMITE LIQUIDO	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
3.- LIMITE PLASTICO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	



<b>4.- GRANULOMETRIA</b>			
PESO INIC.		100.0	
PESO INICIAL DE CALCULO:		87.1	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.1	0	100
No. 40	0.2	0	100
No.200	10.3	12	88



<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL =	0.0	<b>SUCS :</b>	<b>ML</b>
GRAVA	0	LP =	0.0	<b>AASHTO:</b>	<b>A-4</b>
ARENA	12	IP =	0.0	<b>IG:</b>	<b>0</b>
FINOS	88	w% =	14.8	<b>AASHTO</b>	<b>A-4(0)</b>

**SUCS : Limo, color café claro (ML)**  
**AASHTO: Suelo limoso (A-4)**



Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317, 0987498683

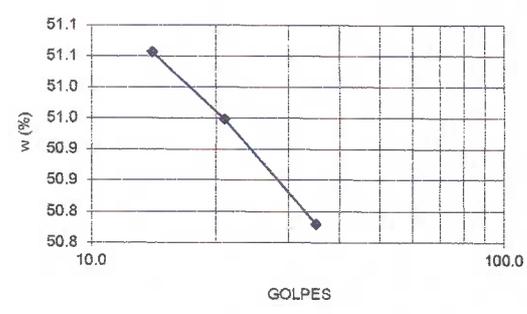
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

<b>PROYECTO:</b>		Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>		Magaly Gaibor			<b>MUESTRA:</b> suelo - cemento 15%	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>		Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487		
<b>FECHA INFORME :</b>		05/05/2023		ASTM D 3282 Pág.		

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		60.90	55.73	27.43	18.27	18.31
		62.32	57.00	28.02	18.36	
2.- LIMITE LIQUIDO	35	32.32	28.74	21.69	50.78	50.89
	21	32.90	29.14	21.76	50.95	
	14	31.37	27.99	21.37	51.06	
3.- LIMITE PLASTICO		23.62	22.89	21.23	43.98	43.77
		23.52	22.81	21.18	43.56	

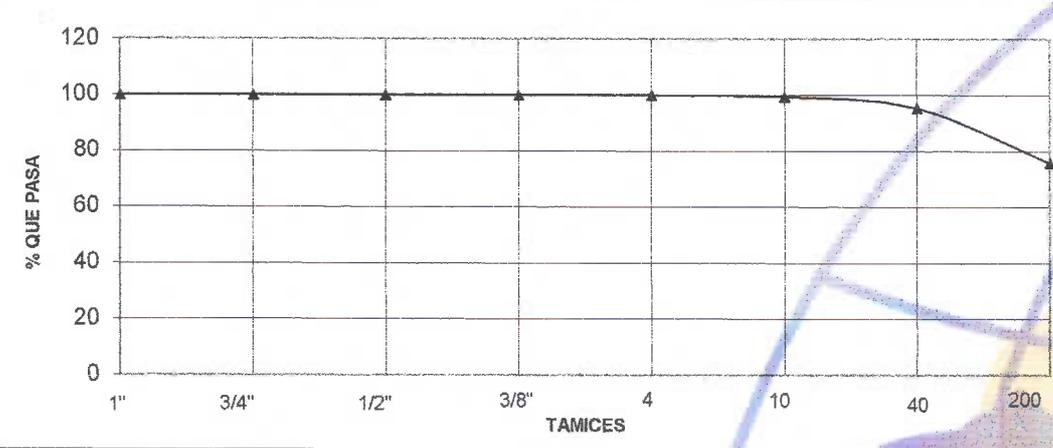


**4.- GRANULOMETRIA**

PESO INIC. 54.6

PESO INICIAL DE CALCULO: 46.2

TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.3	1	99
No. 40	2.1	5	95
No.200	11.2	24	76

<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL =	51.0	SUCS :	MH
GRAVA	0	LP =	44.0	AASHTO:	A-5
ARENA	24	IP =	7.0	IG:	9
FINOS	76	w% =	18.3	AASHTO:	A-5 (9)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negrozco (MH)  
AASHTO: A-5 (9) Suelo limoso



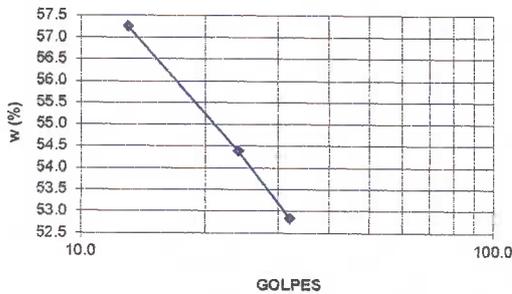
Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

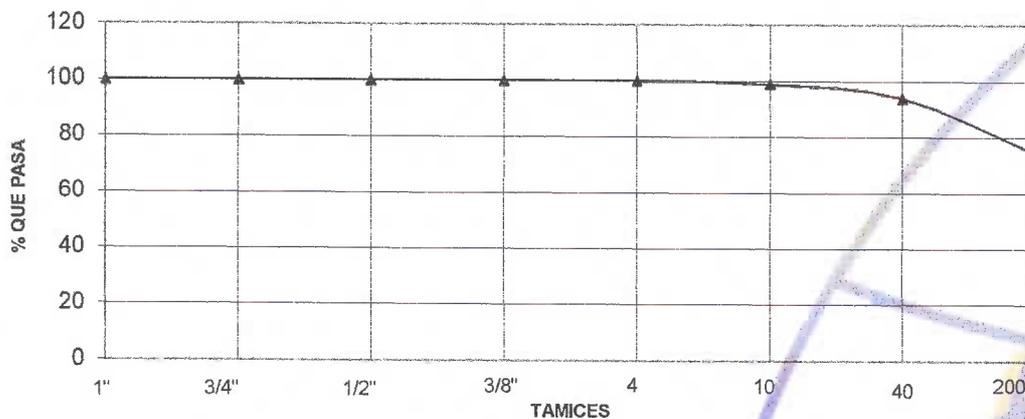
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>	Magaly Gaibor	<b>MUESTRA:</b>	suelo - relave 5%		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Sto. Domingo de Cutuglahua	<b>NORMA:</b>	ASTM D 2487	<b>Pág.</b>	1/1
<b>FECHA INFORME :</b>	18/04/2023		ASTM D 3282		

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		60.54	58.99	30.00	5.35	5.41
		72.32	70.02	28.02	5.48	
2.- LIMITE LIQUIDO	32	34.15	29.69	21.25	52.84	54.10
	24	33.77	29.37	21.28	54.39	
	13	32.97	28.83	21.60	57.26	
3.- LIMITE PLASTICO		23.67	23.01	21.48	43.14	43.04
		23.65	22.92	21.22	42.94	



### 4.- GRANULOMETRIA

PESO INIC.		29.1	
PESO INICIAL DE CALCULO:		27.6	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.3	1	99
No. 40	1.7	6	94
No.200	7.0	25	75



### 5.- CLASIFICACION.-

GRAVA	0
ARENA	25
FINOS	75

LL =	54.0
LP =	43.0
IP =	11.0
w% =	5.4

<b>SUCS :</b>	<b>MH</b>
AASHTO:	A-7-5
IG:	11
AASHTO	A-7-5 (11)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negruzco (MH)  
AASHTO: A-7-5 (11) Suelo arcilloso



ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

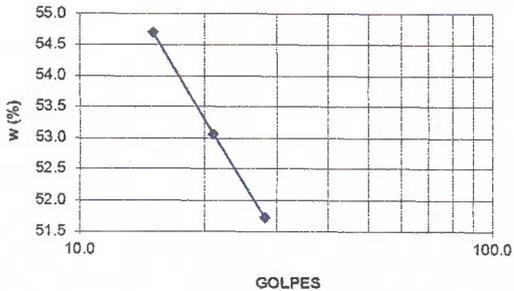
Ensayado por: F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

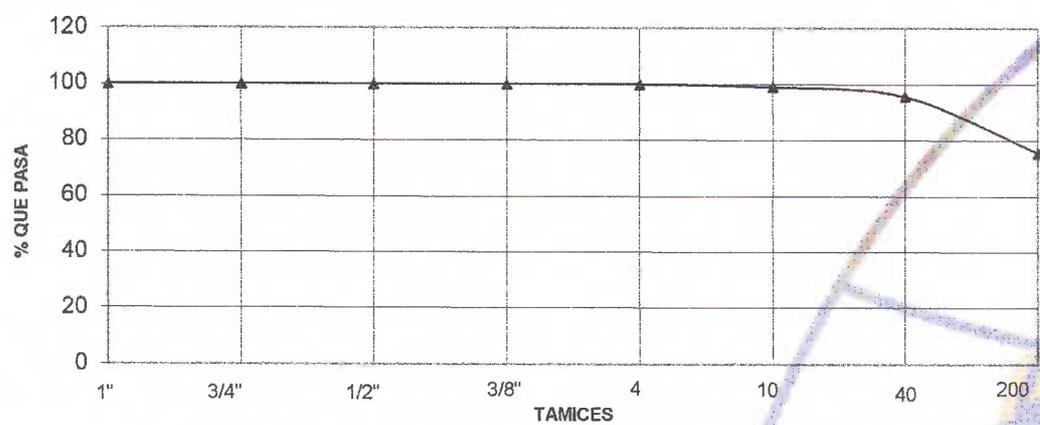
<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487			<b>MUESTRA:</b> suelo - relave 10%	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>ASTM D 3282</b>			<b>Pág.</b> 1/1	
<b>FECHA INFORME :</b> 20/04/2023						
	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		72.07	65.40	28.47	18.06	18.22
		73.59	66.56	28.32	18.38	
2.- LIMITE LIQUIDO	28	33.19	28.99	20.87	51.72	52.25
	21	30.99	27.70	21.50	53.06	
	15	33.54	29.18	21.21	54.71	
3.- LIMITE PLASTICO		23.62	23.05	21.74	43.51	43.08
		24.66	23.76	21.65	42.65	



<b>4.- GRANULOMETRIA</b>			
PESO INIC.		47.2	
PESO INICIAL DE CALCULO:		39.9	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.4	1	99
No. 40	1.7	4	96
No.200	9.7	24	76



<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL =	52.0	<b>SUCS :</b>	MH
GRAVA	0	LP =	43.0	AASHTO:	A-5
ARENA	24	IP =	9.0	IG:	10
FINOS	76	w% =	18.2	AASHTO	A-5 (10)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negruzco (MH)  
AASHTO: A-5 (10) Suelo limoso.



Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor					<b>MUESTRA:</b> suelo -	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487			relave 15%	
<b>FECHA INFORME:</b> 20/04/2023		ASTM D 3282			<b>Pág.</b> 1/1	

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		54.51	47.66	27.29	33.63	33.34
		60.32	52.32	28.12	33.06	
2.- LIMITE LIQUIDO	24	32.56	28.90	21.61	50.21	50.10
	18	34.22	29.78	21.17	51.57	
	13	33.78	29.37	21.01	52.75	
3.- LIMITE PLASTICO		22.85	22.40	21.33	42.06	42.01
		23.16	22.56	21.13	41.96	

4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	42.2		
PESO INICIAL DE CALCULO:	31.6		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.1	0	100
No. 40	1.2	4	96
No.200	7.8	25	75

5.- CLASIFICACION.-		LL =	50.0	SUCS:	MH
GRAVA	0	LP =	42.0	AASHTO:	A-5
ARENA	25	IP =	8.0	IG:	9
FINOS	75	w% =	33.3	AASHTO:	A-5 (9)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negruzco (MH)  
 AASHTO: A-5 (9) Suelo limoso

Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor					<b>MUESTRA:</b> suelo - relave 20%	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487				
<b>FECHA INFORME :</b> 05/05/2023		ASTM D 3282			<b>Pág.</b> 1/1	

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		63.38 70.56	54.38 59.65	28.12 27.65	34.27 34.09	34.18
2.- LIMITE LIQUIDO	34 24 14	30.64 33.66 32.26	27.57 29.72 28.41	21.00 21.64 20.89	46.73 48.76 51.20	48.37
3.- LIMITE PLASTICO		24.99 24.69	23.95 23.65	21.42 21.15	41.11 41.60	41.35

GOLPES	w (%)
10	51.1
25	48.8
50	46.6

4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	48.0		
PESO INICIAL DE CALCULO:	35.8		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.1	0	100
No. 40	1.3	4	96
No.200	8.5	24	76

TAMICES	% QUE PASA
1"	100
3/4"	100
1/2"	100
3/8"	100
4	100
10	100
40	100
200	76

5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	24
FINOS	76

LL =	48.0
LP =	41.0
IP =	7.0
w% =	34.2

SUCS :	ML
AASHTO:	A-5
IG:	8
AASHTO	A-5 (8)

SUCS : Limo arenoso, color negruzco (ML)  
AASHTO: A-5 (8) Suelo limoso.

  
 Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

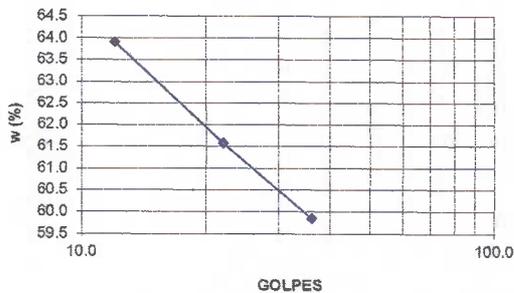
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

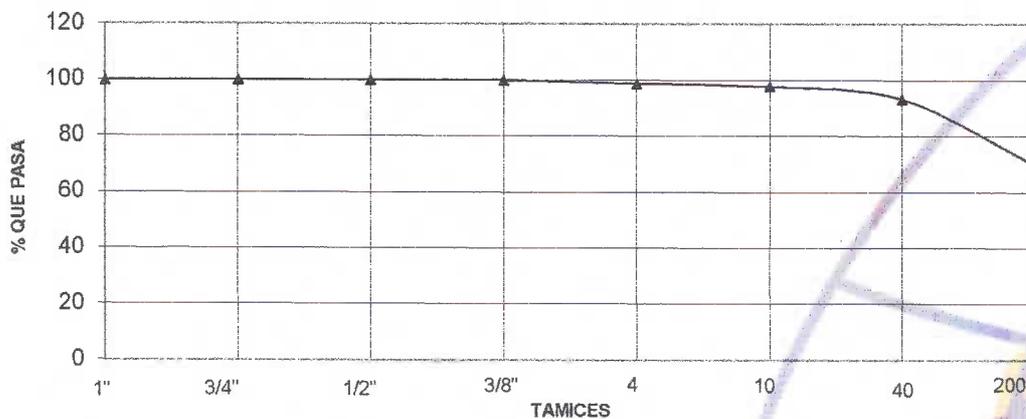
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>	Magaly Gaibor	<b>MUESTRA:</b>	suelo - mortero 5%		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Sto. Domingo de Cutuglahua	<b>NORMA:</b>	ASTM D 2487	<b>Pág.</b>	1/1
<b>FECHA INFORME :</b>	18/05/2023		ASTM D 3282		

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		51.03 49.85	45.14 44.42	27.45 28.11	33.30 33.29	33.29
2.- LIMITE LIQUIDO	36 22 12	34.62 33.40 34.66	29.61 28.96 29.63	21.24 21.75 21.76	59.86 61.58 63.91	61.17
3.- LIMITE PLASTICO		24.04 24.80	23.10 23.69	21.06 21.34	46.08 47.23	46.66



### 4.- GRANULOMETRIA

PESO INIC.	44.7		
PESO INICIAL DE CALCULO:	33.6		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.4	1	99
No. 10	0.7	2	98
No. 40	2.3	7	93
No.200	10.2	30	70



### 5.- CLASIFICACION.-

GRAVA	1
ARENA	29
FINOS	70

LL =	61.0
LP =	47.0
IP =	14.0
w% =	33.3

SUCS :	MH
AASHTO:	A-7-5
IG:	13
AASHTO	A-7-5 (13)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negrozco (MH)  
AASHTO: A-7-5 (13) Suelo arcilloso



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y

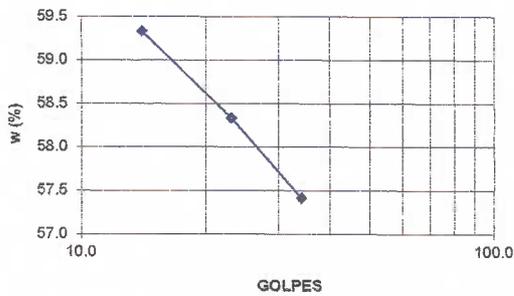
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

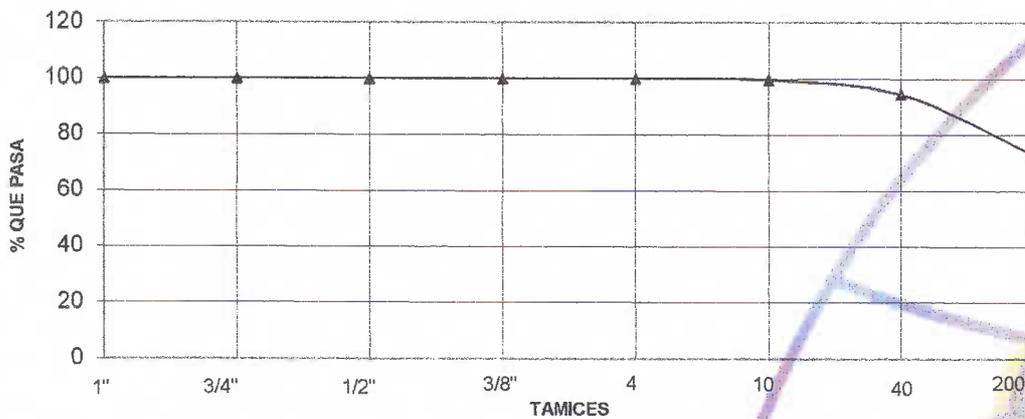
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>	Magaly Gaibor	<b>MUESTRA:</b>	suelo - mortero 10%		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Sto. Domingo de Cutuglahua	<b>NORMA:</b>	ASTM D 2487	<b>Pág.</b>	1/1
<b>FECHA INFORME :</b>	18/05/2023		ASTM D 3282		

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		50.97 49.06	45.46 43.48	28.35 26.14	32.20 32.18	32.19
2.- LIMITE LIQUIDO	34 23 14	34.19 32.59 32.81	29.43 28.32 28.52	21.14 21.00 21.29	57.42 58.33 59.34	58.11
3.- LIMITE PLASTICO		24.20 24.96	23.24 23.79	21.16 21.23	46.15 45.70	45.93



## 4.- GRANULOMETRIA

PESO INIC.	33.5		
PESO INICIAL DE CALCULO:	25.3		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	0.0	0	100
No. 10	0.1	0	100
No. 40	1.4	5	95
No.200	6.8	27	73



## 5.- CLASIFICACION.-

GRAVA	0
ARENA	27
FINOS	73

LL =	58.0
LP =	46.0
IP =	12.0
w% =	32.2

SUCS:	MH
AASHTO:	A-7-5
IG:	12
AASHTO:	A-7-5 (12)

SUCS : Limo elástico arenoso, color negrozco (MH)  
AASHTO: A-7-5 (12) Suelo arcilloso



ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

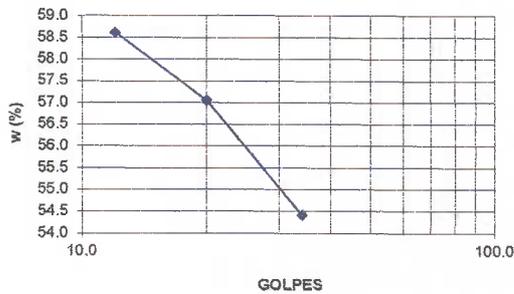
Ensayado por: F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

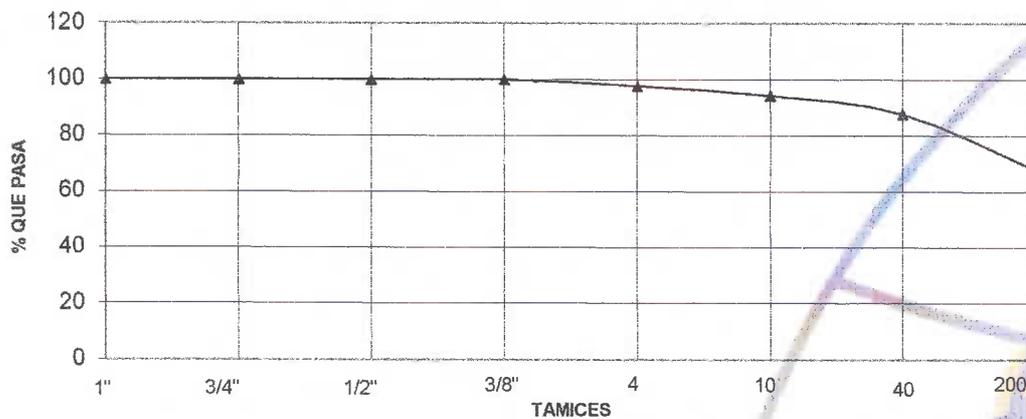
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe				
<b>SOLICITA:</b>	Magaly Gaibor	<b>MUESTRA:</b>	suelo - mortero 15%		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Sto. Domingo de Cutuglahua	<b>NORMA:</b>	ASTM D 2487		
<b>FECHA INFORME :</b>	18/05/2023		ASTM D 3282	<b>Pág.</b>	1/1

	No. DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		59.83	51.76	26.03	31.36	31.57
		66.13	56.80	27.43	31.77	
2.- LIMITE LIQUIDO	34	35.70	30.53	21.03	54.42	55.82
	20	33.72	29.23	21.36	57.05	
	12	33.17	28.68	21.02	58.62	
3.- LIMITE PLASTICO		24.40	23.48	21.55	47.67	47.49
		24.39	23.42	21.37	47.32	



### 4.- GRANULOMETRIA

PESO INIC.	59.2		
PESO INICIAL DE CALCULO:	45.0		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	1.0	2	98
No. 10	2.6	6	94
No. 40	5.4	12	88
No.200	14.5	32	68



### 5.- CLASIFICACION.-

GRAVA	2
ARENA	30
FINOS	68

LL =	56.0
LP =	47.0
IP =	9.0
w% =	31.6

<b>SUCS :</b>	<b>MH</b>
<b>AASHTO:</b>	<b>A-5</b>
<b>IG:</b>	<b>9</b>
<b>AASHTO</b>	<b>A-5 (9)</b>

SUCS : Limo elástico arenoso, color negruzco (MH)  
AASHTO: A-5 (9) Suelo limoso



**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

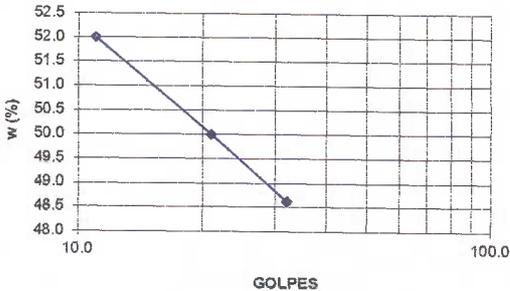
## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO:</b> Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe						
<b>SOLICITA:</b> Magaly Gaibor					<b>MUESTRA:</b> suelo - mortero 20%	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Sto. Domingo de Cutuglahua		<b>NORMA:</b> ASTM D 2487			<b>Pág.</b> 1/1	
<b>FECHA INFORME :</b> 18/05/2023		<b>ASTM D 3282</b>				

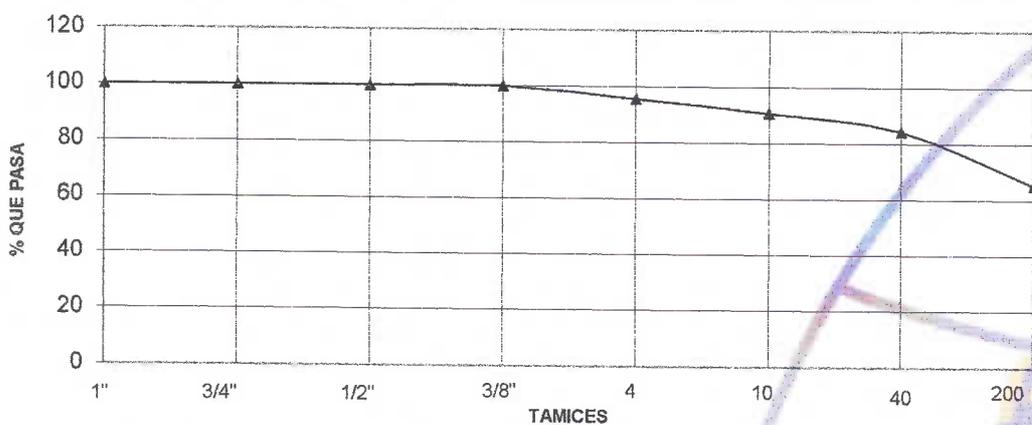
  

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		63.47	54.96	27.54	31.04	30.79
		76.80	65.23	27.34	30.54	
2.- LIMITE LIQUIDO	32	34.92	30.35	20.95	48.62	49.42
	21	32.40	28.77	21.51	50.00	
	11	33.94	29.67	21.46	52.01	
3.- LIMITE PLASTICO		24.91	23.95	21.62	41.20	41.06
		24.03	23.22	21.24	40.91	



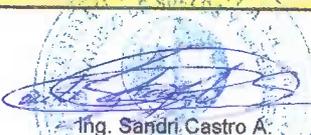
<b>4.- GRANULOMETRIA</b>			
PESO INIC.		52.6	
PESO INICIAL DE CALCULO:		40.2	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0.0	0	100
3/4"	0.0	0	100
1/2"	0.0	0	100
3/8"	0.0	0	100
No. 4	1.8	4	96
No. 10	3.7	9	91
No. 40	6.3	16	84
No.200	14.0	35	65

<b>5.- CLASIFICACION.-</b>		LL = 49.0		<b>SUCS :</b> ML	
GRAVA	4	LP = 41.0	AASHTO: A-5		
ARENA	31	IP = 8.0	IG: 6		
FINOS	65	w% = 30.8	AASHTO: A-5 (6)		

SUCS : Limo arenoso, color negruzco (ML)  
AASHTO: A-5 (6) Suelo limoso.



Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D-422

FECHA INFORME:

30/03/2023

LOCALIZ: Sto Domingo de Cutuglahua

MUESTRA: 1 - suelo

Pág.: 1/2

HIDRÓMETRO No: 151 H

DESCRIPCIÓN DEL SUELO : LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZCO

Gs: 2.4

MASA MUESTRA HUMEDA: 100.0 g

AGENTE DISPERSANTE: (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> 4%

MASA MUESTRA SECA: 81.06 g

CORR. POR MENISCO = 0.0010

G1 1

P<sub>100</sub>/100 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.018	0.00430	1.015	31	31	1.019	11.3	11.265	0.0128	0.0430
2	20	1.017	0.00430	1.014	29	29	1.018	11.5	5.765	0.0128	0.0307
5	20	1.014	0.00430	1.011	23	23	1.015	12.3	2.465	0.0128	0.0201
15	20	1.011	0.00430	1.008	16	16	1.012	13.1	0.875	0.0128	0.0120
30	20	1.008	0.00430	1.005	10	10	1.009	13.9	0.464	0.0128	0.0087
60	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.241	0.0128	0.0063
120	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.7	0.123	0.0128	0.0045
250	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.7	0.059	0.0128	0.0031
1440	20	1.004	0.00430	1.001	1	1	1.005	15.0	0.010	0.0128	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe  
**SOLICITA:** Magaly Gaibor  
**NORMA:** ASTM D-422  
**FECHA INFORME:** 30/03/2023  
**LOCALIZ:** Zamora Chinchipe  
**MUESTRA:** 1 - RELAVE  
**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H  
**Gs:** 2.93  
**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
**CANTIDAD:** 4%  
**CORR. POR MENISCO =** 0.0005  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** LIMO CON ARENA, COLOR CAFÉ CLARO  
**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g  
**MASA MUESTRA SECA:** 86.88 g  
**G1** 1  
**P<sub>10</sub>/100** 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	19	1.026	0.00456	1.022	38	38	1.027	9.3	9.278	0.0128	0.0390
2	19	1.025	0.00456	1.021	37	37	1.026	9.5	4.771	0.0128	0.0280
5	19	1.019	0.00456	1.015	26	26	1.020	11.1	2.227	0.0128	0.0191
15	19	1.016	0.00456	1.012	21	21	1.017	11.9	0.795	0.0128	0.0114
30	19	1.013	0.00456	1.009	16	16	1.014	12.7	0.424	0.0128	0.0083
60	19	1.011	0.00456	1.007	12	12	1.012	13.3	0.221	0.0128	0.0060
120	19	1.009	0.00456	1.005	9	9	1.010	13.8	0.115	0.0128	0.0043
250	19	1.009	0.00456	1.005	9	9	1.010	13.8	0.055	0.0128	0.0030
1440	19	1.006	0.00456	1.002	3	3	1.007	14.6	0.010	0.0128	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORM: 30/03/2023

FECHA ENSAYO 28/03/2023

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: 1 - relave

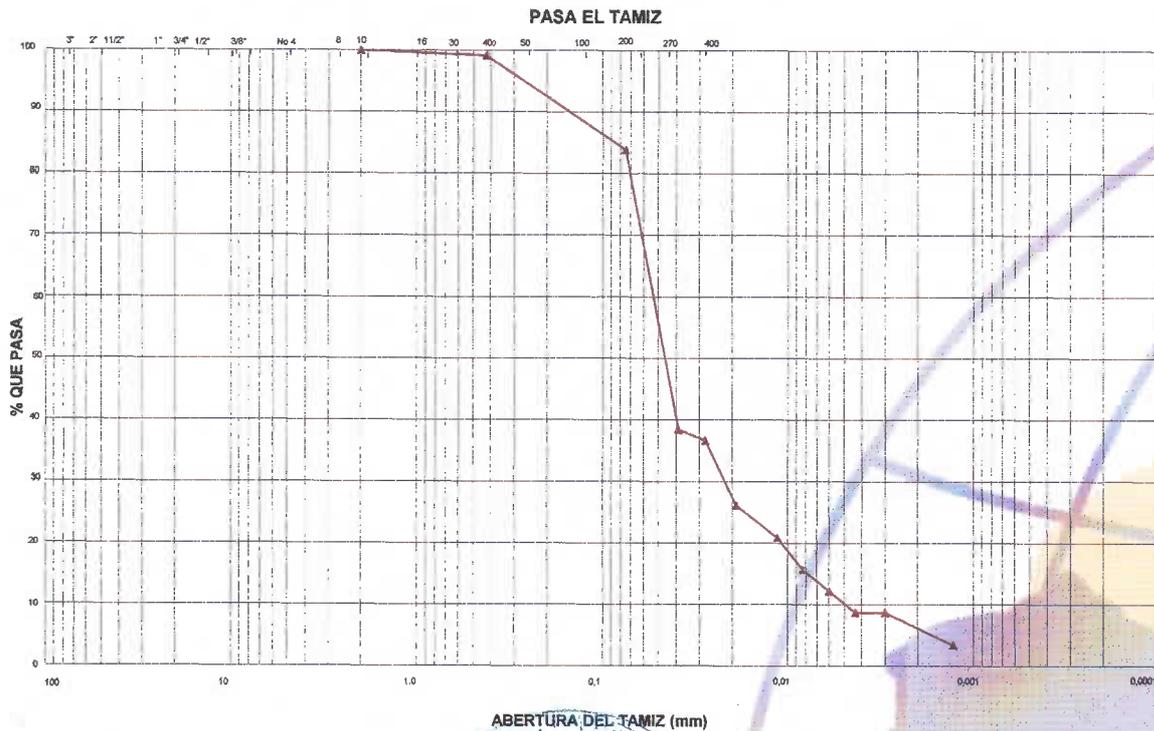
Pág.: 2/2

GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr												0			0.6						14.1
% Retenido												0			1						16
% Que pasa												100			99						84
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.  
MASA MUESTRA SECA = 86.9 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.005	d30	0.023	d60	0.054	Cu	10.80	Cc	1.96
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	------

Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900 ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / incivilujo@ups.edu.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.

SOLICITA:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D-422

FECHA INFORME:

30/03/2023

LOCALIZ: Zamora Chinchipe

MUESTRA: 2 - RELAVE

Pág.: 1/2

HIDRÓMETRO No: 151 H

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: LIMO CON ARENA, COLOR CAFÉ CLARO

Gs: 2.93

MASA MUESTRA HUMEDA: 100.0 g

AGENTE DISPERSANTE: (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

MASA MUESTRA SECA: 87.07 g

CANTIDAD: 4%

CORR. POR MENISCO = 0.0005

G1 1

P<sub>10</sub>/100 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametáfo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L. (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	19	1.027	0.00456	1.023	40	40	1.028	9.0	9.012	0.0128	0.0384
2	19	1.026	0.00456	1.022	38	38	1.027	9.3	4.639	0.0128	0.0276
6	19	1.022	0.00456	1.018	31	31	1.023	10.3	2.068	0.0128	0.0184
15	19	1.015	0.00456	1.011	19	19	1.016	12.2	0.813	0.0128	0.0115
30	19	1.014	0.00456	1.010	17	17	1.015	12.5	0.415	0.0128	0.0082
60	19	1.012	0.00456	1.008	14	14	1.013	13.0	0.216	0.0128	0.0060
120	19	1.010	0.00456	1.006	10	10	1.011	13.5	0.113	0.0128	0.0043
250	19	1.010	0.00456	1.006	10	10	1.011	13.5	0.054	0.0128	0.0030
1440	19	1.007	0.00456	1.003	5	5	1.008	14.3	0.010	0.0128	0.0013



Ing. Sandri Castro A.  
INGENIERÍA CIVIL

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Calbor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORM: 30/03/2023

FECHA ENSAYO: 28/03/2023

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: 2 - relave

Pág.: 2/2

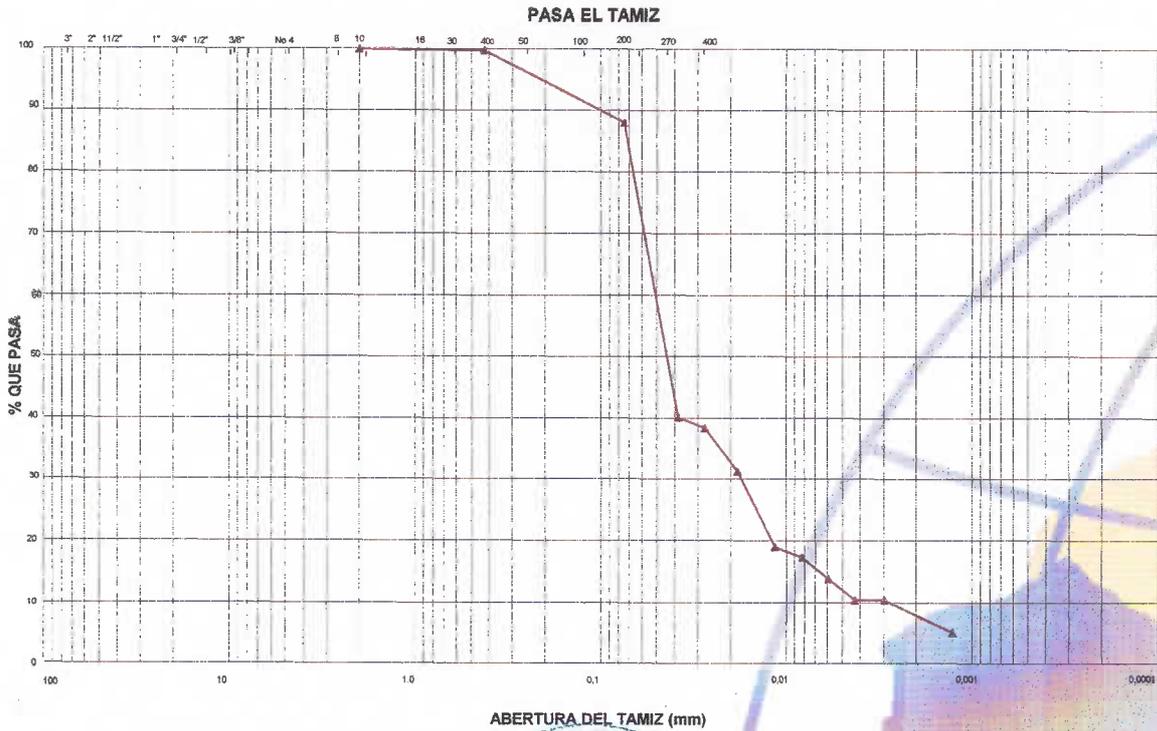
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Paso No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Peso No 200	
Peso Retén. Parcial gr																					
Peso Retén. Acumula. gr												0			0.3					10.5	
% Retenido												0			0					12	
% Que pasa												100			100					88	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 87.1 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.003	d30	0.048	d60	0.05	Cu	16.67	Cc	2.16
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	------	----	-------	----	------

Ing. Sander Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T./F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900 ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluo@ups.edu.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor

**NORMA:** ASTM D-422

**FECHA INFORME:** 30/03/2023

**LOCALIZ:** Zamora Chinchipe

**MUESTRA:** 3 - RELAVE

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H

**Gs:** 2.94

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

**CANTIDAD:** 4%

**CORR. POR MENISCO =** 0.0005

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** LIMO CON ARENA, COLOR CAFÉ CLARO

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**MASA MUESTRA SECA:** 87.07 g

**G1** 1

**P<sub>10</sub>/100** 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	19	1.026	0.00456	1.022	38	38	1.027	9.3	9.278	0.01273	0.0388
2	19	1.025	0.00456	1.021	36	36	1.026	9.5	4.771	0.01273	0.0278
5	19	1.019	0.00456	1.015	26	26	1.020	11.1	2.227	0.01273	0.0190
15	19	1.016	0.00456	1.012	21	21	1.017	11.9	0.795	0.01273	0.0114
30	19	1.013	0.00456	1.009	16	16	1.014	12.7	0.424	0.01273	0.0083
60	19	1.011	0.00456	1.007	12	12	1.012	13.3	0.221	0.01273	0.0060
120	19	1.010	0.00456	1.006	10	10	1.011	13.5	0.113	0.01273	0.0043
250	19	1.009	0.00456	1.005	9	9	1.010	13.8	0.055	0.01273	0.0030
1440	19	1.006	0.00456	1.002	3	3	1.007	14.6	0.010	0.01273	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891. 3962 800 EXT 2317

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Galbor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORM: 30/03/2023

FECHA ENSAYO 28/03/2023

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: 3 - relave

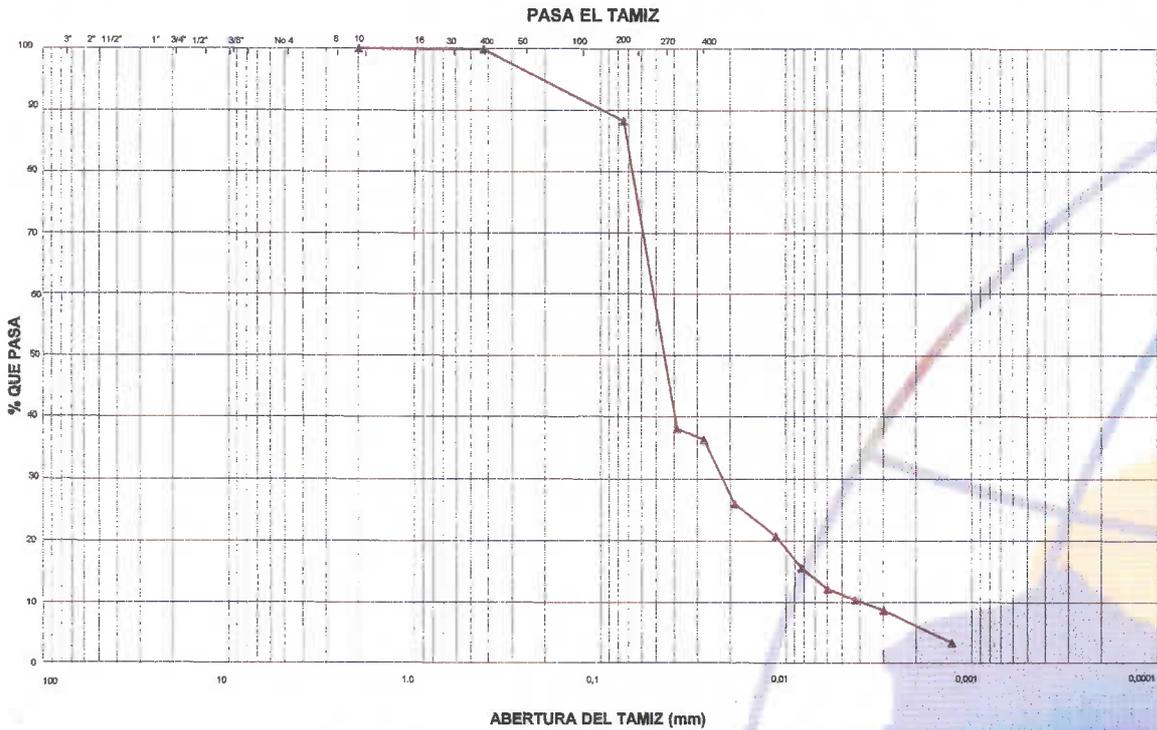
Pág.: 2/2

GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No. 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No. 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr												0			0.2					10.3	
% Retenido												0			0					12	
% Que pasa												100			100					88	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.  
MASA MUESTRA SECA = 87.1 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.004	d30	0.022	d60	0.05	Cu	12.20	Cc	2.36
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	------	----	-------	----	------

Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

Ensayado por: V.T / F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D-422

**FECHA INFORME:**

05/05/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-cemento 15%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZO

**Gs:** 2.56

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
**CANTIDAD** 4%

**MASA MUESTRA SECA:** 81.4 g

**CORR. POR MENISCO =** 0.0010

**G1** 1

**P<sub>10</sub>/100** 0.99

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.021	0.00430	1.018	35	35	1.022	10.5	10.523	0.01405	0.0456
2	20	1.019	0.00430	1.016	32	32	1.020	10.9	5.460	0.01405	0.0328
5	20	1.016	0.00430	1.012	25	25	1.017	11.9	2.375	0.01405	0.0217
15	20	1.013	0.00430	1.009	19	19	1.014	12.7	0.845	0.01405	0.0129
30	20	1.010	0.00430	1.007	13	13	1.011	13.4	0.448	0.01405	0.0094
60	20	1.008	0.00430	1.005	9	9	1.009	13.9	0.232	0.01405	0.0068
120	20	1.007	0.00430	1.004	7	7	1.008	14.2	0.118	0.01405	0.0048
250	20	1.007	0.00430	1.004	7	7	1.008	14.2	0.057	0.01405	0.0033
1440	20	1.004	0.00430	1.001	2	2	1.005	14.9	0.010	0.01405	0.0014



Ing. Saúl Castro A.  
INGENIERÍA CIVIL  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR:

FECHA INFORME: 05/05/2023

FECHA ENSAYO: 04/05/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-cemento 15%

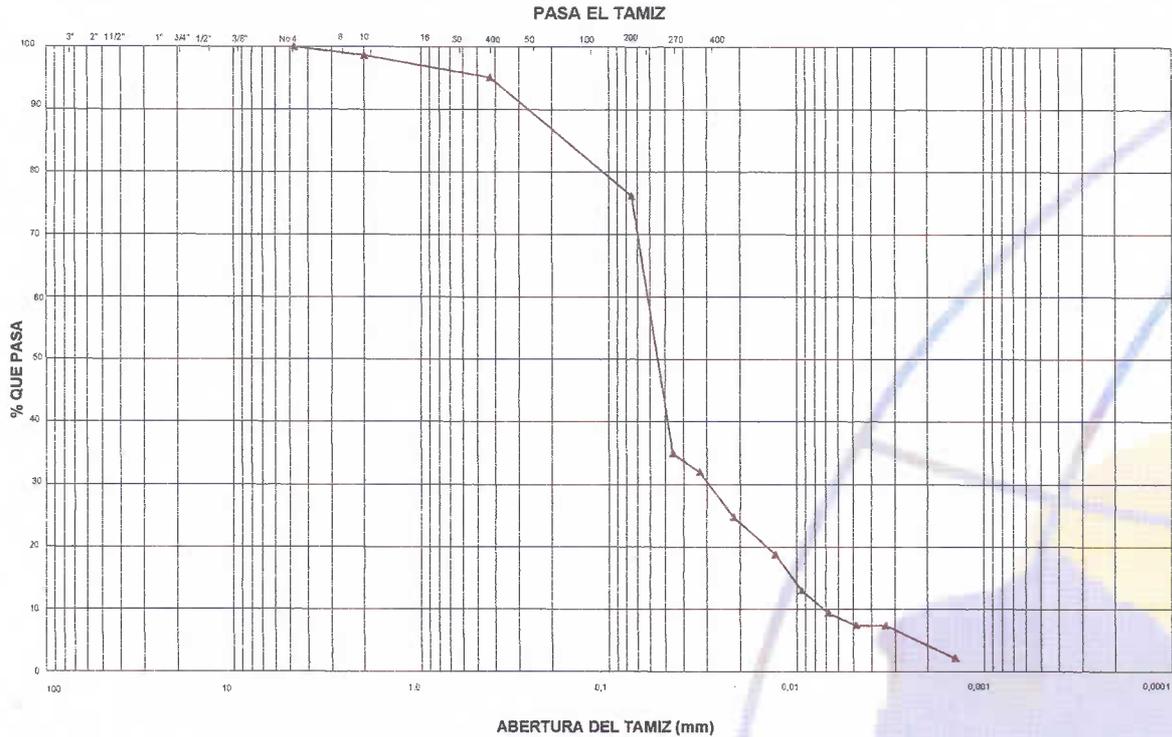
Pág.: 2/2

GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	PAISE No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pais No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			1			4.0					19.4	
% Retenido									0			1			5					24	
% Que pasa									100			99			95					76	
% pasa Cort																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.  
MASA MUESTRA SECA = 81.4 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.004	d30	0.028	d60	0.06	Cu	8.82	Cc	1.92
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	------	----	------	----	------

Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T./E.Y

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D- 422

FECHA INFORME:

19/04/2023

LOCALIZ: Sto Domingo de Cutuglahua

MUESTRA: suelo-relave 5%

Pág.: 1/2

HIDRÓMETRO No: 151 H

DESCRIPCIÓN DEL SUELO : LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZO

Gs: 2.44

MASA MUESTRA HUMEDA: 100.0 g

AGENTE DISPERSANTE: (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
CANTIDAD 4%

MASA MUESTRA SECA: 83.06 g

CORR. POR MENISCO = 0.0010

G1 1

P<sub>10</sub>/100 0.99

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.019	0.00430	1.016	32	32	1.020	11.0	11.000	0.0128	0.0425
2	20	1.018	0.00430	1.015	30	30	1.019	11.3	5.633	0.0128	0.0304
5	20	1.015	0.00430	1.011	23	23	1.016	12.2	2.439	0.0128	0.0200
15	20	1.011	0.00430	1.008	16	16	1.012	13.1	0.875	0.0128	0.0120
30	20	1.008	0.00430	1.005	10	10	1.009	13.8	0.461	0.0128	0.0087
60	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.239	0.0128	0.0063
120	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.6	0.122	0.0128	0.0045
260	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.6	0.059	0.0128	0.0031
1440	20	1.004	0.00430	1.001	1	1	1.005	15.0	0.010	0.0128	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORME 19/04/2023

FECHA ENSAYO 18/04/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-relave 5%

Pág.: 2/2

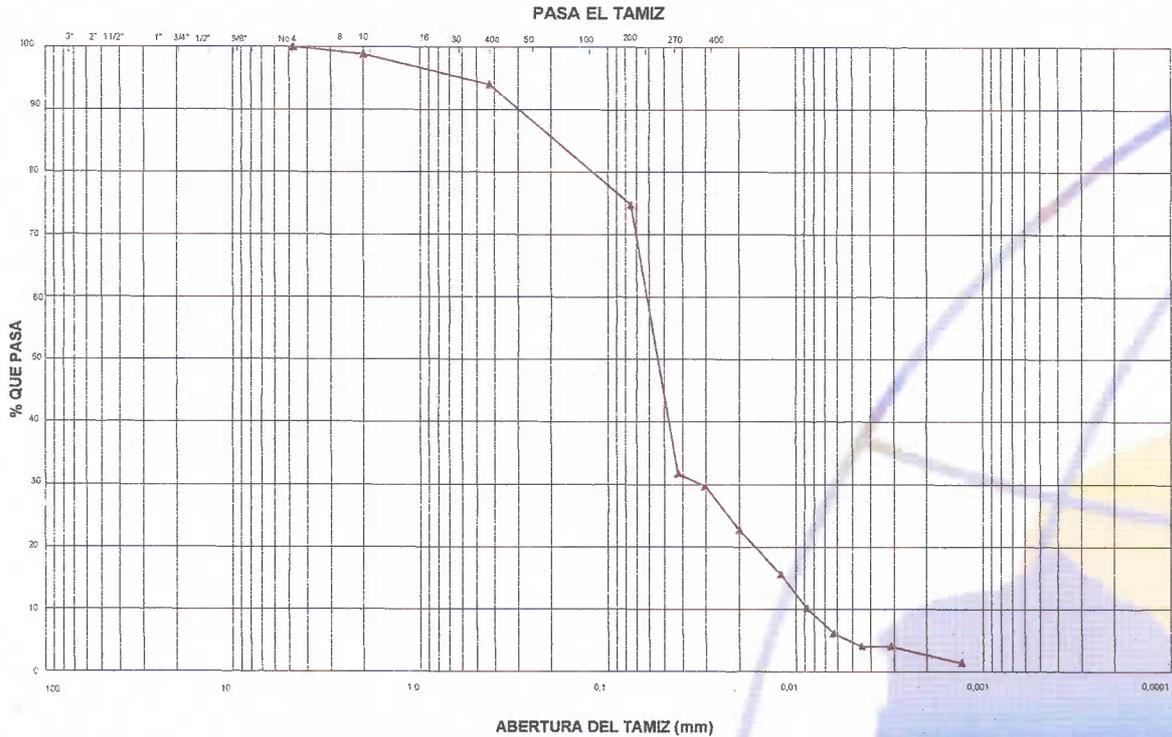
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No. 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			1			5.0					21.0	
% Retenido									0			1			6					25	
% Que pasa									100			99			94					75	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 83.1 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.009	d30	0.030	d60	0.062	Cu	7.06	Cc	2.00
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------



Ensayado por: V.T./E.Y

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D-422

**FECHA INFORME:**

19/04/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-relave 10%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:**

151 H

**Gs:**

2.47

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

4%

**CANTIDAD**

0.0010

**CORR. POR MENISCO =**

0.0010

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZCO

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**MASA MUESTRA SECA:** 84.3 g

**G1** 1

**P<sub>100</sub>** 0.99

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.019	0.00430	1.016	32	32	1.020	10.9	10.921	0.0124	0.0410
2	20	1.018	0.00430	1.015	29	29	1.019	11.3	5.633	0.0124	0.0294
5	20	1.016	0.00430	1.012	24	24	1.017	11.9	2.386	0.0124	0.0192
15	20	1.012	0.00430	1.009	17	17	1.013	12.9	0.857	0.0124	0.0115
30	20	1.009	0.00430	1.006	11	11	1.010	13.7	0.455	0.0124	0.0084
60	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.239	0.0124	0.0061
120	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.6	0.122	0.0124	0.0043
250	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.6	0.059	0.0124	0.0030
1440	20	1.004	0.00430	1.001	1	1	1.005	15.0	0.010	0.0124	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANÁLISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR:

FECHA INFORME 19/04/2023

FECHA ENSAYO 18/04/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-relave 10%

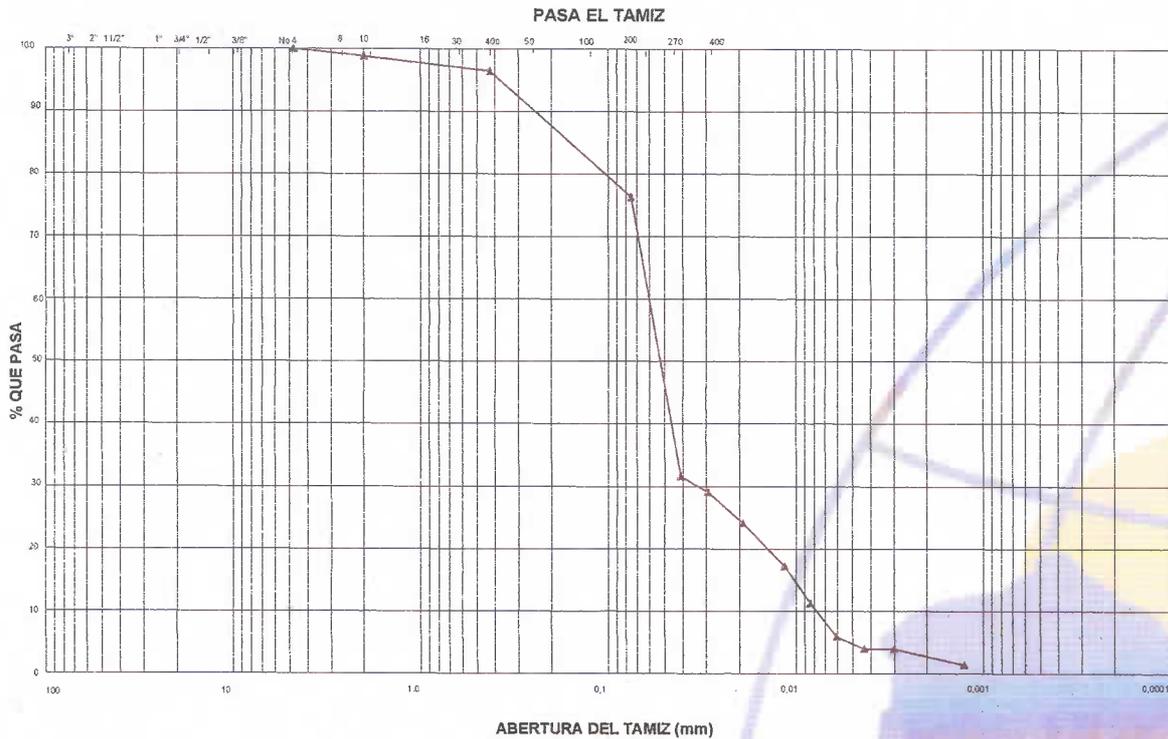
Pág.: 2/2

GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			1			3.0					20.0	
% Retenido									0			1			4					24	
% Que pasa									100			99			96					76	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.  
MASA MUESTRA SECA = 84.3 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.008	d30	0.02	d60	0.08	Cu	7.59	Cc	2.62
----------------------------	-----	-------	-----	------	-----	------	----	------	----	------

Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T./E.Y

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor LOCALIZ: Sto Domingo de Cutuglahua

**NORMA:**

ASTM D- 422 suelo-relave 15%

**FECHA INFORME:**

21/04/2023 Pág.: 1/2

**HIDRÓMETRO No:**

151 H DESCRIPCIÓN DEL SUELO : LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZCO

**Gs:**

2.48 MASA MUESTRA HUMEDA: 100.0 g

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
**CANTIDAD** 4%

MASA MUESTRA SECA: 83.5 g

**CORR. POR MENISCO =** 0.0010

G1 1

P<sub>10</sub>/100 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.020	0.00430	1.017	34	34	1.021	10.7	10.735	0.0128	0.0419
2	20	1.019	0.00430	1.015	31	31	1.020	11.1	5.553	0.0128	0.0302
5	20	1.016	0.00430	1.012	24	24	1.017	11.9	2.386	0.0128	0.0198
15	20	1.012	0.00430	1.009	18	18	1.013	12.8	0.852	0.0128	0.0118
30	20	1.009	0.00430	1.006	12	12	1.010	13.6	0.452	0.0128	0.0086
60	20	1.007	0.00430	1.004	8	8	1.008	14.1	0.235	0.0128	0.0062
120	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.120	0.0128	0.0044
250	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.057	0.0128	0.0031
1440	20	1.004	0.00430	1.001	2	2	1.005	14.9	0.010	0.0128	0.0013



Ing. Sanjón Castro/A.  
INGENIERÍA CIVIL  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORME: 21/04/2023

FECHA ENSAYO: 20/04/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-relave 15%

Pág.: 2/2

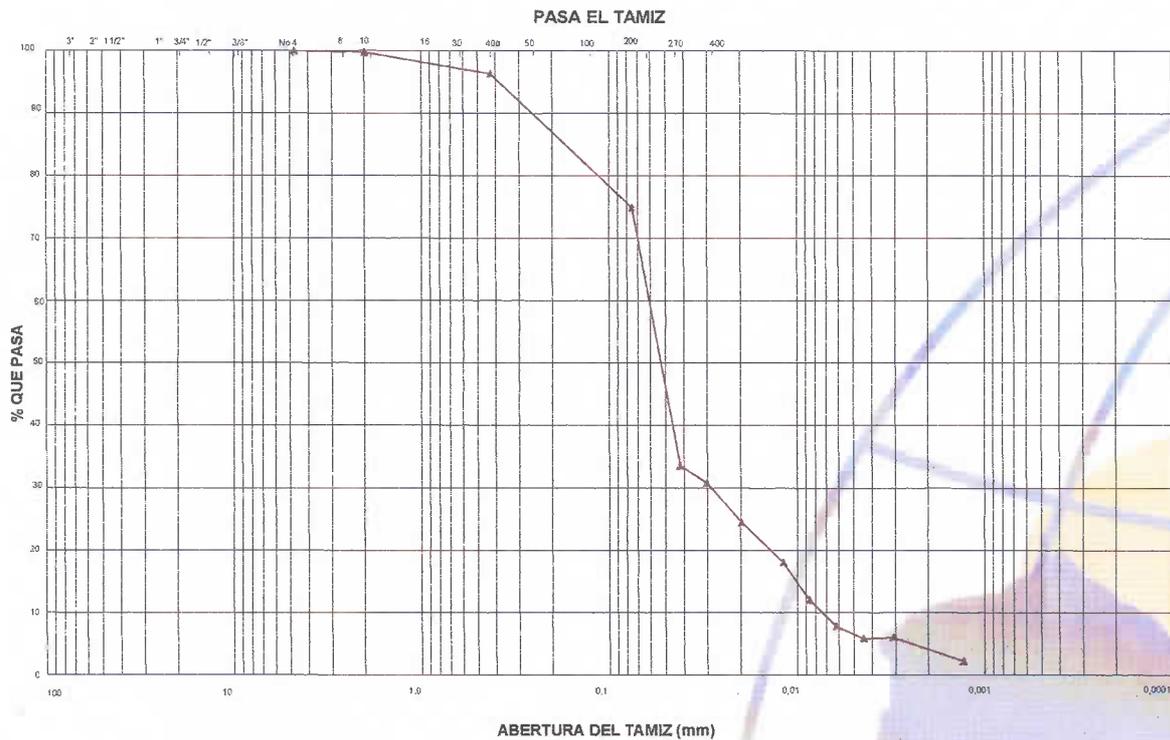
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			0			3.1					21.0	
% Retenido									0			0			4					25	
% Que pasa									100			100			96					75	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 83.5 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.007	d30	0.03	d60	0.06	Cu	8.33	Cc	2.51
----------------------------	-----	-------	-----	------	-----	------	----	------	----	------

Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)  
INGENIERIA CIVIL

Ensayado por: V.T/F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D- 422

**FECHA INFORME:**

06/05/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-relave 20%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H

**Gs:** 2.52

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

4%

**CORR. POR MENISCO =** 0.0010

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO :** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZZO

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**MASA MUESTRA SECA:** 81.56 g

**G1** 1

**P<sub>10</sub>/100** 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.021	0.00430	1.018	37	37	1.022	10.4	10.391	0.0125	0.0403
2	20	1.019	0.00430	1.016	33	33	1.020	10.9	5.460	0.0125	0.0292
5	20	1.016	0.00430	1.012	25	25	1.017	11.9	2.386	0.0125	0.0193
15	20	1.012	0.00430	1.009	18	18	1.013	12.8	0.852	0.0125	0.0115
30	20	1.010	0.00430	1.007	13	13	1.011	13.4	0.448	0.0125	0.0084
60	20	1.007	0.00430	1.004	8	8	1.008	14.1	0.235	0.0125	0.0061
120	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.120	0.0125	0.0043
250	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.057	0.0125	0.0030
1440	20	1.004	0.00430	1.001	2	2	1.005	14.9	0.010	0.0125	0.0013



ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORME: 06/05/2023

FECHA ENSAYO: 05/05/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-relave 20%

Pág.: 2/2

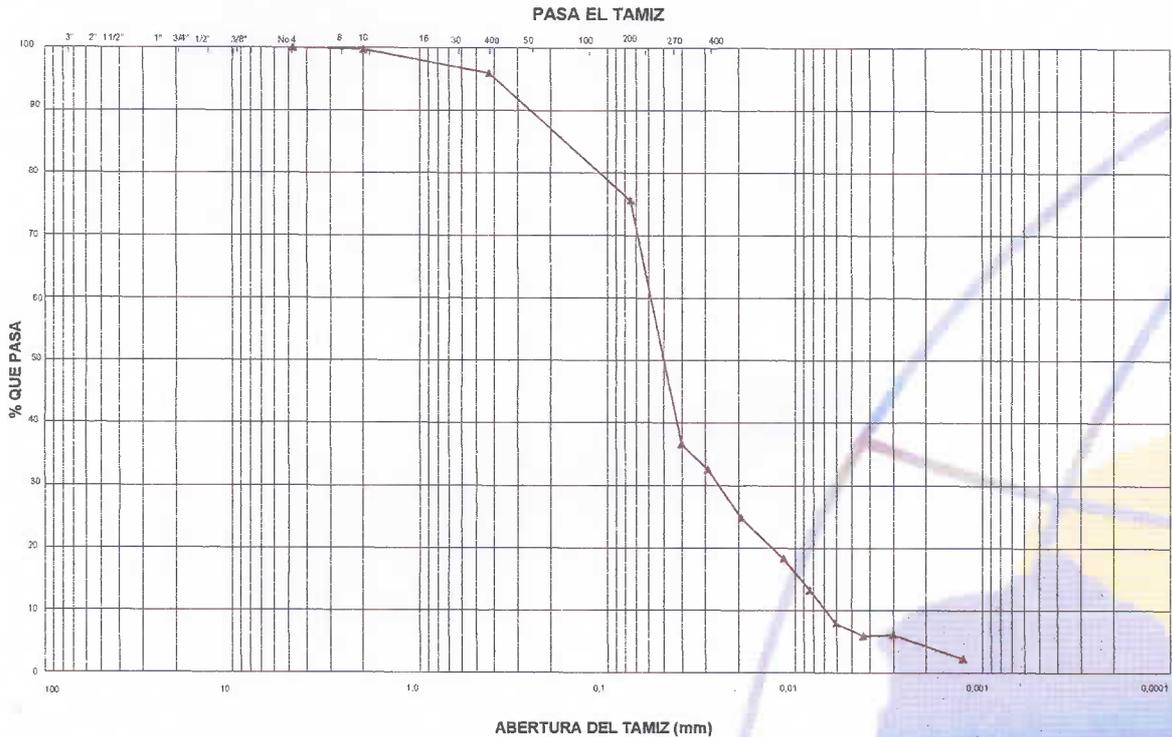
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No. 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			0			3.3					19.9	
% Retenido									0			0			4					24	
% Que pasa									100			100			96					76	
% pasa Corri																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 81.6 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometria del Material	d10	0.007	d30	0.026	d60	0.058	Cu	8.29	Cc	1.67
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------



Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)  
INGENIERIA CIVIL

Ensayado por: V.T./E.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D- 422

**FECHA INFORME:**

19/05/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-mortero 5%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H

Gs: 2.44

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
CANTIDAD 4%

**CORR. POR MENISCO =** 0.0010

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO :** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZZCO

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**MASA MUESTRA SECA:** 82.14 g

**G1** 1

**P<sub>10</sub>/100** 0.98

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.017	0.00430	1.014	29	29	1.018	11.4	11.424	0.01456	0.0492
2	20	1.016	0.00430	1.013	26	26	1.017	11.8	5.898	0.01456	0.0354
5	20	1.013	0.00430	1.010	20	20	1.014	12.6	2.518	0.01456	0.0231
15	20	1.010	0.00430	1.007	14	14	1.011	13.4	0.892	0.01456	0.0138
30	20	1.007	0.00430	1.004	8	8	1.008	14.1	0.469	0.01456	0.0100
60	20	1.006	0.00430	1.003	5	5	1.007	14.5	0.242	0.01456	0.0072
120	20	1.005	0.00430	1.001	3	3	1.006	14.8	0.123	0.01456	0.0051
250	20	1.005	0.00430	1.001	3	3	1.006	14.8	0.059	0.01456	0.0035
1440	20	1.004	0.00430	1.001	2	2	1.005	14.9	0.010	0.01456	0.0015

*(Firma manuscrita)*  
Ing. Sandri Castro A.  
2 DE ABRIL DE 2023

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORME: 19/05/2023

FECHA ENSAYO: 18/05/2023

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-mortero 5%

Pág.: 2/2

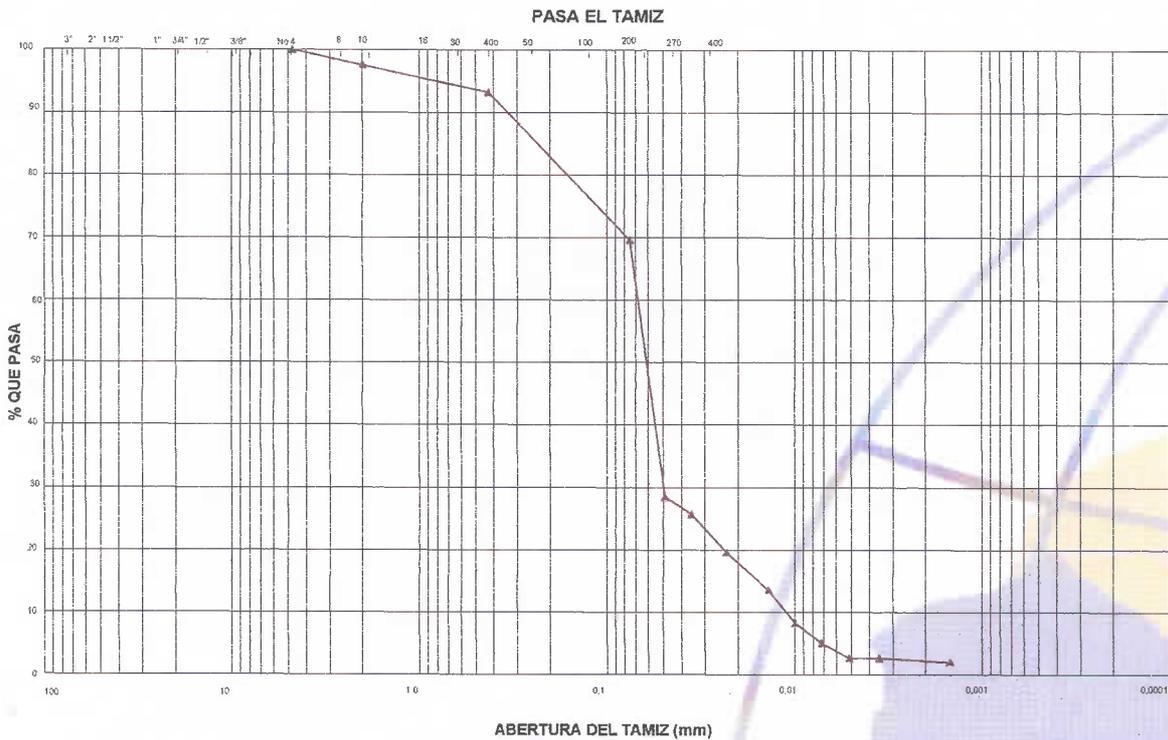
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			2			5.6					25.0	
% Retenido									0			2			7					30	
% Que pasa									100			98			93					70	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 82.1 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M. I. T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.01	d30	0.042	d60	0.058	Cu	6.80	Cc	3.04
----------------------------	-----	------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------



Ensayado por: V.T./E.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D- 422

FECHA INFORME:

19/05/2023

LOCALIZ: Sto Domingo de Cutuglahua

MUESTRA: suelo-mortero 10%

Pág.: 1/2

HIDRÓMETRO No: 151 H

151 H

2.56

AGENTE DISPERSANTE: (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

4%

CANTIDAD

0.0010

DESCRIPCIÓN DEL SUELO : LIMO ELASTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZZO

MASA MUESTRA HUMEDA: 100.0 g

MASA MUESTRA SECA: 85.6 g

G1 1

P<sub>10</sub>/100 1.00

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametato sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.019	0.00430	1.016	30	30	1.020	11.0	11.000	0.01404	0.0466
2	20	1.018	0.00430	1.015	28	28	1.019	11.3	5.633	0.01404	0.0333
5	20	1.015	0.00430	1.012	22	22	1.016	12.1	2.412	0.01404	0.0218
15	20	1.012	0.00430	1.008	16	16	1.013	13.0	0.864	0.01404	0.0131
30	20	1.008	0.00430	1.005	10	10	1.009	13.8	0.460	0.01404	0.0095
60	20	1.006	0.00430	1.003	6	6	1.007	14.4	0.239	0.01404	0.0069
120	20	1.005	0.00430	1.002	4	4	1.006	14.6	0.122	0.01404	0.0049
250	20	1.005	0.00430	1.002	3	3	1.006	14.7	0.059	0.01404	0.0034
1440	20	1.004	0.00430	1.001	1	1	1.005	15.0	0.010	0.01404	0.0014



Ing. Sandri Castro A.  
INGENIERÍA CIVIL

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D- 422

**FECHA INFORME:**

19/05/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-mortero 15%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:**

151 H

**Gs:**

2.58

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>

4%

**CANTIDAD**

0.0010

**CORR. POR MENISCO =**

0.0010

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO :** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZCO

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**MASA MUESTRA SECA:** 86.5 g

**G1** 1

**P<sub>10r</sub>/100** 0.94

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.020	0.00430	1.017	32	30	1.021	10.7	10.735	0.01408	0.0461
2	20	1.017	0.00430	1.014	26	25	1.018	11.5	5.725	0.01408	0.0337
5	20	1.014	0.00430	1.011	20	19	1.015	12.3	2.465	0.01408	0.0221
15	20	1.011	0.00430	1.007	14	13	1.012	13.3	0.884	0.01408	0.0132
30	20	1.007	0.00430	1.004	7	7	1.008	14.2	0.473	0.01408	0.0097
60	20	1.006	0.00430	1.003	5	5	1.007	14.4	0.241	0.01408	0.0069
120	20	1.005	0.00430	1.002	3	3	1.006	14.7	0.123	0.01408	0.0049
250	20	1.005	0.00430	1.001	2	2	1.006	14.8	0.059	0.01408	0.0034
1440	20	1.003	0.00430	1.000	0	0	1.004	15.2	0.011	0.01408	0.0014



Ing. Sándri Castro-A  
INGENIERÍA CIVIL

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y



**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

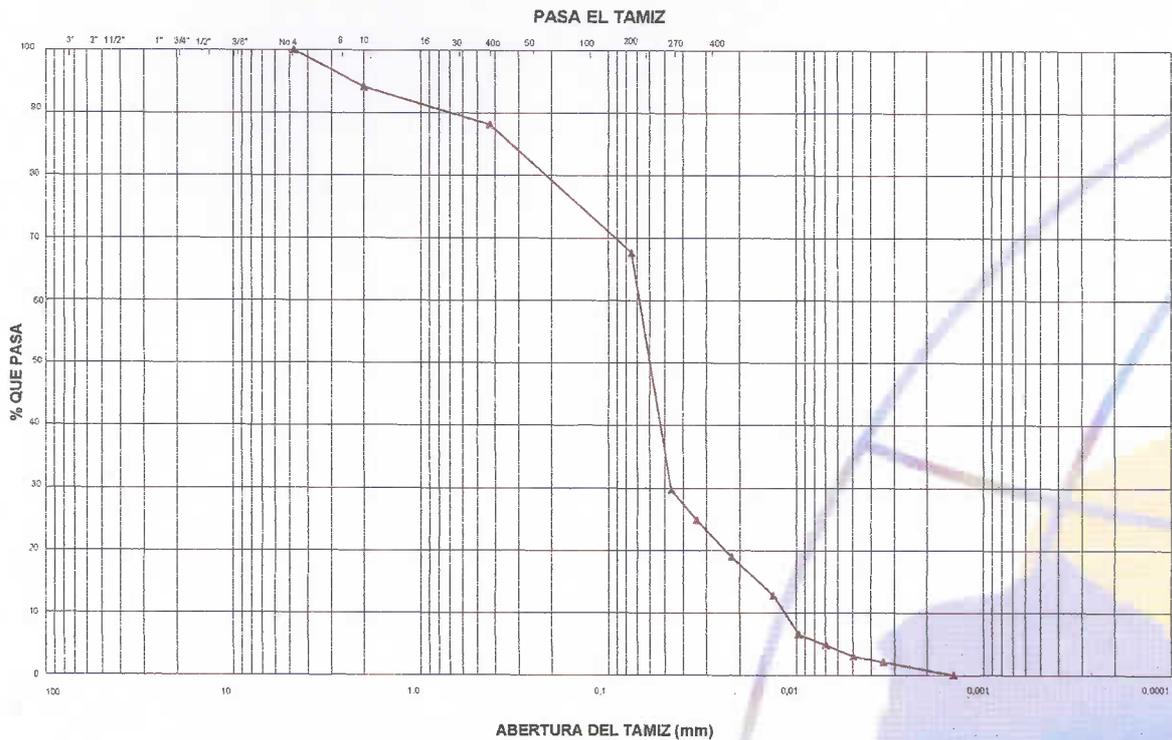
PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe  
SOLICITA: Magaly Gaibor  
FISCALIZADOR:  
FECHA INFORME 19/05/2023  
FECHA ENSAYO 18/05/2024  
NORMA: ASTM C-136  
MUESTRA: suelo-mortero 15%  
Pág.: 2/2

GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No. 4	8	10	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No. 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									0			5			10.3					28.0	
% Retenido									0			6			12					32	
% Que pasa									100			94			88					68	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.  
MASA MUESTRA SECA = 86.5 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla		
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina



Granulometría del Material	d10	0.013	d30	0.048	d60	0.068	Cu	6.23	Cc	2.61
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------



Ensayado por: V.T./E.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO**

**PROYECTO:**

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:**

Magaly Gaibor

**NORMA:**

ASTM D- 422

**FECHA INFORME:**

19/05/2023

**LOCALIZ:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo-mortero 20%

**Pág.:** 1/2

**HIDRÓMETRO No:** 151 H

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZZO

**Gs:** 2.63

**MASA MUESTRA HUMEDA:** 100.0 g

**AGENTE DISPERSANTE:** (Na PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>  
**CANTIDAD** 4%

**MASA MUESTRA SECA:** 80.93 g

**CORR. POR MENISCO =** 0.0010

**G1** 1

**P<sub>10</sub>/100** 0.91

Tiempo (min)	Temp. °C	Lectura del Hidrómetro	Corr. por Hexametafo sfato y Temp.	Lectura Corr. del Hidrómetro	%Pasa	%Pasa Corr	Lectura Hidrómetro corr. por menisco	Long. Efectiva L (cm) Tabla 2	L/T	K tabla 3	Diam. (mm)
1	20	1.019	0.00430	1.016	32	29	1.020	10.9	10.921	0.01365	0.0451
2	20	1.016	0.00430	1.013	26	24	1.017	11.7	5.845	0.01365	0.0330
5	20	1.013	0.00430	1.010	19	18	1.014	12.6	2.518	0.01365	0.0217
15	20	1.010	0.00430	1.007	13	12	1.011	13.4	0.894	0.01365	0.0129
30	20	1.007	0.00430	1.004	7	7	1.008	14.2	0.473	0.01365	0.0094
60	20	1.006	0.00430	1.003	5	5	1.007	14.4	0.241	0.01365	0.0067
120	20	1.005	0.00430	1.002	3	3	1.006	14.7	0.123	0.01365	0.0048
250	20	1.004	0.00430	1.001	2	2	1.005	14.9	0.059	0.01365	0.0033
1440	20	1.003	0.00430	1.000	0	0	1.004	15.2	0.011	0.01365	0.0014



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: V.T / F.Y

**ANALISIS DE SEDIMENTOS**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

SOLICITA: Magaly Gaibor

FISCALIZADOR: \_\_\_\_\_

FECHA INFORME: 19/05/2023

FECHA ENSAYO: 18/05/2024

NORMA: ASTM C-136

MUESTRA: suelo-mortero 20%

Pág.: 2/2

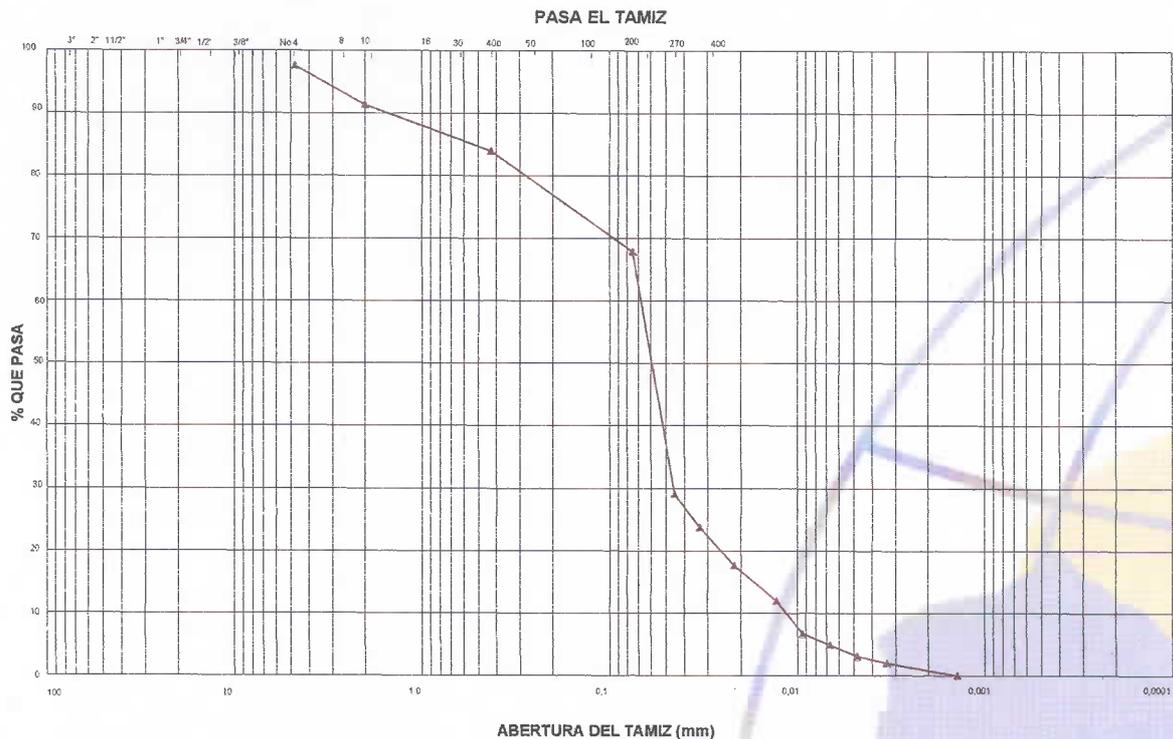
GRANULOMETRIA																					
TAMIZ No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	Pasa No 4	8	16	20	30	40	60	80	100	200	Pasa No 200	
Peso Reten. Parcial gr																					
Peso Reten. Acumula. gr									2			7			13.0					26.0	
% Retenido									2			9			16					32	
% Que pasa									98			91			84					68	
% pasa Corr																					

MASA MUESTRA HUMEDA = 100.0 gr.

MASA MUESTRA SECA = 80.9 gr.

DIAGRAMA GRANULOMETRICO

M.I.T. CLASIFICACION	Arena			Limo			Arcilla			
	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	



Granulometria del Material	d10	0.013	d30	0.048	d60	0.068	Cu	5.23	Cc	2.61
----------------------------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------

Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)



Ensayado por: V.T/F.Y

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## Anexo 2. Ensayos de gravedad específica suelo y relave

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **MUESTRA:** 1 - suelo

**NORMA:** ASTM D 854 **ABSCISA:** \_\_\_\_\_

**FECHA INFORME:** 12/4/2023 **PROF:** \_\_\_\_\_

Clasif. Visual		LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZZO					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra húmeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
28	27.82	72.13	64.91	7.22	37.09	19.47	19.11
500	27	73.08	65.8	7.28	38.80	18.76	
GRVEDAD ESPECIFICA							
Masa del pic+agua (g) (Mpic+den(Tt)*Vol cal.)			650.57	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			60.00	19.00	151.76		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			679.60	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			1.00020	2.39	2.39		
Masa Bandeja (g)			192.97	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			242.88	49.91			

Observaciones: El ensayo se realizó con la muestra húmeda



Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **MUESTRA:** 2 - suelo

**NORMA:** ASTM D 854 **ABSCISA:** \_\_\_\_\_

**FECHA INFORME:** 12/4/2023 **PROF:** \_\_\_\_\_

Clasif. Visual		LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZO					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra húmeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
55	28.12	73.21	65.7	7.51	37.58	19.98	20.16
588	27.98	74.12	66.32	7.80	38.34	20.34	
GRAVEDAD ESPECÍFICA							
Masa del pic+agua (g) ( $M_{pic} + d_{en}(T_t) * Vol_{cal.}$ )			650.57	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			60.00	19.00	151.76		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			679.46	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			1.00020	2.38	2.38		
Masa Bandeja (g)			193.65	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			243.55	49.90			

Observaciones: El ensayo se realizó con la muestra húmeda



Ing. Sanderi Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **MUESTRA:** 3 - suelo

**NORMA:** ASTM D 854 **ABSCISA:** \_\_\_\_\_

**FECHA INFORME:** 12/4/2023 **PROF:** \_\_\_\_\_

Clasif. Visual		LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR NEGRUZO					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra húmeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
26	26.56	75.23	67.32	7.91	40.76	19.41	19.33
45	28.12	72.35	65.21	7.14	37.09	19.25	
GRVEDAD ESPECIFICA							
Masa del pic+agua (g) (Mpic+den(Tt)*Vol cal.)			650.57	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			60.01	19.00	151.76		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			679.81	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			1.00020	2.40	2.40		
Masa Bandeja (g)			193.65	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			243.78	50.13			

Observaciones: El ensayo se realizó con la muestra húmeda



Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

### GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor

**NORMA:** ASTM D 854

**FECHA INFORME:** 30/03/2023

**MUESTRA:** 1 - RELAVE

**ABSCISA:** \_\_\_\_\_

**PROF:** \_\_\_\_\_

Clasif. Visual		LIMO CON ARENA, COLOR CAFÉ CLARO					
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra humeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
67	26.57	60.34	60.26	0.08	33.69	0.24	0.21
311	28.49	75.53	75.44	0.09	46.95	0.19	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>							
Masa del pic+agua (g) ( $M_{pic+den}(T_t) \cdot Vol_{cal.}$ )		651.52		Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)		60.02		21.80	152.92		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)		691.05		$G_s( )$	$G_s(20^\circ C) = G_s(T_t) \cdot K$		
Coeficiente de temperatura (K) (4)		0.99961		2.93	2.93		
Masa Bandeja (g)		329.74		Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja		389.75		60.01			

  
 Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluo@ups.edu.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **MUESTRA:** 2 - RELAVE

**NORMA:** ASTM D 854 **ABSCISA:** ----

**FECHA INFORME:** 30/03/2023 **PROF:** ----

Clasif. Visual		LIMO, COLOR CAFÉ CLARO					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra humeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
13	27.30	90.17	90.03	0.14	62.73	0.22	0.21
243	26.9	77.40	77.3	0.10	50.40	0.20	
GRVEDAD ESPECIFICA							
Masa del pic+agua (g) ( $M_{pic+den}(T_t) \cdot Vol\ cal.$ )			647.66	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			59.9	21.90	149.15		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			687.20	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			0.99959	2.94	2.93		
Masa Bandeja (g)			320.34	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			380.3	59.97			

Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**  
INGENIERIA CIVIL

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **MUESTRA:** 3 - RELAVE

**NORMA:** ASTM D 854 **ABSCISA:** \_\_\_\_\_

**FECHA INFORME:** 30/03/2023 **PROF:** \_\_\_\_\_

Clasif. Visual		LIMO CON ARENA, COLOR CAFÉ CLARO					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra humeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
9	28.06	69.23	69.11	0.12	41.05	0.29	0.29
0	26.48	77.87	77.72	0.15	51.24	0.29	
GRVEDAD ESPECIFICA							
Masa del pic+agua (g) (Mpic+den(Tt)*Vol cal.)			649.50	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			60.10	22.00	151.09		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			689.16	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			0.99957	2.94	2.94		
Masa Bandeja (g)			324.43	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			384.52	60.09			

Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.



LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

### Anexo 3. Ensayos de Compactación Proctor Modificado

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL: 3962 891, 3962 890 EXT 2317, CEL: 998748553

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

LOCALIZACIÓN: Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi SOLICITA: Magaly Gaibor

FECHA INFORME: 17/04/2023 MUESTRA N°: Suelo natural

FECHA ENSAYO: 16/04/2023

NORMA: ASTM D 1557

Pág.: 1/1

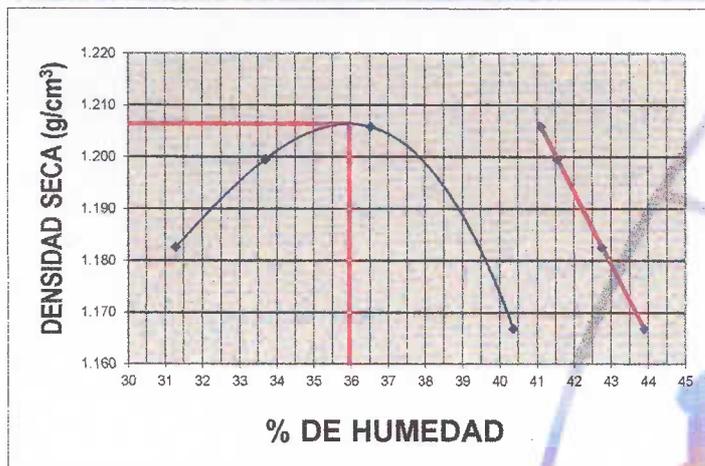
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN:	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	5590.00	5638.00	5678.00	5670.00
Masa suelo:	1458.00	1506.00	1546.00	1538.00
Densidad Húmeda:	1.553	1.604	1.646	1.638

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	83.15	84.60	88.78	81.11	91.37	90.86	89.22	93.70
Masa seca:	70.00	70.82	73.46	67.74	74.19	74.00	71.46	74.61
Masa capsula:	27.84	26.92	27.90	28.15	27.33	27.71	27.29	27.51
Humedad (%)	31.19	31.39	33.63	33.77	36.66	36.42	40.21	40.53
Promedio	31.29		33.70		36.54		40.37	

Densidad Seca:	1.183	1.200	1.206	1.167
----------------	-------	-------	-------	-------

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.206 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 35.96 %



Descripción del Material: Limo elástico arenoso, con pomez, raicillas, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL: 3962 391, 3962 900 EXT 2317 CEL: 0987489682

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

FECHA INFORME: 08/05/2023 SOLICITA: Magaly Gaibor

FECHA ENSAYO: 05/05/2023 MUESTRA N°: RELAVE

NORMA: ASTM D 1557

Pág.: 1/1

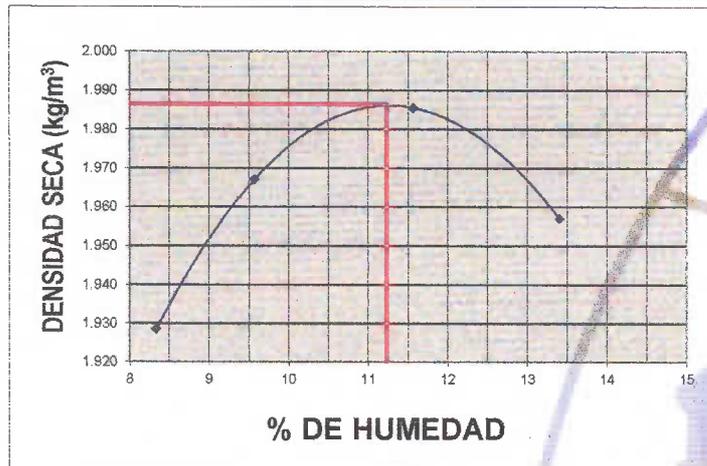
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN:	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	6094.00	6156.00	6212.00	6216.00
Masa suelo:	1962.00	2024.00	2080.00	2084.00
Densidad Húmeda:	2.089	2.155	2.215	2.219

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	95.34	96.32	94.39	94.83	111.66	104.58	111.82	110.70
Masa seca:	90.18	91.07	88.71	88.98	103.14	96.50	101.79	100.83
Masa capsula:	28.34	28.12	29.38	27.88	29.38	26.70	26.92	27.24
Humedad (%)	8.34	8.34	9.57	9.57	11.55	11.58	13.40	13.41
Promedio	8.34		9.57		11.56		13.40	

Densidad Seca:	1.929	1.967	1.986	1.957
----------------	-------	-------	-------	-------

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.987 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 11.23 %



Descripción del Material: Limo con arena, color café claro.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 808 EXT 2317 CEL: 3957488693

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi      **SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 17/04/2023      **MUESTRA N°:** Suelo - cemento 15%

**FECHA ENSAYO:** 16/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1557

**Pág.:** 1/1

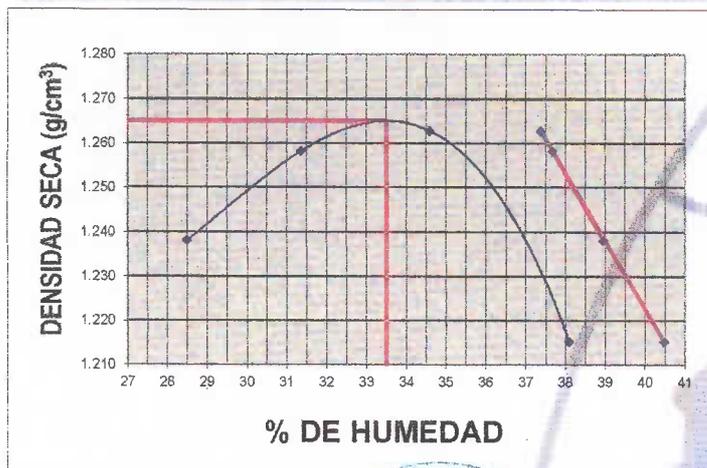
PROCEDIMIENTO:	A			DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25			DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5			VOLUMEN :	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50 Kg.			MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70 cm.				

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	5626.00	5684.00	5728.00	5708.00
Masa suelo:	1494.00	1552.00	1596.00	1576.00
Densidad Húmeda :	1.591	1.653	1.700	1.678

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	72.94	74.81	90.42	80.00	76.98	78.33	88.51	73.88
Masa seca:	63.00	64.25	75.43	67.45	64.35	65.22	71.43	60.29
Masa capsula:	27.90	27.44	27.30	27.71	27.84	27.33	26.79	24.47
Humedad (%)	28.32	28.69	31.14	31.58	34.59	34.60	38.26	37.94
Promedio	28.50		31.36		34.60		38.10	

Densidad Seca:	1.238	1.258	1.263	1.215
----------------	-------	-------	-------	-------

**RESULTADOS:** DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.265 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 33.51 %



**Descripción del Material:** Limo elástico, con pomez, raicillas, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL: 3962 891, 3962 909 EXT 2317 CEL: 0927486680

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

LOCALIZACIÓN: Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi SOLICITA: Magaly Gaibor  
FECHA INFORME: 24/04/2023 MUESTRA N°: suelo-relave 5%  
FECHA ENSAYO: 21/04/2023  
NORMA: ASTM D 1557  
Pág.: 1/1

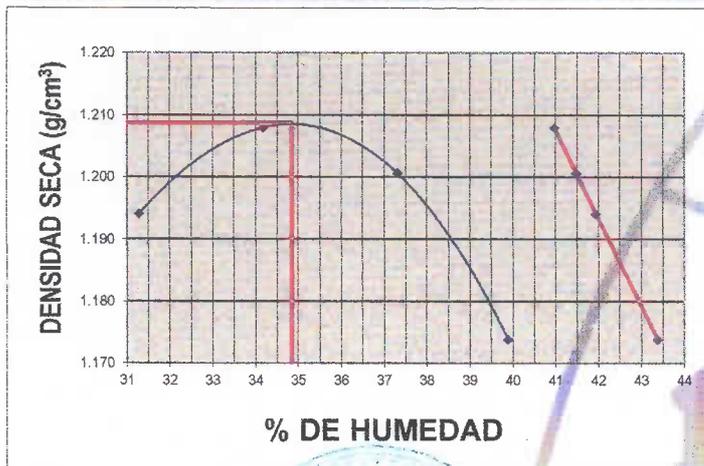
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN :	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	5604.00	5654.00	5680.00	5674.00
Masa suelo:	1472.00	1522.00	1548.00	1542.00
Densidad Húmeda :	1.568	1.621	1.649	1.642

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	61.21	56.87	59.52	54.71	53.54	61.15	61.39	71.44
Masa seca:	53.23	50.03	51.43	48.03	46.59	52.23	51.95	59.60
Masa capsula:	27.89	28.02	28.16	28.15	27.85	28.46	28.23	29.99
Humedad (%)	31.49	31.08	34.77	33.60	37.09	37.53	39.80	39.99
Promedio	31.28		34.18		37.31		39.89	

Densidad Seca:	1.194	1.208	1.201	1.174
----------------	-------	-------	-------	-------

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.209 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 34.85 %



Descripción del Material: Limo elástico, con pomez y raicillas, color negruzco.

Ing. Sandy Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 991, 3962 990 EXT 2317 CEL: 0997499993

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi      **SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 20/04/2023      **MUESTRA N°:** Suelo - relave 10%

**FECHA ENSAYO:** 19/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1557

**Pág.:** 1/1

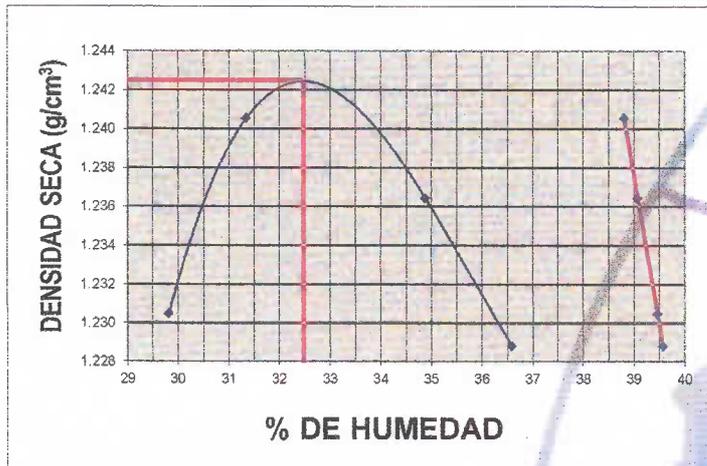
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN:	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	5632.00	5662.00	5698.00	5708.00
Masa suelo:	1500.00	1530.00	1566.00	1576.00
Densidad Húmeda:	1.597	1.629	1.668	1.678

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	78.37	70.11	80.70	73.86	64.54	70.67	68.42	69.32
Masa seca:	66.81	59.89	68.04	62.86	54.89	58.76	57.45	58.34
Masa capsula:	27.76	25.87	27.39	27.99	26.94	24.96	27.37	28.42
Humedad (%)	29.60	30.04	31.14	31.55	34.53	35.24	36.47	36.70
Promedio	29.82		31.34		34.88		36.58	

Densidad Seca:	1.230	1.241	1.236	1.229
----------------	-------	-------	-------	-------

**RESULTADOS:** DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.243 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 32.48 %



**Descripción del Material:** Limo elástico, con pomez, raicillas, color negruzco.

Ing. Sandra Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL: 3962 891, 3962 900 EXT 2317 CEL: 0987495582

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi      **SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 19/04/2023      **MUESTRA N°:** Suelo - relave 15%

**FECHA ENSAYO:** 17/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1557

**Pág.:** 1/1

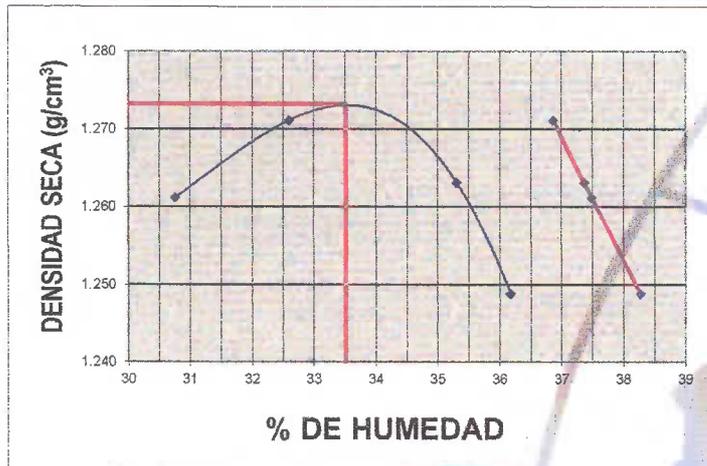
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN:	935 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	6348.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	7890.00	7924.00	7946.00	7938.00
Masa suelo:	1542.00	1576.00	1598.00	1590.00
Densidad Húmeda :	1.649	1.686	1.709	1.701

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	77.24	82.84	74.96	83.53	69.49	74.01	70.60	64.89
Masa seca:	65.79	70.11	63.19	69.83	58.90	61.36	58.64	55.05
Masa capsula:	28.25	29.08	26.81	28.13	28.37	26.15	26.14	27.37
Humedad (%)	30.50	31.03	32.35	32.85	34.69	35.92	36.80	35.55
Promedio	30.76		32.60		35.31		36.17	

Densidad Seca:	1.261	1.271	1.263	1.249
----------------	-------	-------	-------	-------

**RESULTADOS:** DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.273 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 33.52 %



**Descripción del Material:** Limo elástico, con pomez, raicillas, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 391, 3962 906 EXT 2317 CEL: 0987488902

**SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua - Machachi      **SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 20/04/2023      **MUESTRA N°:** Suelo - relave 20%

**FECHA ENSAYO:** 19/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1557

**Pág.:** 1/1

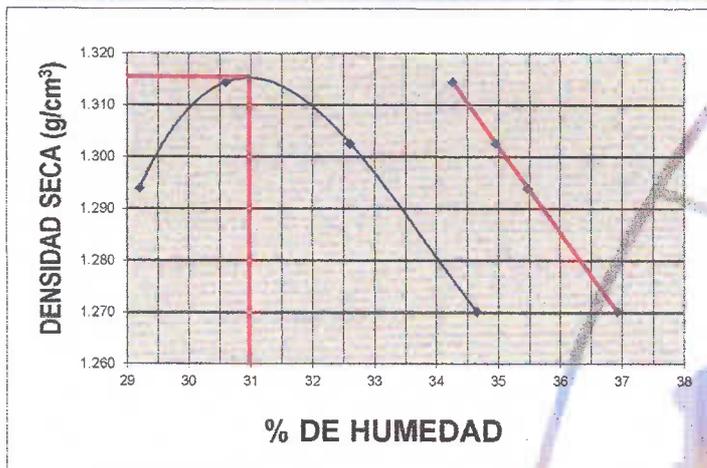
PROCEDIMIENTO:	A		DATOS DEL MOLDE	
GOLPES / CAPA:	25		DIÁMETRO:	10.00 cm.
N° DE CAPAS:	5		VOLUMEN :	939 cm <sup>3</sup> .
MASA DEL MARTILLO:	4.50	Kg.	MASA:	4132.00 g.
ALT. DE CAÍDA:	45.70	cm.		

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO N°:	1	2	3	4
Masa compactada:	5702.00	5744.00	5754.00	5738.00
Masa suelo:	1570.00	1612.00	1622.00	1606.00
Densidad Húmeda :	1.672	1.717	1.727	1.710

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Masa húmeda:	85.36	65.36	69.82	69.44	58.53	60.23	86.89	86.34
Masa seca:	72.48	56.83	59.86	59.68	51.16	51.95	71.76	71.19
Masa capsula:	28.24	27.72	27.20	27.89	28.59	26.52	28.08	27.49
Humedad (%)	29.11	29.30	30.50	30.70	32.65	32.56	34.64	34.67
Promedio	29.21		30.60		32.61		34.65	

Densidad Seca:	1.294	1.314	1.303	1.270
----------------	-------	-------	-------	-------

**RESULTADOS:** DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.316 g/cm<sup>3</sup>  
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO = 30.98 %



**Descripción del Material:** Limo elástico, con pómez, raicillas, color negruzco.

*(Signature)*  
Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

INGENIERÍA CIVIL

Ensayado por: F.Y.

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

## Anexo 4. Ensayos de Valor soporte California (CBR)

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891. 3962 800 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 25/04/2023 **MUESTRA:** suelo natural

**FECHA ENSAYO:** 18/04/2023 a 23/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0	2.0	3.0			
Golpes/capa:	56	25	10			
Masa compact (g)	10530.0	10254.0	10688.0			
Masa molde (g)	7158.0	7106.0	7878.0			
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124.0	2120.0	2105.0			
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.588</b>	<b>1.485</b>	<b>1.335</b>			
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>		<b>35.96</b>	<b>DENS. MAXIMA: 1.206</b>			
Masa húmeda (g)	79.1	77.3	76.3	78.1	78.6	79.3
Masa seca (g)	66.2	64.7	63.7	65.1	65.3	66.3
Masa capsula (g)	28.1	27.9	27.3	26.9	26.9	28.5
(%) agua	34.0	34.3	34.6	34.0	34.5	34.3
(%) agua promedio	34.1		34.3		34.4	
<b>Dens. Seca:</b>	<b>1.184</b>	<b>1.106</b>	<b>0.993</b>			
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	88.5	83.7	78.2	76.3	85.2	80.3
Masa seca (g)	71.2	67.8	62.6	60.7	65.5	62.2
Masa capsula (g)	28.3	29.0	28.5	25.8	27.1	26.9
w (%):	40.2	41.0	45.9	44.8	51.5	51.5
<b>w(%) prom.:</b>	<b>40.6</b>	<b>45.4</b>	<b>51.5</b>			
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	10746.0		10554.0		11020.0	
<b>(% W) absorbida</b>	<b>6.41</b>		<b>9.53</b>		<b>11.81</b>	
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	74	1.61	83	1.81	91	1.98
2	79	1.72	89	1.94	102	2.22
3	82	1.79	91	1.98	112	2.44
4	88	1.92	98	2.13	123	2.68
<b>PENETRACION CTE. DEL ANILLO = 10.0400</b>						
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	2	21	2	21	1	18
0.050	5	31	4	28	2	21
0.075	9	44	7	38	3	24
0.100	13	58	9	44	4	28
0.200	27	104	20	80	10	48
0.300	36	134	23	91	12	54
0.400	42	154	28	108	15	64
0.500	50	181	34	128	17	71

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

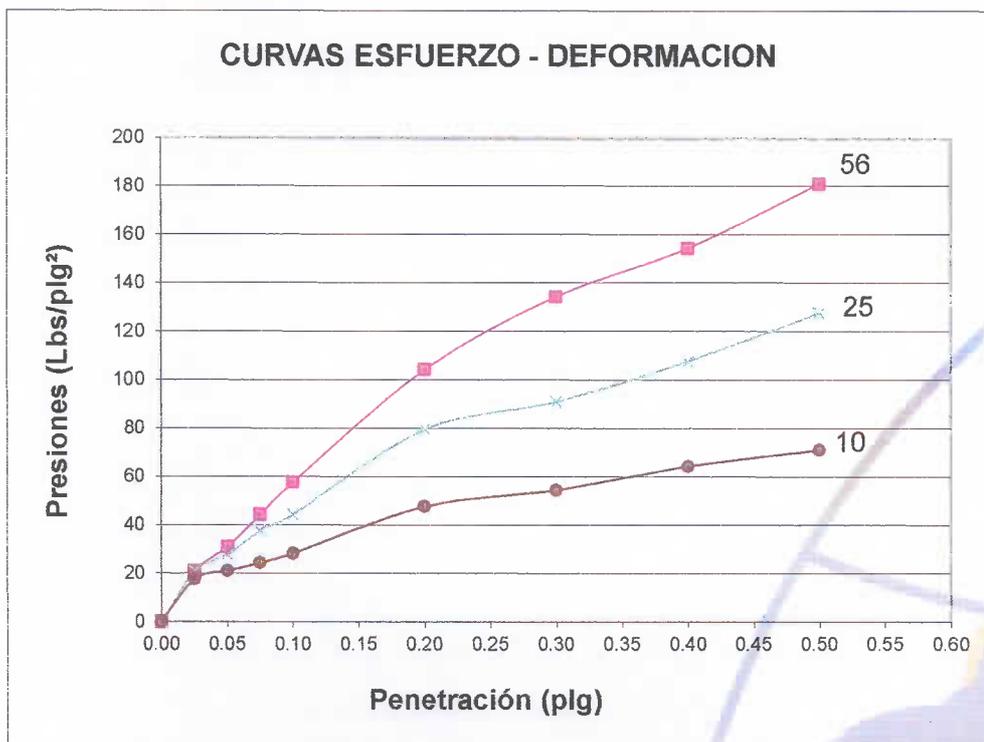
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

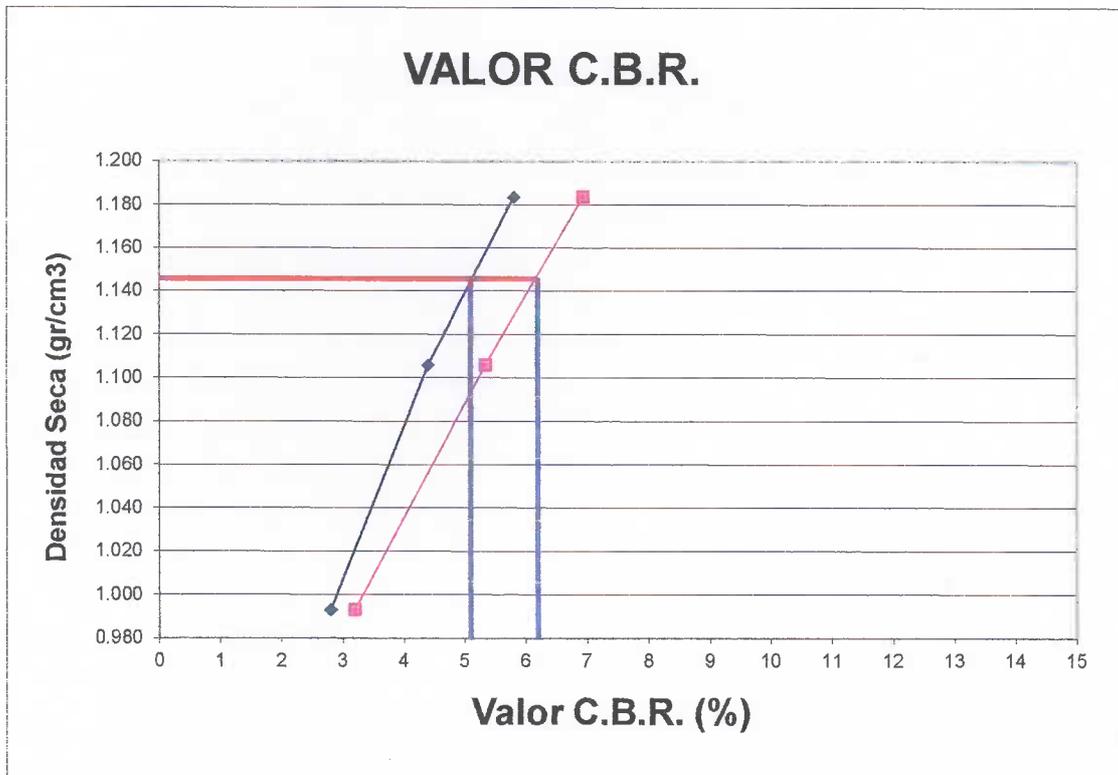
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	58.00	5.8	1.184
25	44.00	4.4	1.106
10	28.00	2.8	0.993

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	104.00	6.9	1.184
25	80.00	5.3	1.106
10	48.00	3.2	0.993





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>5.10</b>
	0,2"	95%	<b>6.20</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>5.10</b>

  
 Ing. Sandri Gastro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 898 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 15/05/2023

**FECHA ENSAYO:** 08/05/2023 - 13/05/2023 **MUESTRA:** Relave

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

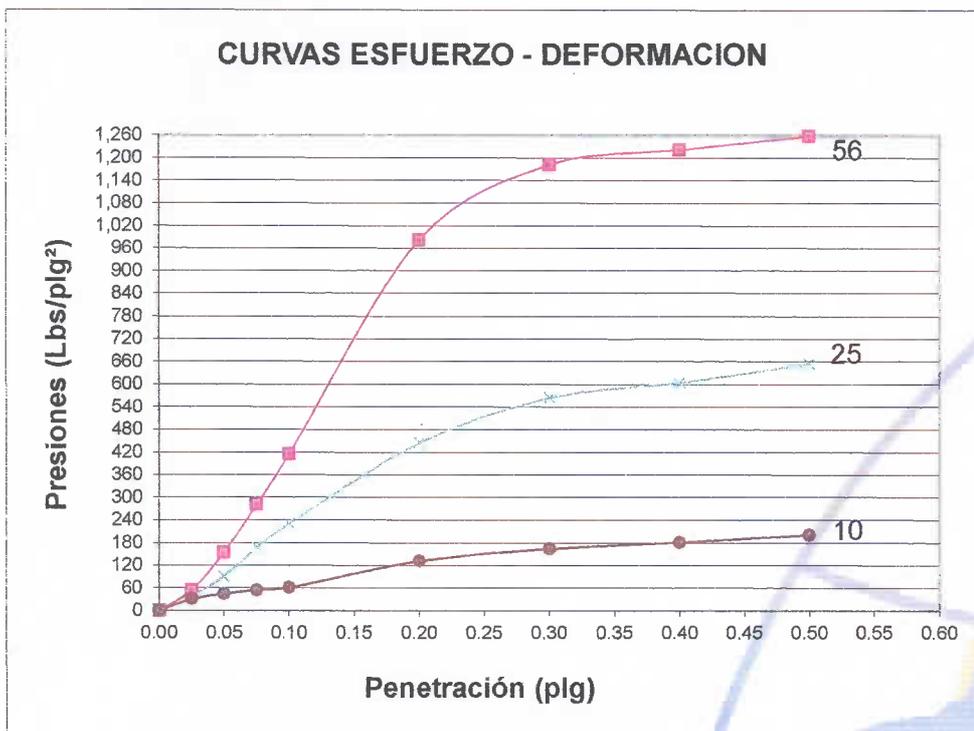
MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	11800.0		11566.0		11410.0	
Masa molde (g)	7158.0		7106.0		7182.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124.0		2120.0		2126.0	
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.185</b>		<b>2.104</b>		<b>1.989</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>			11.23		<b>DENS. MAXIMA:</b> 1.987	
Masa húmeda (g)	95.9	99.6	106.6	102.9	95.2	94.4
Masa seca (g)	89.2	92.4	98.9	95.5	88.6	87.7
Masa capsula (g)	28.1	26.8	28.3	27.7	28.2	25.9
(%) agua	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9
(%) agua promedio	11.0		10.9		10.9	
<b>Dens. Seca:</b>	<b>1.969</b>		<b>1.897</b>		<b>1.793</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	111.8	108.8	124.8	111.1	126.1	117.5
Masa seca (g)	101.3	98.5	111.3	99.7	110.3	103.0
Masa capsula (g)	27.7	26.8	27.3	28.0	28.2	28.1
w (%):	14.4	14.4	16.0	15.9	19.3	19.3
<b>w(% prom.):</b>	<b>14.4</b>		<b>16.0</b>		<b>19.3</b>	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	11966.0		11798.0		11730.0	
<b>(% W) absorvida</b>	<b>3.58</b>		<b>5.20</b>		<b>7.57</b>	
<b>ESPONJAMIENTO:</b>	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	7	0.15	14	0.30	15	0.33
2	9	0.20	15	0.33	16	0.35
3	10	0.22	16	0.35	16	0.35
4	10	0.22	16	0.35	16	0.35
<b>PENETRACION CTE. DEL ANILLO = 9.9986</b>						
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	12	54	7	38	5	31
0.050	42	154	23	91	9	44
0.075	80	281	46	168	12	54
0.100	120	414	65	231	14	61
0.200	290	981	129	444	35	131
0.300	350	1181	165	564	45	164
0.400	362	1221	177	604	50	181
0.500	373	1257	192	654	56	201

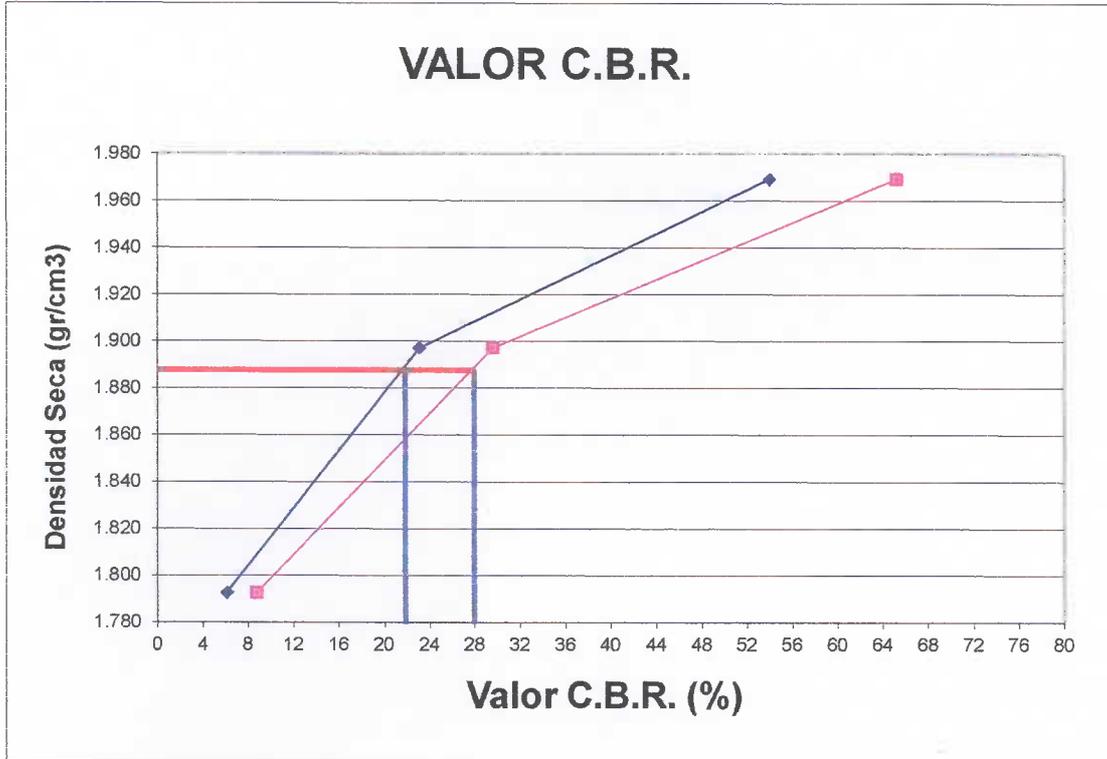
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	540.00	54.0	1.969
25	231.00	23.1	1.897
10	61.00	6.1	1.793

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	978.00	65.2	1.969
25	444.00	29.6	1.897
10	131.00	8.7	1.793





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>22</b>
	0,2"	95%	<b>28</b>
C.B.R RECOMENDADO			<b>22.0</b>

  
 Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891. 3962 890 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 24/04/2023

**FECHA ENSAYO:** 18/04/2023 - 22/04/2023 **MUESTRA:** suelo - cemento 15%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	10648.0		10254.0		10584.0	
Masa molde (g)	7151.0		7106.0		7878.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124.0		2120.0		2105.0	
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.646</b>		<b>1.485</b>		<b>1.286</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>	<b>33.51</b>		<b>DENS. MAXIMA:</b>		<b>1.265</b>	
Masa húmeda (g)	83.6	84.1	83.7	85.5	86.5	88.1
Masa seca (g)	70.0	70.1	69.8	70.9	71.8	73.1
Masa capsula (g)	29.4	28.2	28.2	27.3	27.9	28.1
(%) agua	33.4	33.5	33.5	33.4	33.3	33.4
(%) agua promedio	33.4		33.5		33.3	
<b>Dens. Seca:</b>	<b>1.234</b>		<b>1.113</b>		<b>0.964</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	85.3	80.7	82.8	80.0	81.2	79.7
Masa seca (g)	69.2	65.7	65.6	63.7	63.3	62.4
Masa capsula (g)	26.9	26.6	27.1	26.9	28.1	28.2
w (%):	38.2	38.3	44.6	44.1	51.0	50.6
<b>w(% prom.):</b>	<b>38.3</b>		<b>44.3</b>		<b>50.8</b>	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	10870.0		10626.0		11054.0	
<b>(% W) absorbida</b>	<b>6.35</b>		<b>11.82</b>		<b>17.37</b>	
<b>ESPONJAMIENTO:</b>	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	5	0.11	9	0.20	10	0.22
2	6	0.13	9	0.20	10	0.22
3	8	0.17	10	0.22	11	0.24
4	10	0.22	10	0.22	11	0.24
<b>PENETRACION</b>			<b>CTE. DEL ANILLO =</b>		<b>9.9986</b>	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	46	168	23	91	12	54
0.050	89	311	46	168	21	84
0.075	112	388	58	208	28	108
0.100	132	454	69	244	32	121
0.200	182	621	95	331	45	164
0.300	212	721	113	391	54	194
0.400	233	791	143	491	66	234
0.500	242	821	159	544	77	271

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

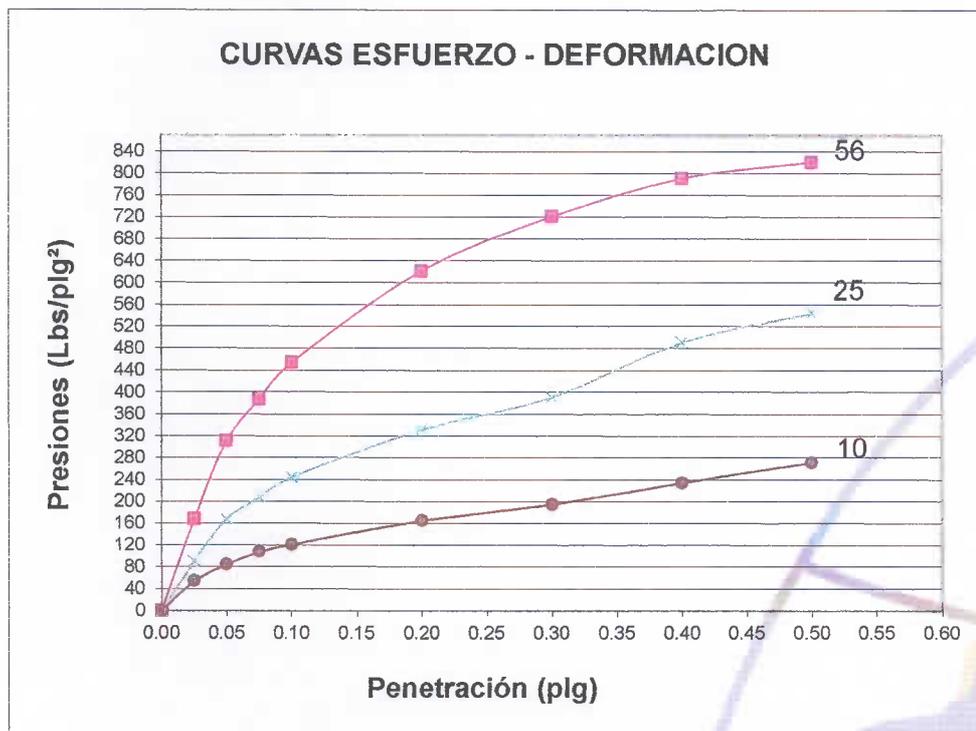
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

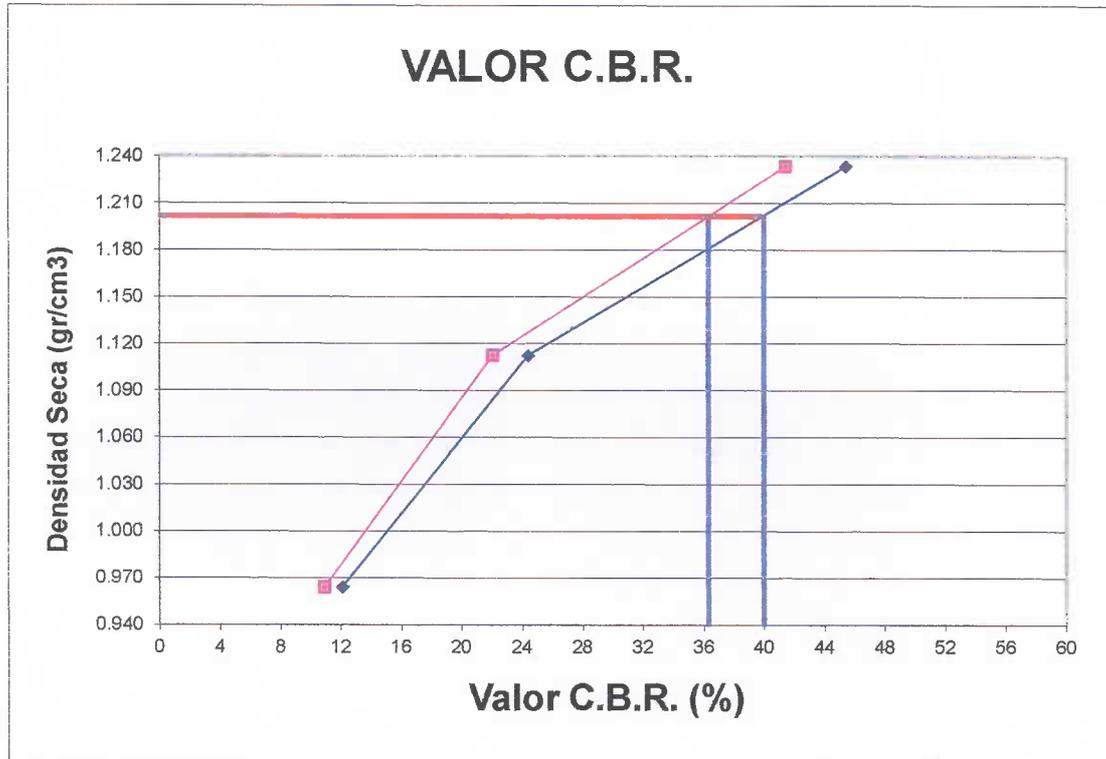
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	454.00	45.4	1.234
25	244.00	24.4	1.113
10	121.00	12.1	0.964

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	621.00	41.4	1.234
25	331.00	22.1	1.113
10	164.00	10.9	0.964





<b>RESULTADOS</b>			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>36.30</b>
	0,2"	95%	<b>40.00</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>36</b>

  
 Ing. Sañdi Castro: A. CIVIL  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 806 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 24/04/2023

**FECHA ENSAYO:** 18/04/2023 - 22/04/2023 **MUESTRA:** suelo - relave 5%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0	2.0	3.0
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact (g)	10542.0	10336.0	10756.0
Masa molde (g)	7182.0	7192.0	7878.0
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2126.0	2120.0	2105.0
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.580</b>	<b>1.483</b>	<b>1.367</b>

CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:		34.85	DENS. MAXIMA:		1.209
Masa húmeda (g)	75.5	78.9	71.5	76.9	75.2
Masa seca (g)	63.5	66.0	60.4	64.6	63.5
Masa capsula (g)	27.9	27.8	27.4	28.1	28.9
(%) agua	33.9	33.8	33.9	33.7	33.9
(%) agua promedio		33.8		33.8	33.8
<b>Dens. Seca:</b>		<b>1.181</b>		<b>1.108</b>	<b>1.022</b>

CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:						
Masa húmeda (g)	87.4	83.9	83.0	86.2	81.2	80.7
Masa seca (g)	70.8	68.5	66.1	68.4	63.8	63.4
Masa capsula (g)	27.6	27.7	28.1	28.5	28.0	27.7
w (%):	38.3	37.8	44.3	44.7	48.7	48.5
<b>w(% prom.):</b>		<b>38.0</b>		<b>44.5</b>		<b>48.6</b>

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:						
Masa saturada		10686.0		10584.0		11054.0
<b>(% W) absorbida</b>		<b>4.29</b>		<b>7.89</b>		<b>10.35</b>
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	64	1.39	65	1.42	68	1.48
2	70	1.52	74	1.61	79	1.72
3	78	1.70	79	1.72	82	1.79
4	80	1.74	82	1.79	86	1.87
5	80	1.74	82	1.79	87	1.90

PENETRACION CTE. DEL ANILLO = 9.9986						
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	5	31	3	24	2	21
0.050	10	48	7	36	3	24
0.075	14	61	8	41	4	28
0.100	18	74	11	51	6	34
0.200	33	124	23	91	14	61
0.300	48	174	32	121	17	71
0.400	60	214	36	134	19	78
0.500	69	244	39	144	21	84

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

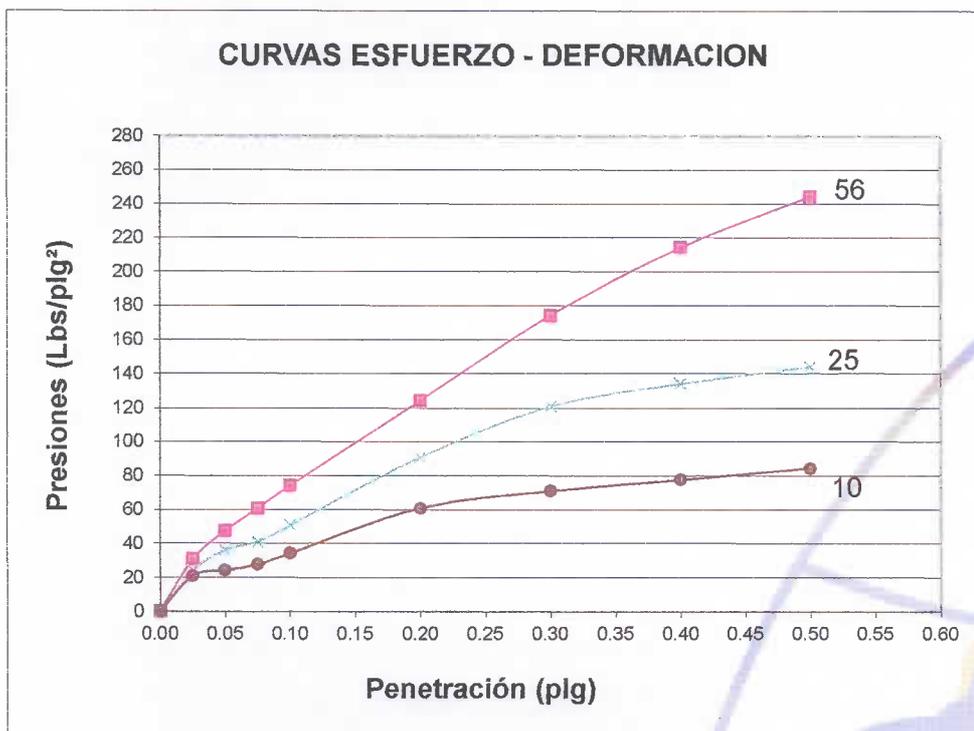
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

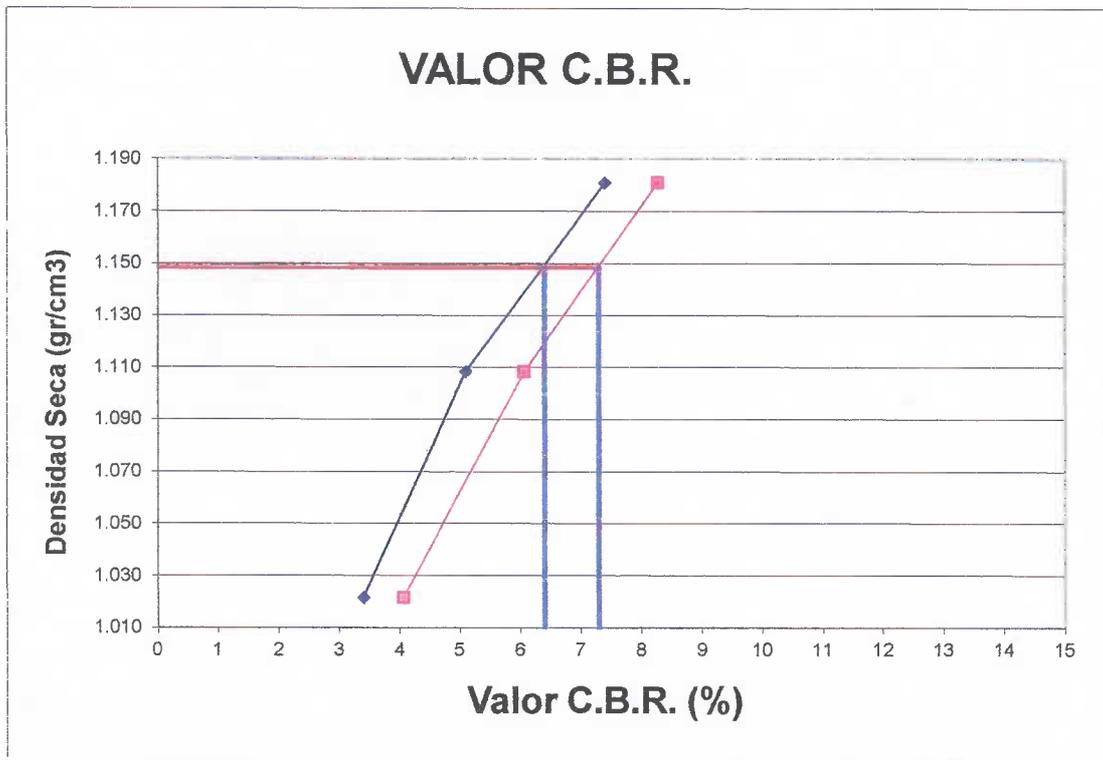
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

**VALORES CORREGIDOS**

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	74.00	7.4	1.181
25	51.00	5.1	1.108
10	34.00	3.4	1.022

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	124.00	8.3	1.181
25	91.00	6.1	1.108
10	61.00	4.1	1.022





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	6.40
	0,2"	95%	7.30
C.B.R RECOMENDADO			6.40

Ing. Sandri Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 900 EXT. 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 10/05/2023

**FECHA ENSAYO:** 03/05/2023 - 09/05/2023 **MUESTRA:** suelo - relave 10%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	10556.0		10296.0		9694.0	
Masa molde (g)	7158.0		7106.0		6504.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124.0		2120.0		2339.0	
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.600</b>		<b>1.505</b>		<b>1.364</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>	<b>32.48</b>		<b>DENS. MAXIMA:</b>		<b>1.243</b>	
Masa húmeda (g)	68.0	65.1	77.1	77.6	82.6	80.3
Masa seca (g)	58.4	55.9	65.3	65.1	69.5	67.7
Masa capsula (g)	28.1	26.9	28.2	25.9	28.1	28.0
(%) agua	31.8	31.5	31.7	31.8	31.9	31.8
(%) agua promedio	31.7		31.7		31.9	
<b>Dens. Seca:</b>	<b>1.215</b>		<b>1.142</b>		<b>1.034</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	94.0	86.9	81.6	85.1	80.3	79.3
Masa seca (g)	76.2	71.5	65.9	68.4	64.5	63.6
Masa capsula (g)	27.8	28.9	27.0	26.7	28.1	27.7
w (%):	36.7	36.1	40.5	40.1	43.5	43.7
<b>w(% prom.):</b>	<b>36.4</b>		<b>40.3</b>		<b>43.6</b>	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	10648.0		10482.0		9978.0	
<b>(% W) absorbida</b>	<b>2.71</b>		<b>5.83</b>		<b>8.90</b>	
<b>ESPONJAMIENTO:</b>	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	80	1.74	83	1.81	84	1.83
2	89	1.94	90	1.96	90	1.96
3	92	2.00	94	2.05	96	2.09
4	93	2.03	97	2.11	101	2.20
5	96	2.09	100	2.18	104	2.27
<b>PENETRACION</b>			<b>CTE. DEL ANILLO =</b>		<b>9.9986</b>	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	3	24	1	18	1	18
0.050	9	43	3	24	1	18
0.075	15	64	6	34	2	21
0.100	22	88	11	51	3	24
0.200	43	158	25	98	10	48
0.300	60	214	37	138	13	58
0.400	69	244	46	168	15	64
0.500	76	268	52	188	18	74

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

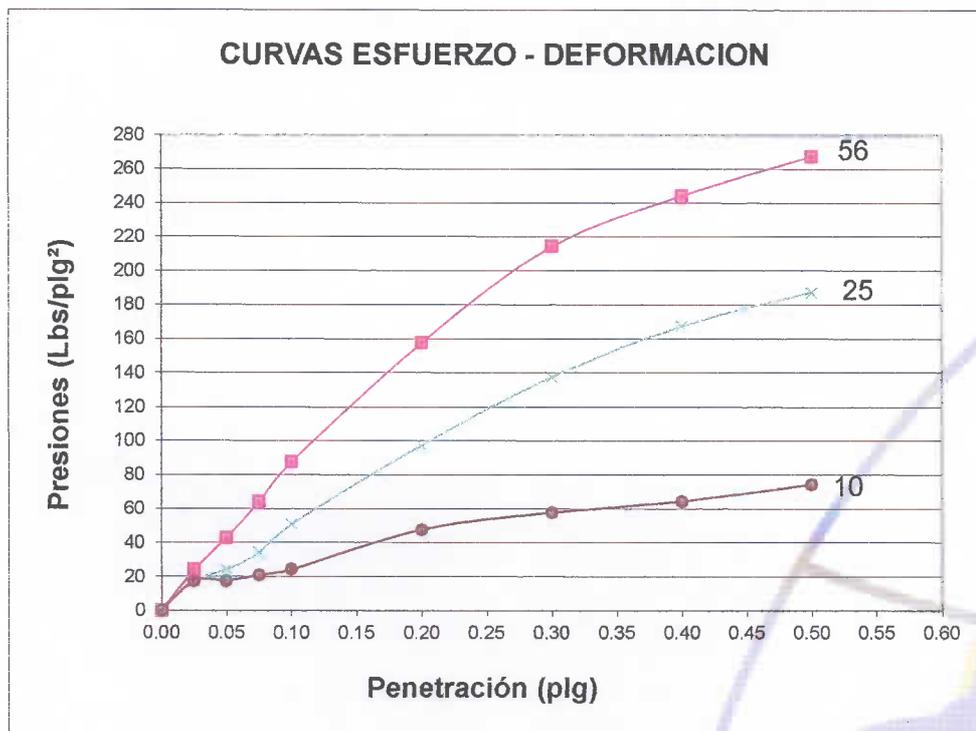
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

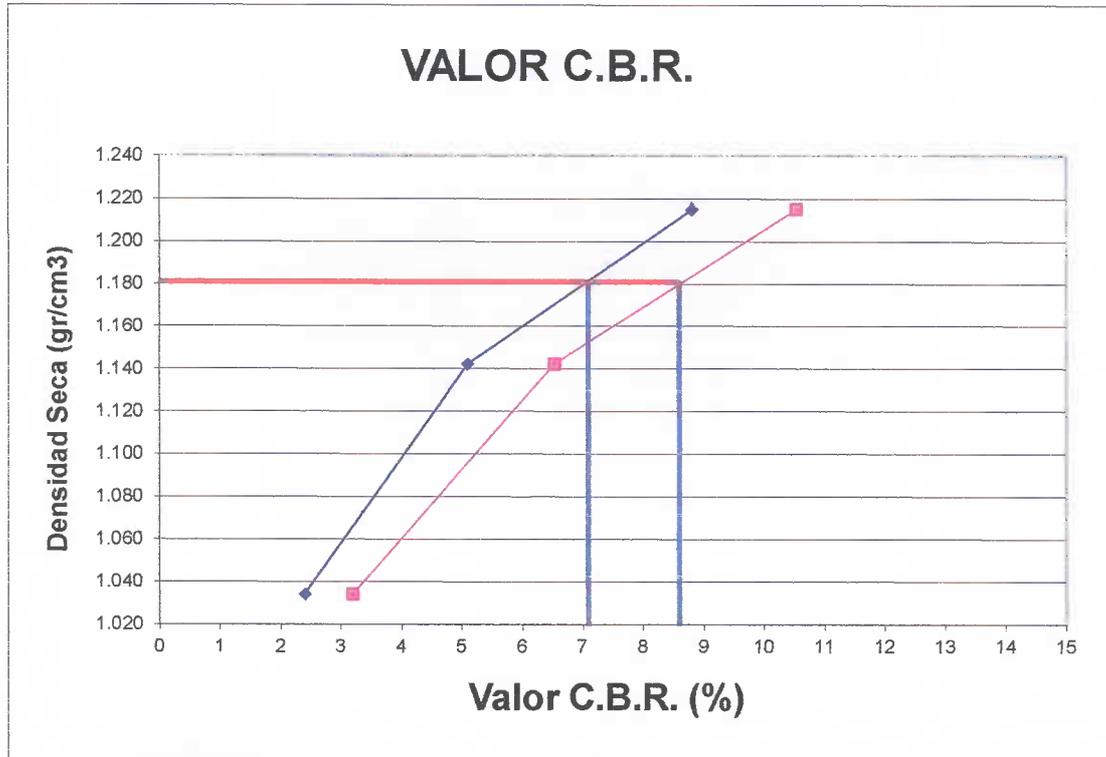
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	88.00	8.8	1.215
25	51.00	5.1	1.142
10	24.00	2.4	1.034

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	158.00	10.5	1.215
25	98.00	6.5	1.142
10	48.00	3.2	1.034





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>7.10</b>
	0,2"	95%	<b>8.60</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>7.10</b>

Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 880 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 10/05/2023

**FECHA ENSAYO:** 03/05/2023 - 09/05/2023 **MUESTRA:** suelo - relave 15%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	10674.0		10440.0		10088.0	
Masa molde (g)	7182.0		7192.0		7162.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2126.0		2120.0		2120.0	
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.643</b>		<b>1.532</b>		<b>1.380</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>			<b>33.52</b>		<b>DENS. MAXIMA: 1.273</b>	
Masa húmeda (g)	83.4	76.3	82.5	75.3	71.2	73.3
Masa seca (g)	69.3	64.0	69.1	63.6	60.5	61.9
Masa capsula (g)	26.8	26.6	28.1	27.7	28.1	27.9
(%) agua	33.1	32.7	32.7	32.6	33.0	33.3
(%) agua promedio	32.9		32.7		33.2	
<b>Dens. Seca:</b>	<b>1.236</b>		<b>1.155</b>		<b>1.036</b>	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	100.6	99.8	102.2	90.4	88.3	90.5
Masa seca (g)	81.8	81.4	81.7	73.0	70.6	72.3
Masa capsula (g)	27.4	27.2	27.9	26.7	27.9	28.0
w (%):	34.7	34.0	38.1	37.4	41.4	40.9
<b>w(% prom.):</b>	<b>34.4</b>		<b>37.7</b>		<b>41.2</b>	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	10828.0		10700.0		10454.0	
<b>(% W) absorbida</b>	<b>4.41</b>		<b>8.00</b>		<b>12.51</b>	
<b>ESPONJAMIENTO:</b>	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	82	1.79	94	2.05	96	2.09
2	85	1.85	102	2.22	98	2.13
3	94	2.05	106	2.31	108	2.35
4	94	2.05	108	2.35	110	2.40
5	100	2.18	111	2.42	115	2.51
<b>PENETRACION</b>			<b>CTE. DEL ANILLO =</b>			<b>9.9986</b>
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	3	24	2	21	2	21
0.050	7	38	5	31	3	24
0.075	12	54	8	41	4	26
0.100	17	71	11	51	4	28
0.200	47	171	25	98	12	54
0.300	72	254	38	141	19	78
0.400	95	331	49	178	22	88
0.500	112	388	57	204	24	94

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

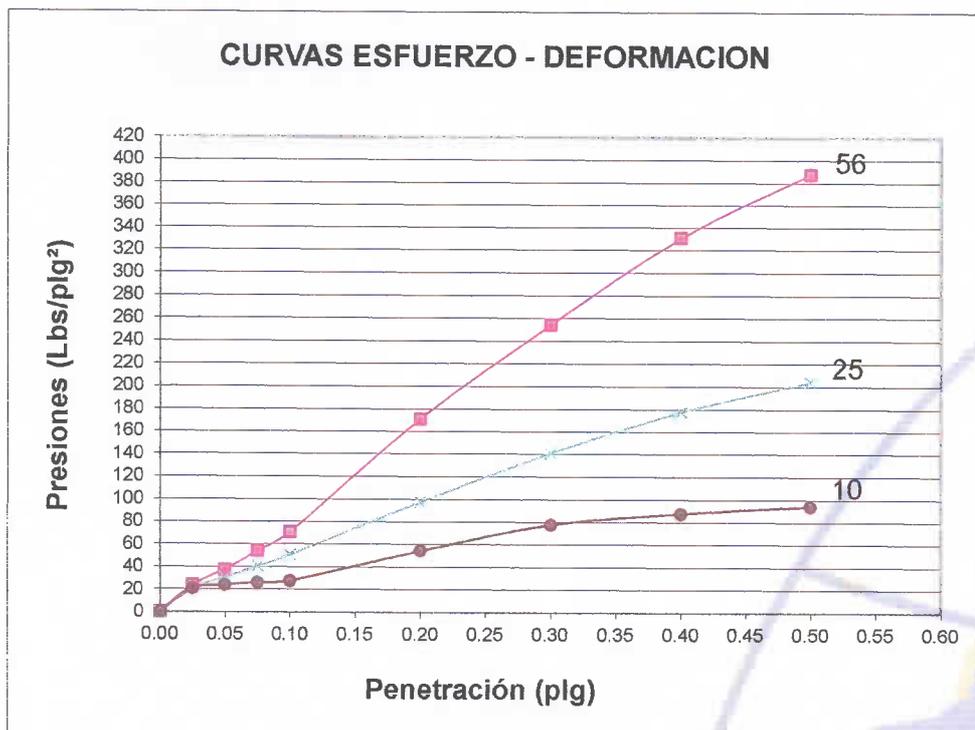
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

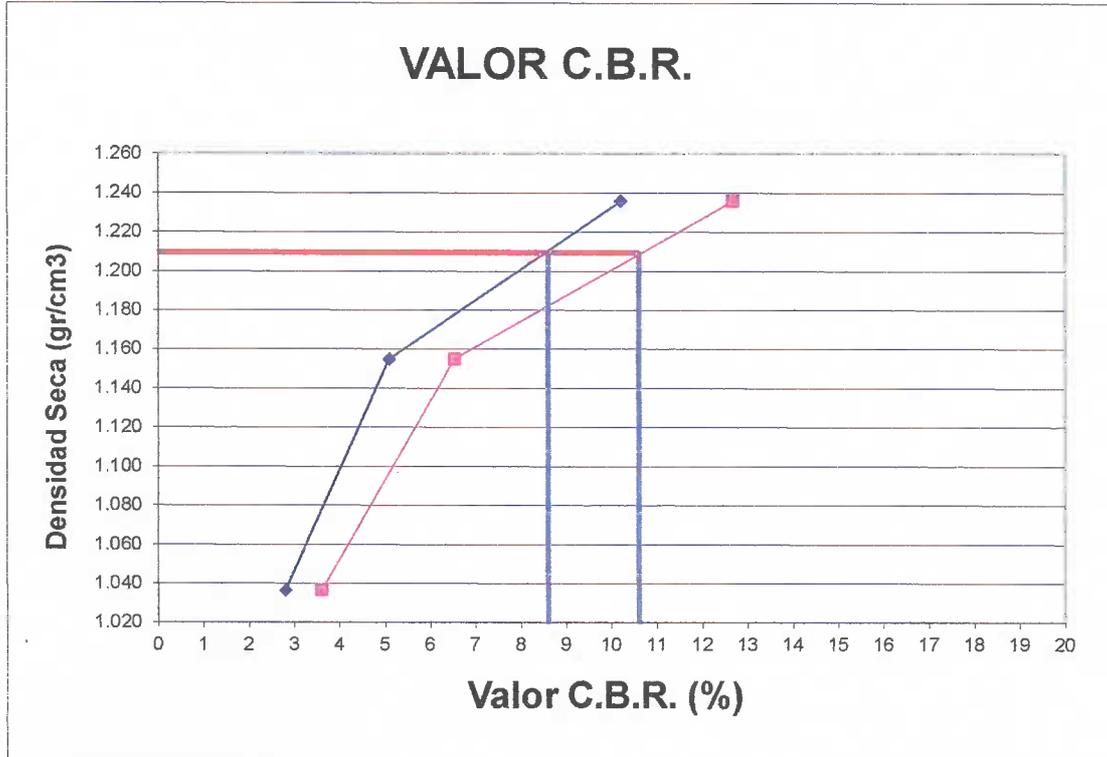
**Nota.-** La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

**VALORES CORREGIDOS**

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	102.00	10.2	1.236
25	51.00	5.1	1.155
10	28.00	2.8	1.036

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	190.00	12.7	1.236
25	98.00	6.5	1.155
10	54.00	3.6	1.036





<b>RESULTADOS</b>			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>8.60</b>
	0,2"	95%	<b>10.60</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>8.60</b>

Ing. Sandra Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 896 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 10/05/2023

**FECHA ENSAYO:** 03/05/2023 - 09/05/2023 **MUESTRA:** suelo - relave 20%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0	2.0	3.0
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact (g)	11136.0	11080.0	10144.0
Masa molde (g)	7684.0	7878.0	7192.0
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2105.0	2105.0	2120.0
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.640</b>	<b>1.521</b>	<b>1.392</b>

CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:		30.98		DENS. MAXIMA:		1.316	
Masa húmeda (g)	73.5	78.1	87.4	87.4	78.7	80.2	
Masa seca (g)	63.0	66.3	73.7	74.0	67.0	68.1	
Masa capsula (g)	26.3	26.0	26.0	27.5	28.1	28.6	
(%) agua	28.7	29.2	28.9	28.7	30.0	30.7	
(%) agua promedio		29.0		28.8		30.3	
<b>Dens. Seca:</b>		<b>1.271</b>		<b>1.181</b>		<b>1.068</b>	

CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:							
Masa húmeda (g)	100.9	94.8	83.1	88.7	92.7	93.5	
Masa seca (g)	82.5	77.9	67.1	71.0	72.7	73.3	
Masa capsula (g)	28.5	27.7	26.1	26.2	28.1	27.9	
w (%):	34.2	33.5	39.1	39.3	44.8	44.5	
<b>w(% prom.):</b>		<b>33.8</b>		<b>39.2</b>		<b>44.7</b>	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:							
Masa saturada	11358.0		11412.0		10614.0		
<b>(% W) absorbida</b>	<b>6.43</b>		<b>10.37</b>		<b>15.92</b>		
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%	
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
1	72	1.57	78	1.70	82	1.79	
2	83	1.81	85	1.85	86	1.87	
3	87	1.90	91	1.98	94	2.05	
4	92	2.00	96	2.09	98	2.13	
5	93	2.03	96	2.09	99	2.16	

PENETRACION							CTE. DEL ANILLO =		9.9986	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>				
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0				
0.025	3	24	2	21	1	18				
0.050	7	38	5	31	2	21				
0.075	11	51	9	44	3	23				
0.100	16	68	11	51	4	26				
0.200	41	151	24	94	10	48				
0.300	65	231	35	131	15	64				
0.400	85	298	43	158	18	74				
0.500	103	358	51	184	21	84				

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

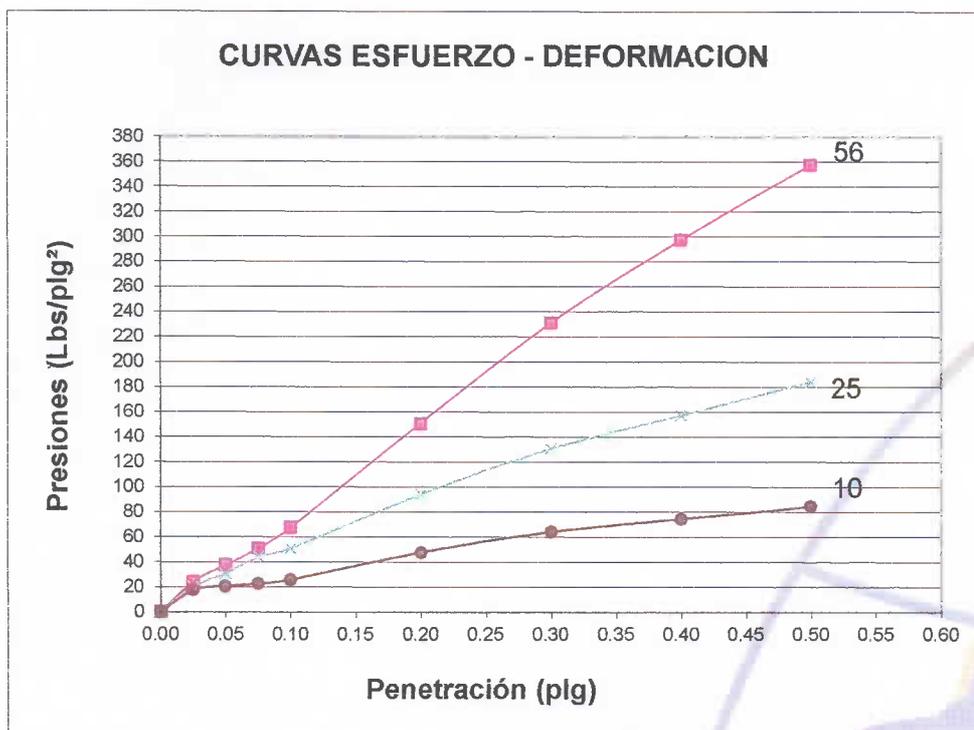
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

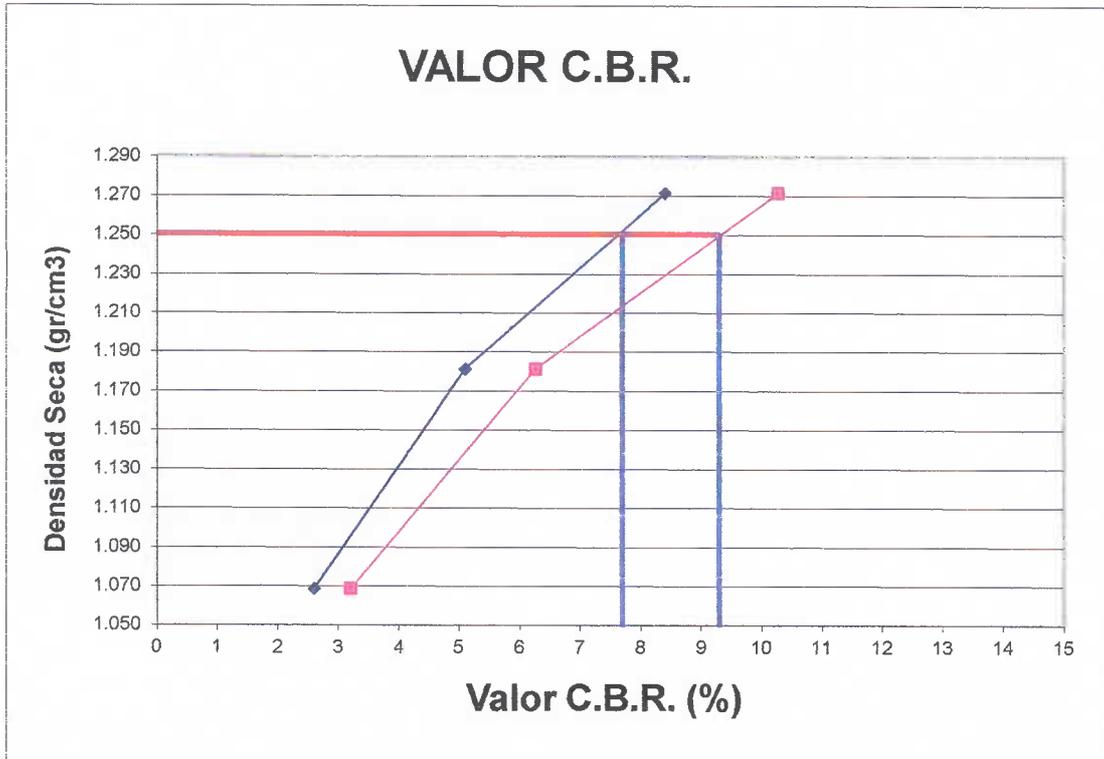
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	84.00	8.4	1.271
25	51.00	5.1	1.181
10	26.00	2.6	1.068

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	154.00	10.3	1.271
25	94.00	6.3	1.181
10	48.00	3.2	1.068





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>7.70</b>
	0,2"	95%	<b>9.30</b>
C.B.R RECOMENDADO			<b>7.70</b>



Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891. 3962 806 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 28/04/2023

**FECHA ENSAYO:** 21/04/2023 - 27/04/2023 **MUESTRA:** suelo - mortero 5%

**NORMA:** ASTM D 1883

#### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0	2.0	3.0
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact (g)	10170.0	9972.0	9204.0
Masa molde (g)	6444.0	6520.0	6446.0
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2324.0	2327.0	2105.0
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.603</b>	<b>1.483</b>	<b>1.310</b>

**CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:** 33.86 **DENS. MAXIMA:** 1.233

Masa húmeda (g)	75.2	65.5	57.7	57.8	64.3	62.9
Masa seca (g)	62.9	56.2	50.1	49.9	54.8	54.2
Masa capsula (g)	27.8	29.4	28.2	27.0	26.9	28.9
(%) agua	35.1	34.8	34.8	34.1	34.2	34.1
(%) agua promedio		34.9		34.4		34.2
<b>Dens. Seca:</b>		<b>1.188</b>		<b>1.103</b>		<b>0.976</b>

**CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:**

Masa húmeda (g)	81.5	85.9	76.3	74.5	77.7	79.6
Masa seca (g)	67.0	69.8	61.3	59.7	61.9	63.0
Masa capsula (g)	28.9	27.4	27.3	25.8	28.0	27.7
w (%):	38.2	38.1	44.2	43.4	46.5	46.8
<b>w(% prom.):</b>		<b>38.2</b>		<b>43.8</b>		<b>46.7</b>

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:**

Masa saturada	10318.0	10248.0	9574.0
<b>(% W) absorvida</b>	<b>3.97</b>	<b>8.00</b>	<b>13.42</b>

ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	51	1.11	51	1.11	52	1.13
2	55	1.20	62	1.35	72	1.57
3	57	1.24	74	1.61	80	1.74
4	74	1.61	79	1.72	84	1.83
5	80	1.74	86	1.87	90	1.96

**PENETRACION**

**CTE. DEL ANILLO =**

**9.9986**

penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	5	31	3	24	2	21
0.050	12	54	7	38	3	24
0.075	19	78	11	51	4	28
0.100	29	111	14	61	6	33
0.200	56	201	28	108	13	58
0.300	82	288	41	151	18	74
0.400	101	351	49	178	21	84
0.500	116	401	54	194	23	91

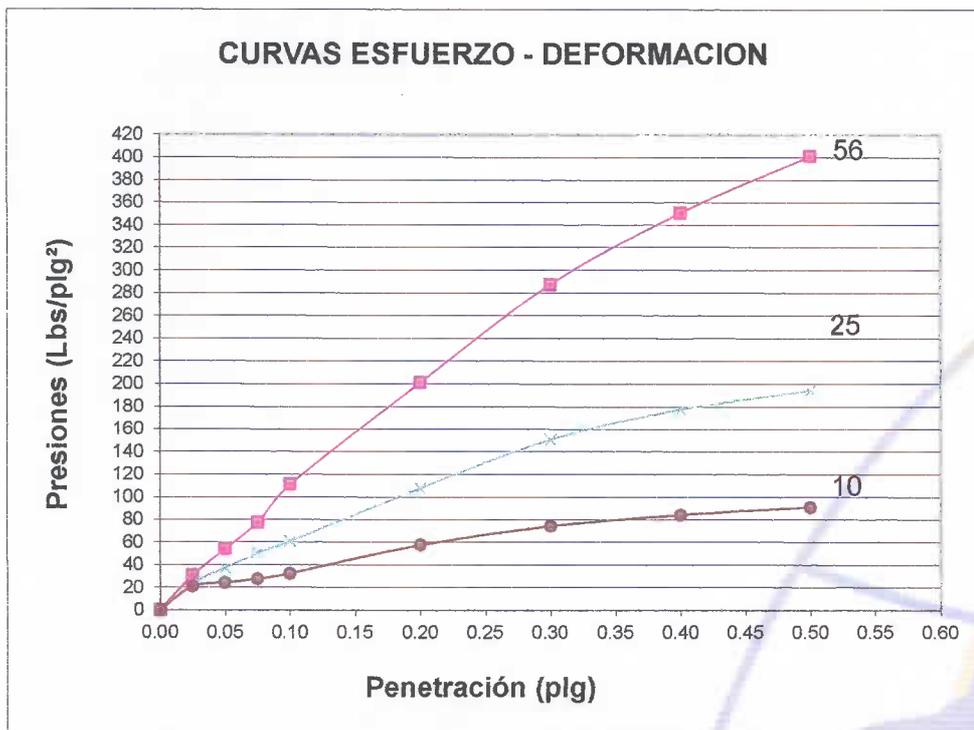
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

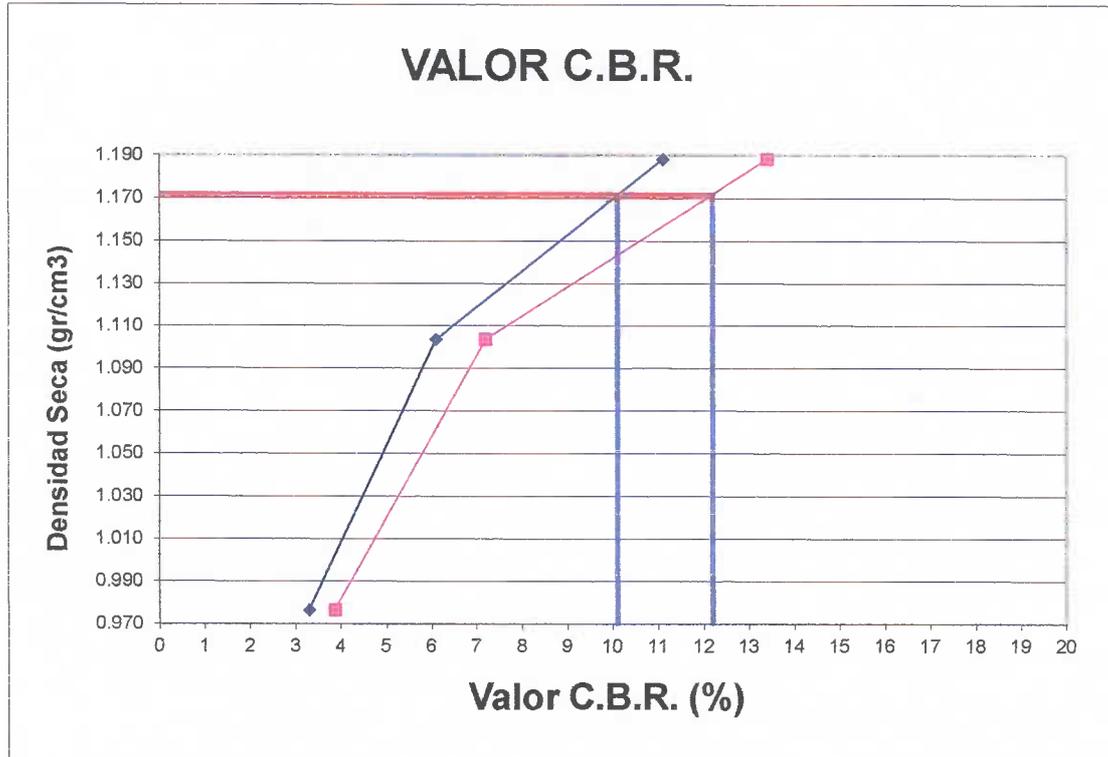
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	111.00	11.1	1.188
25	61.00	6.1	1.103
10	33.00	3.3	0.976

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	201.00	13.4	1.188
25	108.00	7.2	1.103
10	58.00	3.9	0.976





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>10.10</b>
	0,2"	95%	<b>12.20</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>10.10</b>



Ing. Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)**

Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE - TEL. 3962 891, 3962 900 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor

**FECHA INFORME:** 28/04/2023

**FECHA ENSAYO:** 21/04/2023 - 27/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1883

**LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**MUESTRA:** suelo - mortero 10%

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	11306.0		10738.0		10345.0	
Masa molde (g)	7878.0		7534.0		7544.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2105.0		2163.0		2124.0	
Dens. Hum. (g/cm <sup>3</sup> )	1.629		1.481		1.319	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>			32.98		<b>DENS. MAXIMA:</b> 1.260	
Masa húmeda (g)	66.4	67.3	66.2	74.1	72.1	70.4
Masa seca (g)	56.8	57.2	56.7	62.7	61.1	59.9
Masa capsula (g)	28.5	27.2	28.2	28.3	28.1	28.0
(%) agua	34.1	33.7	33.2	33.0	33.3	33.1
(%) agua promedio	33.9		33.1		33.2	
Dens. Seca:	1.216		1.113		0.990	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	76.4	79.6	79.3	87.4	86.8	92.5
Masa seca (g)	61.4	63.2	61.8	68.2	66.2	70.1
Masa capsula (g)	26.9	26.1	26.8	29.4	27.9	28.0
w (%):	43.6	44.5	49.8	49.5	53.6	53.1
w(%) prom.:	44.1		49.7		53.3	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	11434.0		10980.0		10664.0	
(% W) absorbida	3.73		7.55		11.39	
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	39	0.85	47	1.02	53	1.15
2	51	1.11	53	1.15	56	1.22
3	55	1.20	61	1.33	63	1.37
4	61	1.33	67	1.46	67	1.46
5	70	1.52	72	1.57	75	1.63
<b>PENETRACION CTE. DEL ANILLO = 9.9986</b>						
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	7	38	5	31	2	21
0.050	13	58	10	48	4	28
0.075	22	88	15	64	6	34
0.100	31	118	21	84	8	41
0.200	57	204	39	144	19	78
0.300	83	291	52	188	23	91
0.400	106	368	62	221	26	101
0.500	115	398	71	251	29	111

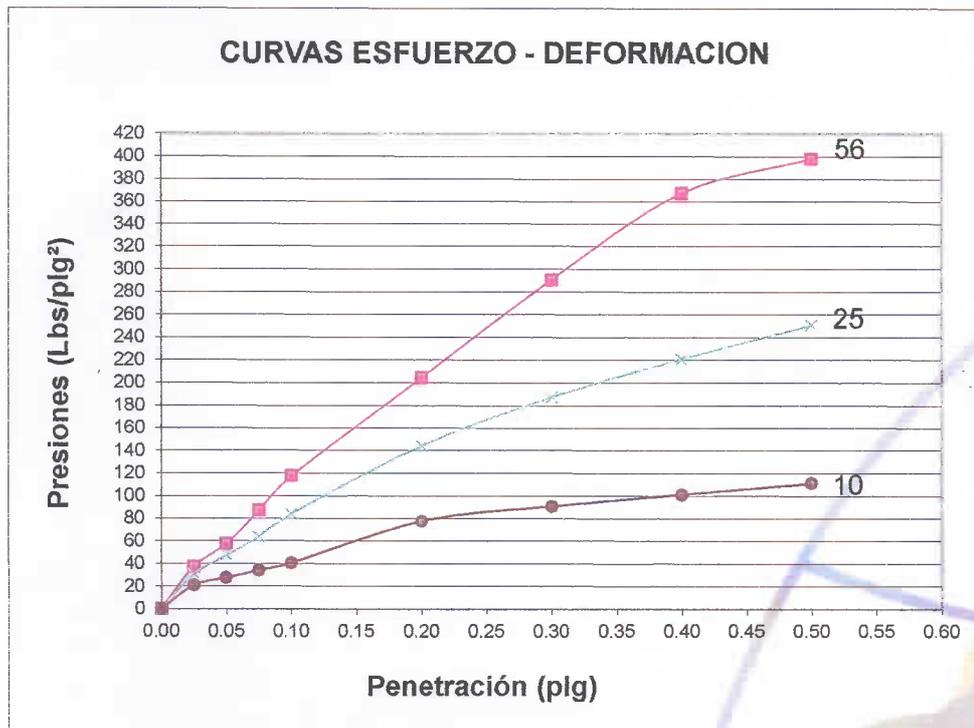
### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

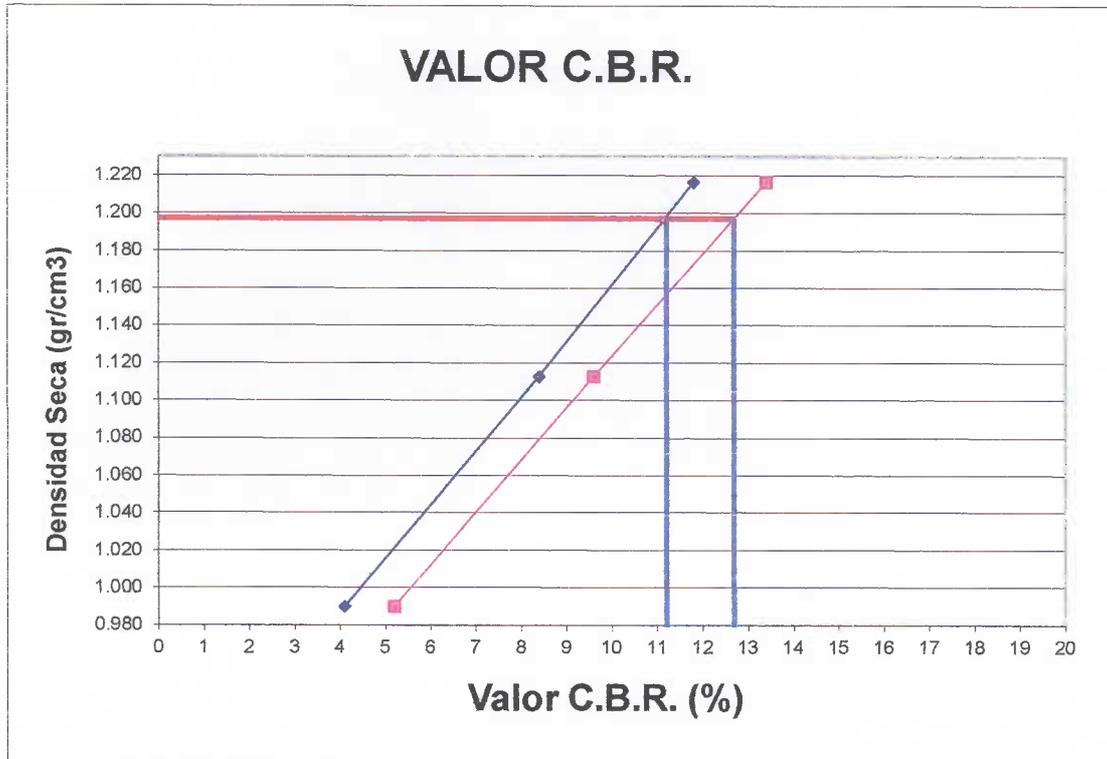
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	118.00	11.8	1.216
25	84.00	8.4	1.113
10	41.00	4.1	0.990

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	201.00	13.4	1.216
25	144.00	9.6	1.113
10	78.00	5.2	0.990





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>11.20</b>
	0,2"	95%	<b>12.70</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>11.20</b>



Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 892 EXT. 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 02/05/2023

**FECHA ENSAYO:** 24/04/2023 - 30/04/2023 **MUESTRA:** suelo - mortero 15%

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0	2.0	3.0
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact (g)	10650.0	10364.0	10421.0
Masa molde (g)	7158.0	7106.0	7544.0
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124.0	2120.0	2124.0
<b>Dens. Hum. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.644</b>	<b>1.537</b>	<b>1.355</b>

CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:		32.21		DENS. MAXIMA:		1.297	
Masa húmeda (g)	72.1	74.6	72.5	73.7	73.7	75.3	75.3
Masa seca (g)	61.0	63.2	61.4	62.7	62.6	63.8	63.8
Masa capsula (g)	26.9	27.6	27.3	28.5	28.2	28.2	28.2
(%) agua	32.7	32.2	32.5	32.4	32.3	32.4	32.4
(%) agua promedio		32.4		32.5		32.3	32.3
<b>Dens. Seca:</b>		<b>1.241</b>		<b>1.160</b>		<b>1.024</b>	

CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:						
Masa húmeda (g)	77.5	72.0	82.0	92.4	90.5	93.3
Masa seca (g)	63.6	59.5	66.1	73.7	71.3	73.3
Masa capsula (g)	26.0	25.6	26.9	27.4	28.2	28.1
w (%):	37.0	36.9	40.4	40.3	44.4	44.3
<b>w(% prom.):</b>		<b>36.9</b>		<b>40.4</b>		<b>44.4</b>

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:						
Masa saturada	10756.0	10580.0	10686.0			
<b>(% W) absorbida</b>	<b>3.04</b>	<b>6.63</b>	<b>9.21</b>			
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	34	0.74	45	0.98	53	1.15
2	41	0.89	53	1.15	56	1.22
3	44	0.96	55	1.20	63	1.37
4	49	1.07	61	1.33	67	1.46
5	55	1.20	64	1.39	75	1.63

PENETRACION		CTE. DEL ANILLO =				9.9986	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
0.025	9	44	3	24	3	24	
0.050	20	81	10	48	5	31	
0.075	32	121	18	74	8	41	
0.100	44	161	25	98	11	49	
0.200	88	308	52	186	23	91	
0.300	119	411	69	244	28	108	
0.400	145	498	85	298	33	124	
0.500	165	564	98	341	38	141	

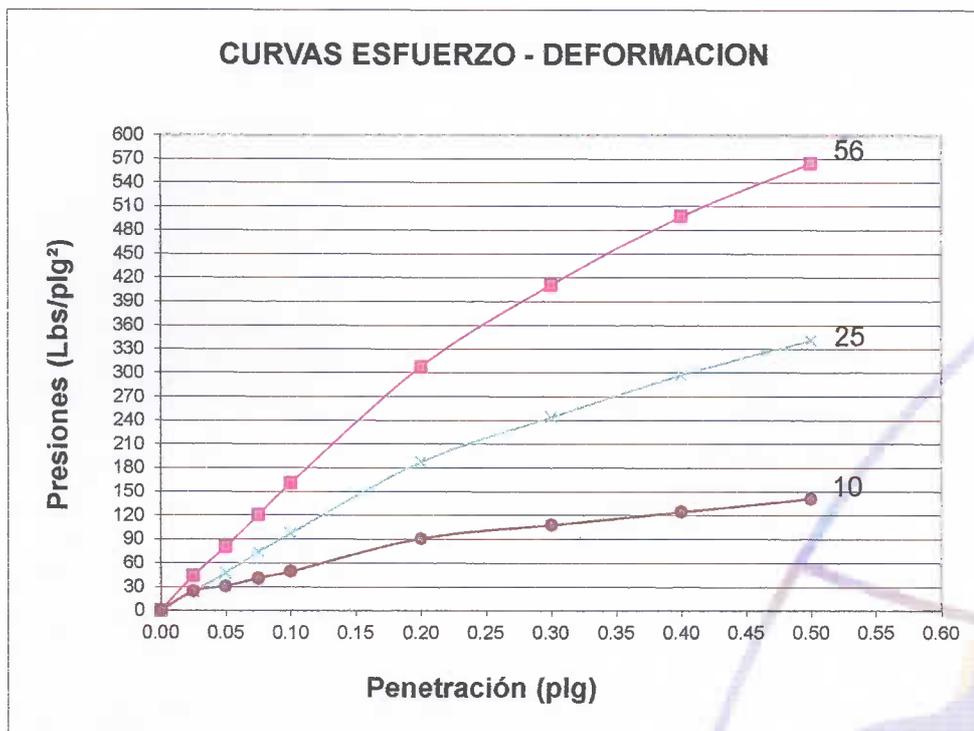
### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

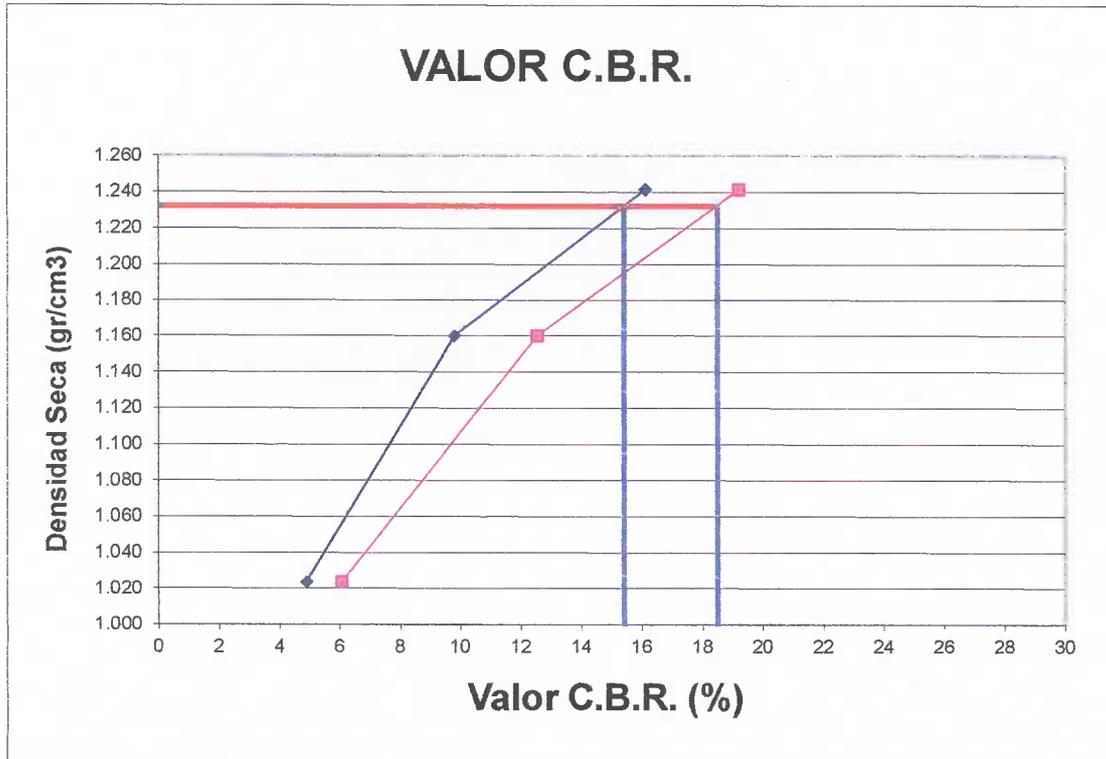
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	161.00	16.1	1.241
25	98.00	9.8	1.160
10	49.00	4.9	1.024

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	288.00	19.2	1.241
25	188.00	12.5	1.160
10	91.00	6.1	1.024





<b>RESULTADOS</b>			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>15.40</b>
	0,2"	95%	<b>18.50</b>
<b>C.B.R RECOMENDADO</b>			<b>15.40</b>

Ensayado por: F.Y.

  
**Ing. Sander Castro A.**  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**  
 INGENIERÍA CIVIL  
 CAMPUS SUR QUITO

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL

AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL 3962 891, 3962 900 EXT 2317

### SUELOS

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**SOLICITA:** Magaly Gaibor **LOCALIZACIÓN:** Sto Domingo de Cutuglahua

**FECHA INFORME:** 02/05/2023 **MUESTRA:** suelo - mortero 20%

**FECHA ENSAYO:** 24/04/2023 - 30/04/2023

**NORMA:** ASTM D 1883

### ENSAYO DE CBR

MOLDE No.:	1.0		2.0		3.0	
Golpes/capa:	56		25		10	
Masa compact (g)	10746.0		10528.0		10244.0	
Masa molde (g)	7182.0		7192.0		7234.0	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2126.0		2120.0		2124.0	
Dens. Hum. (g/cm <sup>3</sup> )	1.676		1.574		1.417	
<b>CONTENIDO DE AGUA DE MOLDEO:</b>			31.84		<b>DENS. MAXIMA:</b> 1.322	
Masa húmeda (g)	74.3	86.0	74.7	58.7	68.5	82.3
Masa seca (g)	62.8	71.7	62.8	51.5	58.9	69.3
Masa capsula (g)	27.2	27.4	27.0	28.4	28.1	27.7
(%) agua	32.4	32.3	33.2	31.2	31.2	31.4
(%) agua promedio	32.3		32.2		31.3	
Dens. Seca:	1.267		1.190		1.079	
<b>CONTENIDO DE AGUA LUEGO DE LA SATURACION:</b>						
Masa húmeda (g)	82.8	93.2	95.5	84.6	92.7	96.3
Masa seca (g)	68.3	76.3	76.5	68.5	72.9	75.3
Masa capsula (g)	27.3	28.1	28.1	27.7	27.9	27.9
w (%):	35.2	35.1	39.1	39.2	44.0	44.3
w(%) prom.:	35.2		39.2		44.1	
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA:</b>						
Masa saturada	10842.0		10732.0		10524.0	
(% W) absorvida	2.69		6.12		9.30	
ESPONJAMIENTO:	dial	%	dial	%	dial	%
DIAS:	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1	25	0.54	40	0.87	46	1.00
2	32	0.70	44	0.96	48	1.05
3	36	0.78	46	1.00	49	1.07
4	36	0.78	46	1.00	54	1.18
5	39	0.85	48	1.05	56	1.22
<b>PENETRACION CTE. DEL ANILLO = 9.9986</b>						
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>	dial	presion lb/plg <sup>2</sup>
0.000	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.025	13	58	7	38	5	31
0.050	25	98	16	68	7	38
0.075	37	138	24	94	9	44
0.100	54	194	34	128	15	64
0.200	99	344	62	221	31	118
0.300	134	461	83	291	35	131
0.400	164	561	101	351	38	141
0.500	190	648	116	401	40	148

### LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

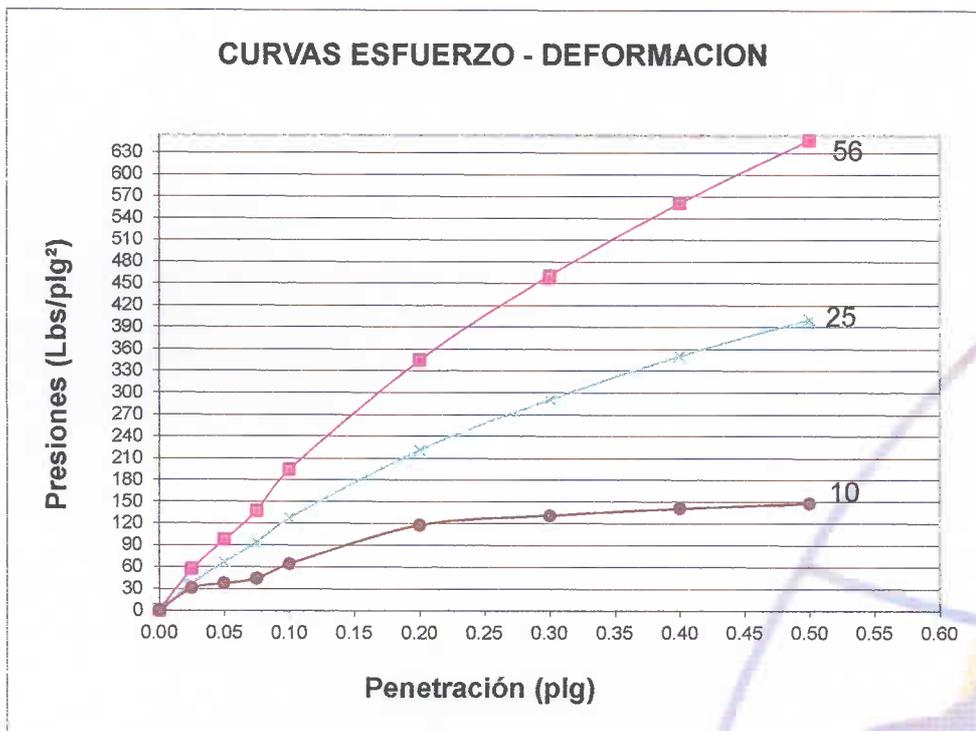
Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

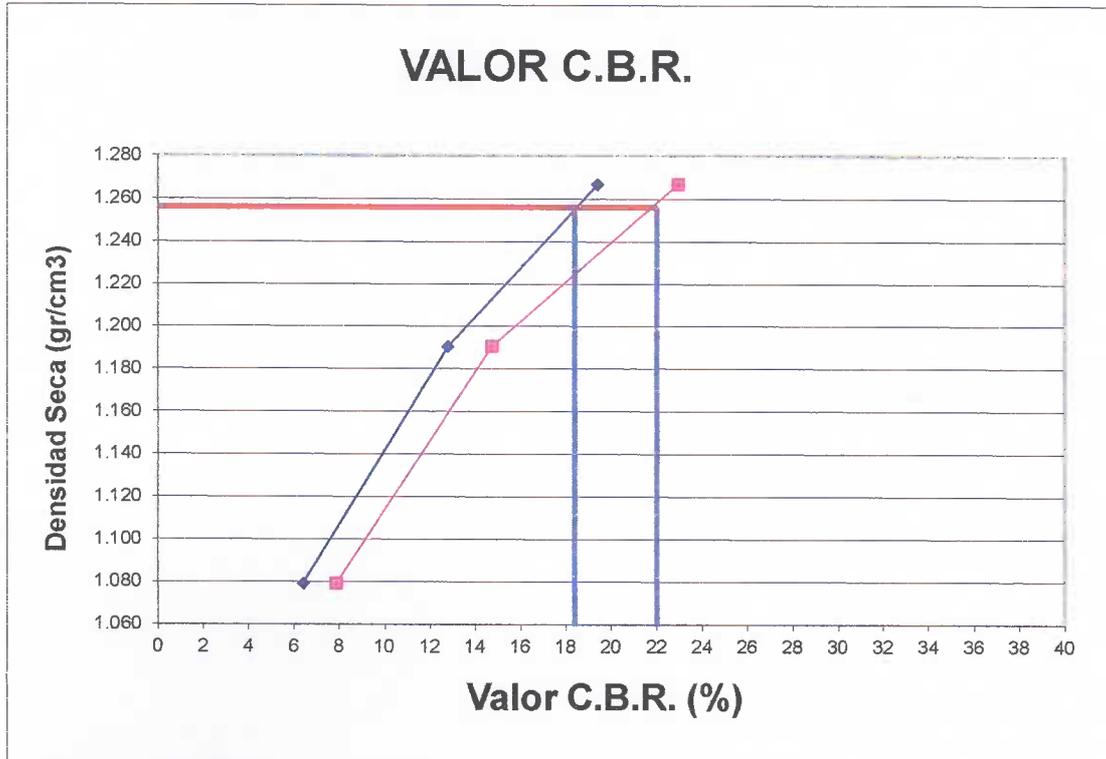
Nota.- La presión corregida se determina en el gráfico esfuerzo - deformación

VALORES CORREGIDOS

N° Golpes	C.B.R - 0,1"		
	presión	CBR	DENS. SECA
56	194.00	19.4	1.267
25	128.00	12.8	1.190
10	64.00	6.4	1.079

N° Golpes	C.B.R - 0,2"		
	presión	CBR (%)	DENS. SECA
56	344.00	22.9	1.267
25	221.00	14.7	1.190
10	118.00	7.9	1.079





RESULTADOS			
Curva	Penetración	Densidad Estándar	C.B.R (%)
	0,1"	95%	<b>18.40</b>
	0,2"	95%	<b>22.00</b>
C.B.R RECOMENDADO			<b>18.40</b>

  
 Ing- Sandri Castro A.  
**ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)**  


Ensayado por: F.Y.

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

Anexo 5. Ensayos de Resistencia a la compresión no confinada

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D 2166

LOCALIZACION:

Sto. Domingo de Cutuglahua

FECHA INFORME:

9/5/2023

MUESTRA

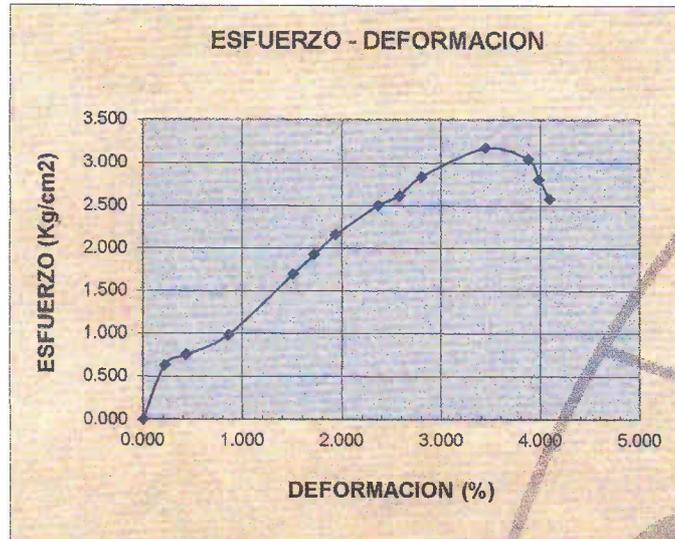
suelo natural

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 35.96 H (mm) 117.9  
Densidad (Kg/m3) 1550 D (mm) 69.3  
A (mm2) 3771.867

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3771.87	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3780.01	0.062	0.634
2	279.40	20	0.508	0.431	3788.19	0.074	0.752
4	368.41	40	1.016	0.862	3804.65	0.097	0.988
10	635.43	70	1.778	1.508	3829.62	0.166	1.692
12	724.44	80	2.032	1.723	3838.01	0.189	1.925
14	813.44	90	2.286	1.939	3846.45	0.211	2.157
17	946.96	110	2.794	2.370	3863.42	0.245	2.500
18	991.46	120	3.048	2.585	3871.97	0.256	2.612
20	1080.47	130	3.302	2.801	3880.55	0.278	2.840
23	1213.98	160	4.064	3.447	3906.52	0.311	3.170
22	1169.47	180	4.572	3.878	3924.04	0.298	3.040
20	1080.47	185	4.699	3.986	3928.44	0.275	2.805
18	991.46	190	4.826	4.093	3932.850	0.252	2.571

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.17 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA INFORME: 9/5/2023

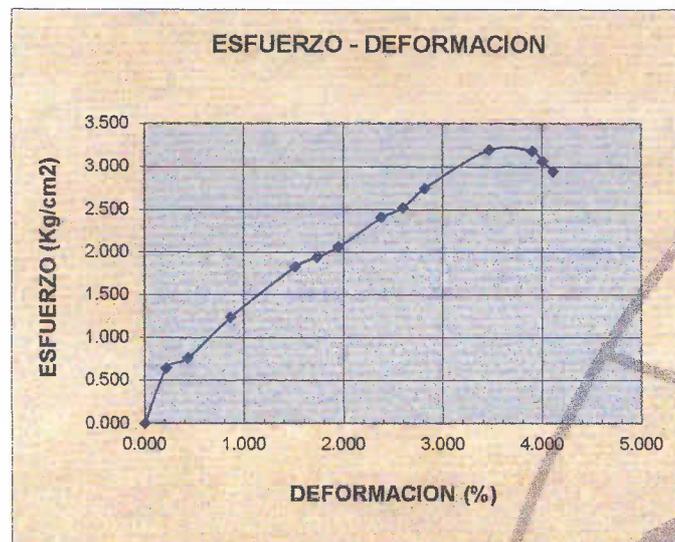
MUESTRA: suelo natural

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 35.96 H (mm) 117.2  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1542 D (mm) 69  
A (mm<sup>2</sup>) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.217	3747.40	0.063	0.639
2	279.40	20	0.508	0.433	3755.56	0.074	0.759
6	457.41	40	1.016	0.867	3771.98	0.121	1.237
11	679.93	70	1.778	1.517	3796.88	0.179	1.827
12	724.44	80	2.032	1.734	3805.26	0.190	1.942
13	768.94	90	2.286	1.951	3813.67	0.202	2.057
16	902.45	110	2.794	2.384	3830.60	0.236	2.403
17	946.96	120	3.048	2.601	3839.12	0.247	2.516
19	1035.96	130	3.302	2.817	3847.69	0.269	2.746
23	1213.98	160	4.064	3.468	3873.60	0.313	3.197
23	1213.98	180	4.572	3.901	3891.07	0.312	3.182
22	1169.47	185	4.699	4.009	3895.46	0.300	3.062
21	1124.97	190	4.826	4.118	3899.867	0.288	2.942

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.19 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

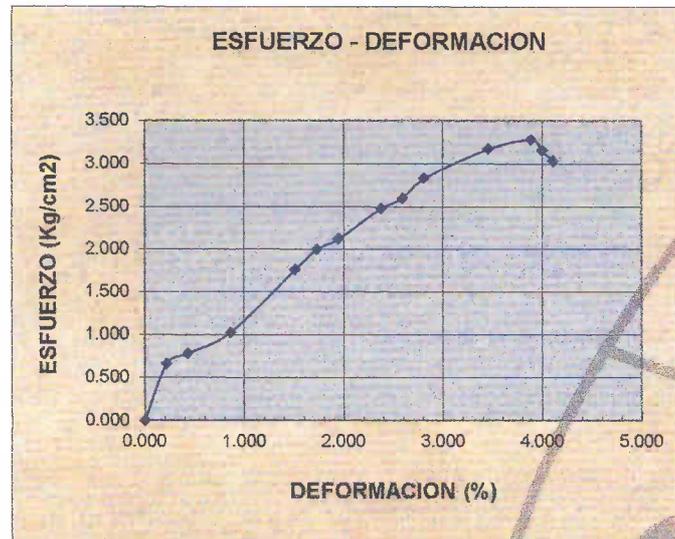
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 9/5/2023  
MUESTRA: suelo natural

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 35.96 H (mm) 117.5  
Densidad (Kg/m3) 1602 D (mm) 68  
A (mm2) 3631.681

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3631.68	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.216	3639.55	0.065	0.658
2	279.40	20	0.508	0.432	3647.45	0.077	0.781
4	368.41	40	1.016	0.865	3663.36	0.101	1.026
10	635.43	70	1.778	1.513	3687.48	0.172	1.758
12	724.44	80	2.032	1.729	3695.59	0.196	1.999
13	768.94	90	2.286	1.946	3703.74	0.208	2.118
16	902.45	110	2.794	2.378	3720.14	0.243	2.474
17	946.96	120	3.048	2.594	3728.40	0.254	2.591
19	1035.96	130	3.302	2.810	3736.69	0.277	2.828
22	1169.47	160	4.064	3.459	3761.79	0.311	3.171
23	1213.98	180	4.572	3.891	3778.71	0.321	3.277
22	1169.47	185	4.699	3.999	3782.97	0.309	3.153
21	1124.97	190	4.826	4.107	3787.232	0.297	3.030

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.17 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

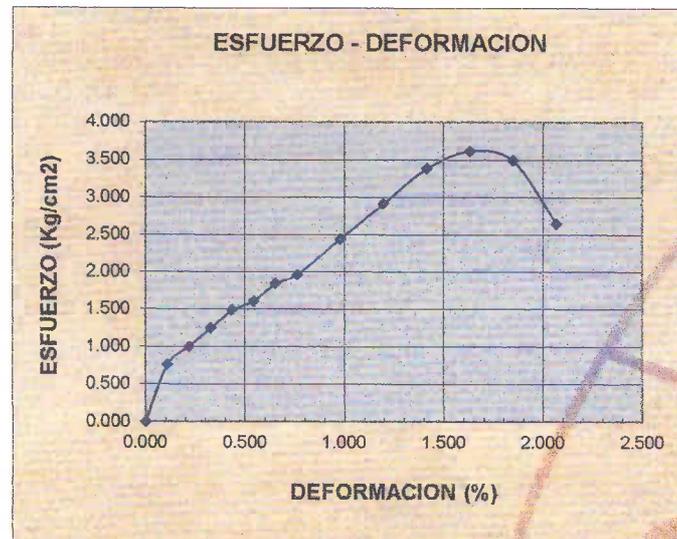
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 16/5/2023  
MUESTRA: Relave

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 11.23 H (mm) 116.7  
Densidad (Kg/m3) 2165 D (mm) 69  
A (mm2) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
2	279.40	5	0.127	0.109	3743.35	0.075	0.761
4	368.41	10	0.254	0.218	3747.44	0.098	1.003
6	457.41	15	0.381	0.326	3751.53	0.122	1.244
8	546.42	20	0.508	0.435	3755.63	0.145	1.484
9	590.93	25	0.635	0.544	3759.74	0.157	1.603
11	679.93	30	0.762	0.653	3763.86	0.181	1.843
12	724.44	35	0.889	0.762	3767.98	0.192	1.961
16	902.45	45	1.143	0.979	3776.27	0.239	2.438
20	1080.47	55	1.397	1.197	3784.59	0.285	2.912
24	1258.48	65	1.651	1.415	3792.94	0.332	3.384
26	1347.49	75	1.905	1.632	3801.33	0.354	3.616
25	1302.99	85	2.159	1.850	3809.76	0.342	3.489
18	991.46	95	2.413	2.068	3818.230	0.260	2.649

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.62 Kg/cm2	Limo arenoso, color café claro.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO:

Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.

CONTRATISTA:

Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

LOCALIZACION:

Magaly Gaibor

NORMA:

ASTM D 2166

FECHA INFORME:

16/5/2023

MUESTRA

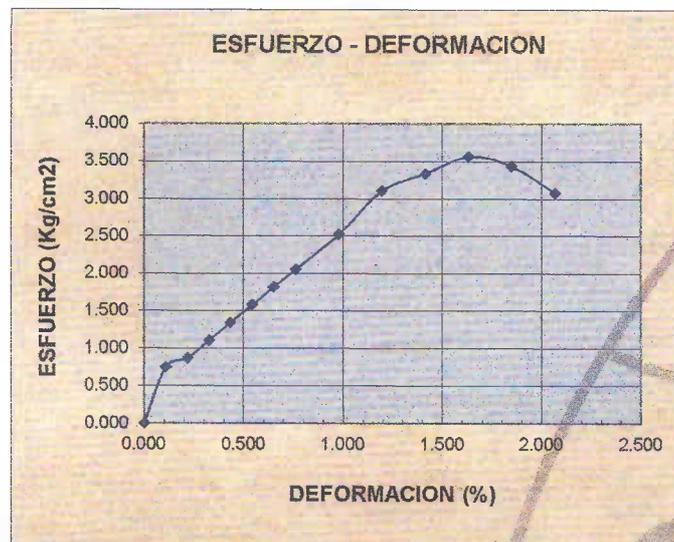
Relave

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 11.23 H (mm) 116.7  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 2174 D (mm) 69.5  
A (mm<sup>2</sup>) 3793.669

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3793.67	0.000	0.000
2	279.40	5	0.127	0.109	3797.80	0.074	0.750
3	323.90	10	0.254	0.218	3801.94	0.085	0.869
5	412.91	15	0.381	0.326	3806.10	0.108	1.107
7	501.92	20	0.508	0.435	3810.26	0.132	1.344
9	590.93	25	0.635	0.544	3814.42	0.155	1.580
11	679.93	30	0.762	0.653	3818.60	0.178	1.816
13	768.94	35	0.889	0.762	3822.79	0.201	2.052
17	946.96	45	1.143	0.979	3831.19	0.247	2.521
22	1169.47	55	1.397	1.197	3839.63	0.305	3.107
24	1258.48	65	1.651	1.415	3848.11	0.327	3.336
26	1347.49	75	1.905	1.632	3856.62	0.349	3.564
25	1302.99	85	2.159	1.850	3865.18	0.337	3.439
22	1169.47	95	2.413	2.068	3873.767	0.302	3.079

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.56 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo arenoso, color café claro.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de reutilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: -----

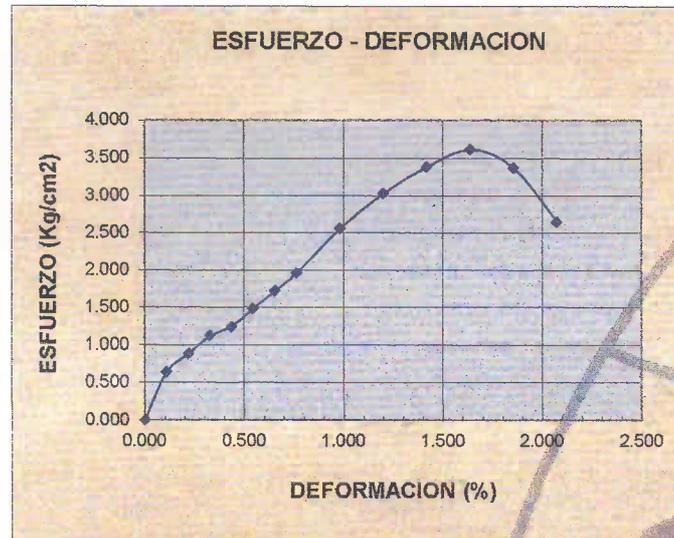
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 16/5/2023  
MUESTRA: Relave

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 11.23 H (mm) 116.3  
Densidad (Kg/m3) 2178 D (mm) 69  
A (mm2) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
1	234.90	5	0.127	0.109	3743.37	0.063	0.640
3	323.90	10	0.254	0.218	3747.47	0.086	0.882
5	412.91	15	0.381	0.328	3751.57	0.110	1.123
6	457.41	20	0.508	0.437	3755.69	0.122	1.242
8	546.42	25	0.635	0.546	3759.81	0.145	1.482
10	635.43	30	0.762	0.655	3763.94	0.169	1.722
12	724.44	35	0.889	0.764	3768.08	0.192	1.961
17	946.96	45	1.143	0.983	3776.40	0.251	2.558
21	1124.97	55	1.397	1.201	3784.74	0.297	3.032
24	1258.48	65	1.651	1.420	3793.13	0.332	3.384
26	1347.49	75	1.905	1.638	3801.55	0.354	3.615
24	1258.48	85	2.159	1.856	3810.01	0.330	3.369
18	991.46	95	2.413	2.075	3818.507	0.260	2.648

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.62 Kg/cm2	Limo arenoso, color café claro.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA: 2/5/2023

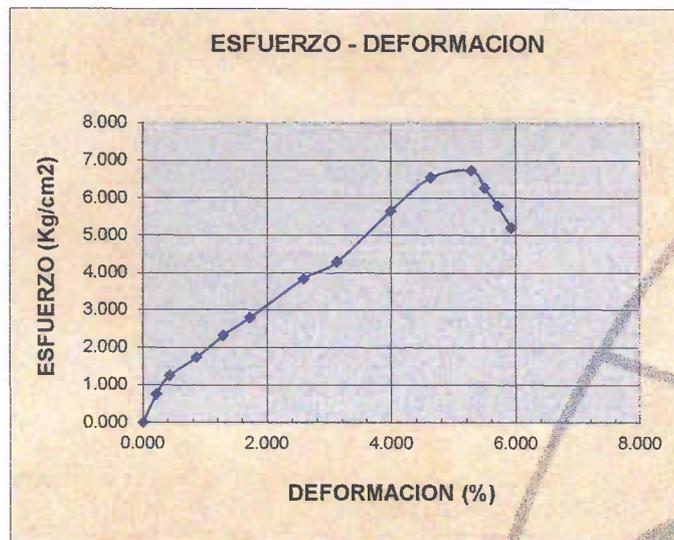
MUESTRA: suelo-cemento 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.51 H (mm) 117.8  
Densidad (Kg/m3) 1692 D (mm) 68.8  
A (mm2) 3717.64

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3717.64	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.216	3725.67	0.075	0.765
6	457.41	20	0.508	0.431	3733.74	0.123	1.250
10	635.43	40	1.016	0.862	3749.98	0.169	1.728
15	857.95	60	1.524	1.294	3766.36	0.228	2.323
19	1035.96	80	2.032	1.725	3782.89	0.274	2.793
28	1436.50	120	3.048	2.587	3816.38	0.376	3.839
32	1614.51	145	3.683	3.126	3837.62	0.421	4.291
44	2148.56	185	4.699	3.989	3872.09	0.555	5.660
52	2504.59	215	5.461	4.636	3898.36	0.642	6.553
54	2593.59	245	6.223	5.283	3924.98	0.661	6.740
50	2415.58	255	6.477	5.498	3933.93	0.614	6.263
46	2237.56	265	6.731	5.714	3942.93	0.567	5.788
41	2015.05	275	6.985	5.930	3951.969	0.510	5.201

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 6.74 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, con cemento

  
 Ing. Sandri Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)  
 INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglhua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA: 2/5/2023

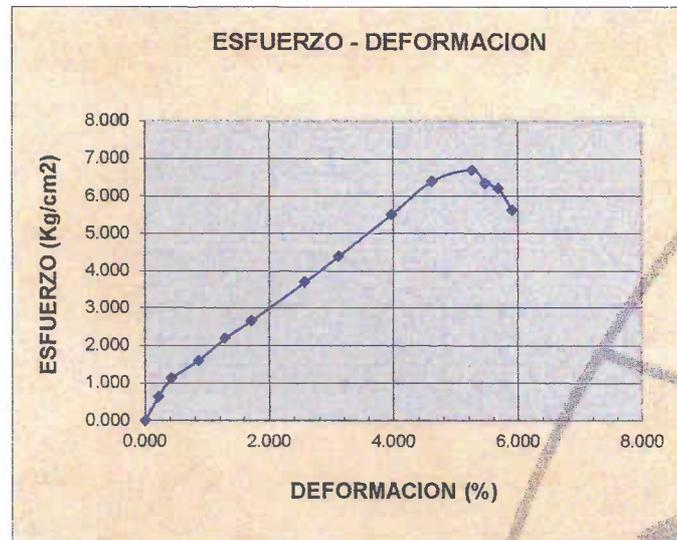
MUESTRA: suelo-cemento 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.51 H (mm) 118.3  
Densidad (Kg/m3) 1687 D (mm) 69  
A (mm2) 3739.28

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3747.33	0.063	0.639
5	412.91	20	0.508	0.429	3755.41	0.110	1.121
9	590.93	40	1.016	0.859	3771.67	0.157	1.598
14	813.44	60	1.524	1.288	3788.08	0.215	2.190
18	991.46	80	2.032	1.718	3804.63	0.261	2.658
27	1391.99	120	3.048	2.577	3838.17	0.363	3.699
33	1659.02	145	3.683	3.113	3859.44	0.430	4.385
43	2104.05	185	4.699	3.972	3893.95	0.540	5.511
51	2460.08	215	5.461	4.616	3920.25	0.628	6.401
54	2593.59	245	6.223	5.260	3946.90	0.657	6.703
51	2460.08	255	6.477	5.475	3955.87	0.622	6.343
50	2415.58	265	6.731	5.690	3964.87	0.609	6.214
45	2193.06	275	6.985	5.904	3973.920	0.552	5.629

Y(libras)=9,986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 6.70 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, con cemento

  
 Ing. Sandra Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)  
 INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA: 2/5/2023

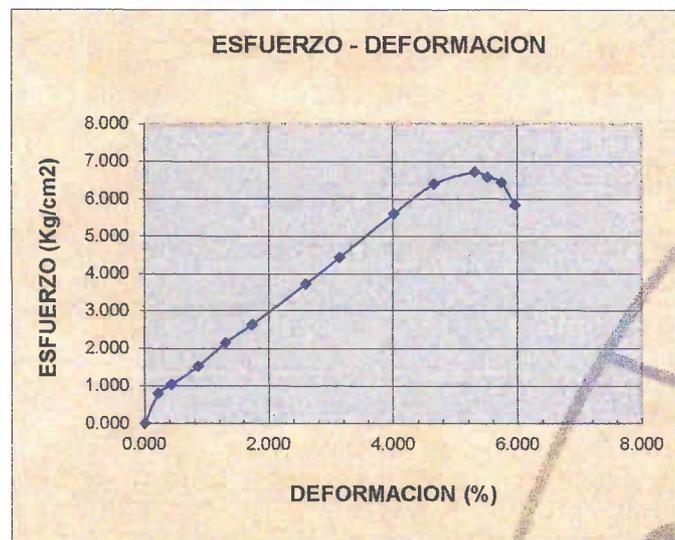
MUESTRA: suelo-cemento 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.51 H (mm) 117.2  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1690 D (mm) 67.7  
A (mm<sup>2</sup>) 3599.71

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3599.71	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.217	3607.53	0.077	0.790
4	368.41	20	0.508	0.433	3615.38	0.102	1.039
8	546.42	40	1.016	0.867	3631.19	0.150	1.535
13	768.94	60	1.524	1.300	3647.13	0.211	2.151
17	946.96	80	2.032	1.734	3663.22	0.259	2.637
26	1347.49	120	3.048	2.601	3695.82	0.365	3.719
32	1614.51	145	3.683	3.142	3716.50	0.434	4.431
42	2059.55	185	4.699	4.009	3750.06	0.549	5.602
49	2371.08	215	5.461	4.660	3775.64	0.628	6.406
52	2504.59	245	6.223	5.310	3801.56	0.659	6.720
51	2460.08	255	6.477	5.526	3810.28	0.646	6.586
50	2415.58	265	6.731	5.743	3819.04	0.633	6.452
45	2193.06	275	6.985	5.960	3827.843	0.573	5.844

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS		DESCRIPCION
qu =	6.72 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, con cemento

  
 Ing. Sandin Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)  
 INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA INFORME: 2/5/2023

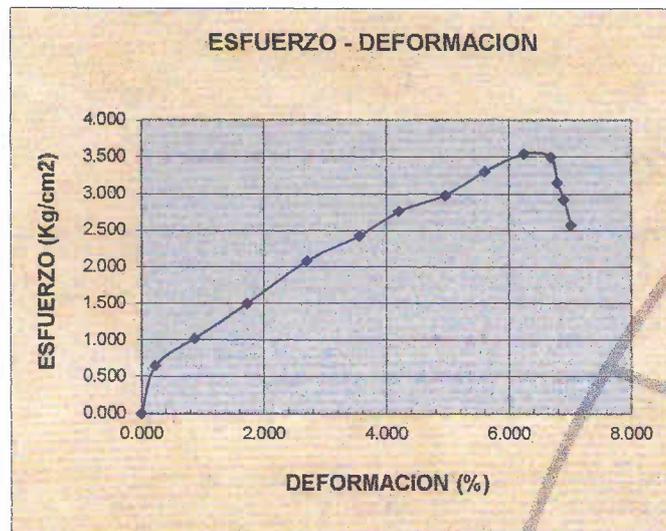
MUESTRA: suelo-relave 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 34.85 H (mm) 117.8  
Densidad (Kg/m3) 1590 D (mm) 68.3  
A (mm2) 3663.796

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3663.80	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.216	3671.71	0.064	0.653
4	368.41	40	1.016	0.862	3695.67	0.100	1.017
8	546.42	80	2.032	1.725	3728.10	0.147	1.495
13	768.94	125	3.175	2.695	3765.28	0.204	2.083
16	902.45	165	4.191	3.558	3798.95	0.238	2.423
19	1035.96	195	4.953	4.205	3824.60	0.271	2.763
21	1124.97	230	5.842	4.959	3854.97	0.292	2.977
24	1258.48	260	6.604	5.606	3881.39	0.324	3.307
26	1356.39	290	7.366	6.253	3908.17	0.347	3.540
26	1347.49	310	7.874	6.684	3926.23	0.343	3.501
23	1213.98	315	8.001	6.792	3930.78	0.309	3.150
21	1124.97	320	8.128	6.900	3935.33	0.286	2.916
18	991.46	325	8.255	7.008	3939.889	0.252	2.567

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.54 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA INFORME: 2/5/2023

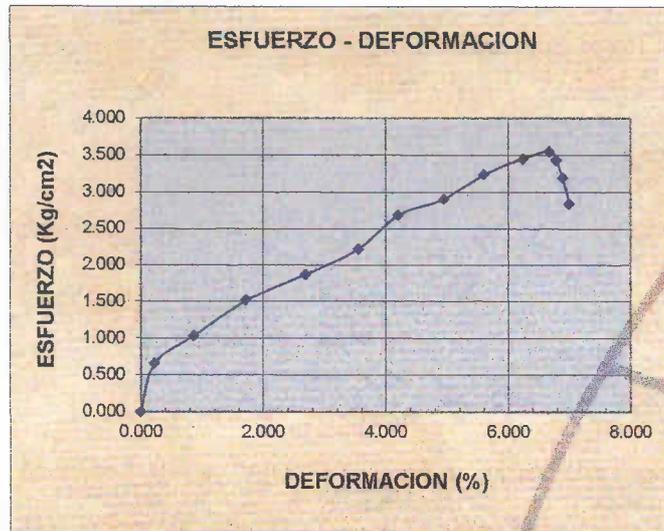
MUESTRA: suelo-relave 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 34.85 H (mm) 118  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1601 D (mm) 67.8  
A (mm<sup>2</sup>) 3610.350

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3610.35	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3618.14	0.065	0.662
4	368.41	40	1.016	0.861	3641.71	0.101	1.032
8	546.42	80	2.032	1.722	3673.61	0.149	1.517
11	679.93	125	3.175	2.691	3710.18	0.183	1.869
14	813.44	165	4.191	3.552	3743.30	0.217	2.217
18	991.46	195	4.953	4.197	3768.53	0.263	2.684
20	1080.47	230	5.842	4.951	3798.40	0.284	2.901
23	1213.98	260	6.604	5.597	3824.39	0.317	3.238
25	1302.99	290	7.366	6.242	3850.73	0.338	3.451
26	1347.49	310	7.874	6.673	3868.49	0.348	3.553
25	1302.99	315	8.001	6.781	3872.96	0.336	3.432
23	1213.98	320	8.128	6.888	3877.43	0.313	3.193
20	1080.47	325	8.255	6.996	3881.920	0.278	2.839

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.55 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.

  
 Ing. Sanja Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166

FECHA INFORME: 2/5/2023

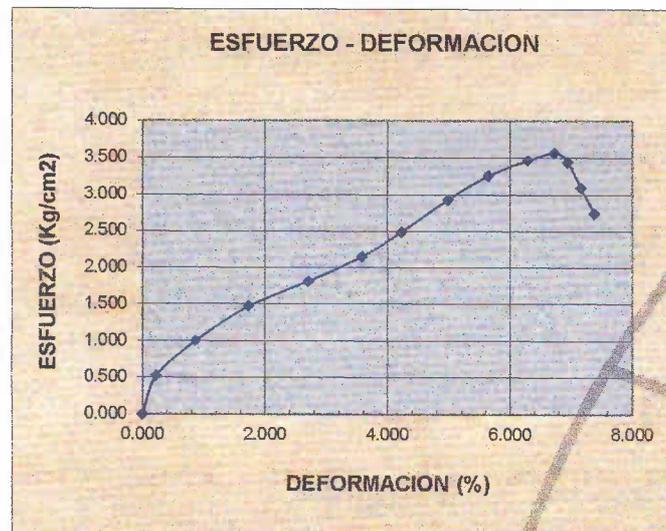
MUESTRA: suelo-relave 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 34.85 H (mm) 117.1  
Densidad (Kg/m3) 1589 D (mm) 68.8  
A (mm2) 3717.635

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3717.64	0.000	0.000
0	190.39	10	0.254	0.217	3725.72	0.051	0.521
4	368.41	40	1.016	0.868	3750.17	0.098	1.002
8	546.42	80	2.032	1.735	3783.29	0.144	1.473
11	679.93	125	3.175	2.711	3821.24	0.178	1.815
14	813.44	165	4.191	3.579	3855.63	0.211	2.152
17	946.96	195	4.953	4.230	3881.83	0.244	2.488
21	1124.97	230	5.842	4.989	3912.84	0.288	2.933
24	1258.48	260	6.604	5.640	3939.83	0.319	3.258
26	1347.49	290	7.366	6.290	3967.18	0.340	3.465
27	1391.99	310	7.874	6.724	3985.64	0.349	3.562
26	1347.49	320	8.128	6.941	3994.93	0.337	3.440
23	1213.98	330	8.382	7.158	4004.26	0.303	3.092
20	1080.47	340	8.636	7.375	4013.636	0.269	2.746

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.56 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

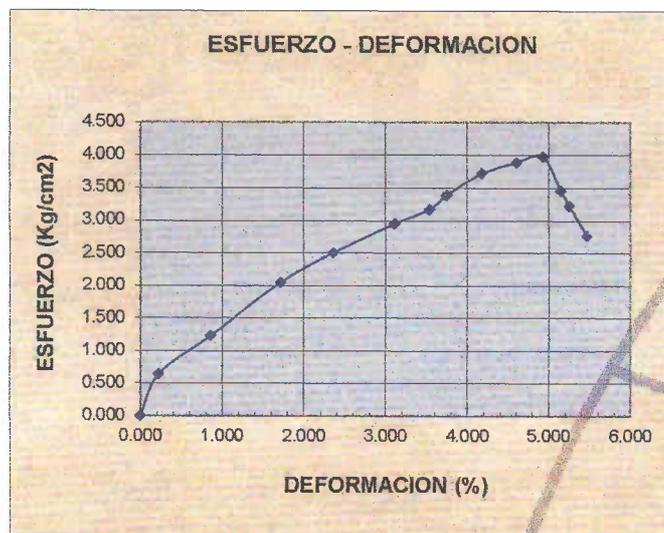
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.48 H (mm) 118.5  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1687 D (mm) 69.3  
A (mm<sup>2</sup>) 3771.867

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3771.87	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.214	3779.97	0.062	0.634
6	457.41	40	1.016	0.857	3804.49	0.120	1.226
13	768.94	80	2.032	1.715	3837.67	0.200	2.044
17	946.96	110	2.794	2.358	3862.95	0.245	2.500
21	1124.97	145	3.683	3.108	3892.86	0.289	2.948
23	1213.98	165	4.191	3.537	3910.16	0.310	3.167
25	1302.99	175	4.445	3.751	3918.87	0.332	3.391
28	1436.50	195	4.953	4.180	3936.40	0.365	3.722
30	1507.70	215	5.461	4.608	3954.09	0.381	3.889
31	1547.76	230	5.842	4.930	3967.46	0.390	3.979
26	1347.49	240	6.096	5.144	3976.43	0.339	3.456
24	1258.48	245	6.223	5.251	3980.92	0.316	3.225
20	1080.47	255	6.477	5.466	3989.950	0.271	2.762

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.98 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

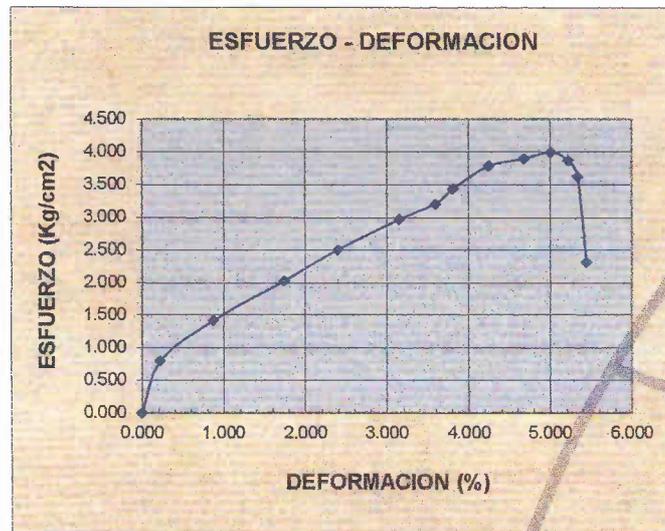
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.48 H (mm) 116.7  
Densidad (Kg/m3) 1705 D (mm) 67.6  
A (mm2) 3589.081

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3589.08	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.218	3596.91	0.078	0.792
7	501.92	40	1.016	0.871	3620.60	0.139	1.414
12	724.44	80	2.032	1.741	3652.68	0.198	2.023
16	902.45	110	2.794	2.394	3677.12	0.245	2.503
20	1080.47	145	3.683	3.156	3706.04	0.292	2.974
22	1169.47	165	4.191	3.591	3722.78	0.314	3.204
24	1258.48	175	4.445	3.809	3731.20	0.337	3.440
27	1391.99	195	4.953	4.244	3748.16	0.371	3.788
28	1436.50	215	5.461	4.680	3765.28	0.382	3.891
29	1481.00	230	5.842	5.006	3778.22	0.392	3.998
28	1436.50	240	6.096	5.224	3786.90	0.379	3.869
26	1347.49	245	6.223	5.332	3791.25	0.355	3.625
15	857.95	250	6.35	5.441	3795.612	0.226	2.306

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.00 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

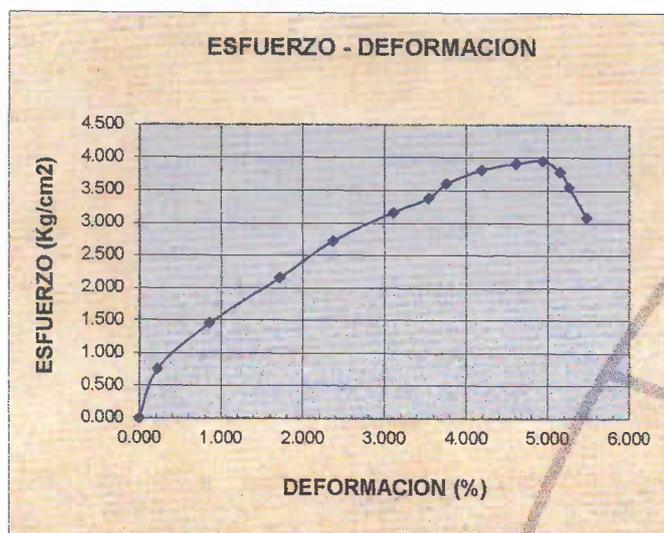
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.48 H (mm) 118.3  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1676 D (mm) 69.5  
A (mm<sup>2</sup>) 3793.669

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3793.67	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.215	3801.83	0.073	0.750
8	546.42	40	1.016	0.859	3826.53	0.143	1.457
14	813.44	80	2.032	1.718	3859.97	0.211	2.150
19	1035.96	110	2.794	2.362	3885.44	0.267	2.720
23	1213.98	145	3.683	3.113	3915.57	0.310	3.162
25	1302.99	165	4.191	3.543	3933.00	0.331	3.379
27	1391.99	175	4.445	3.757	3941.78	0.353	3.602
29	1481.00	195	4.953	4.187	3959.44	0.374	3.815
30	1525.50	215	5.461	4.616	3977.27	0.384	3.912
31	1547.76	230	5.842	4.938	3990.74	0.388	3.956
29	1481.00	240	6.096	5.153	3999.78	0.370	3.777
27	1391.99	245	6.223	5.260	4004.31	0.348	3.546
23	1213.98	255	6.477	5.475	4013.406	0.302	3.085

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 3.96 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

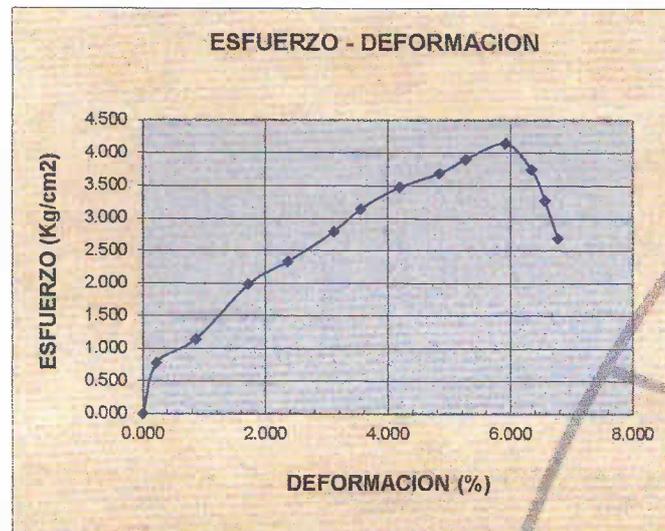
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.52 H (mm) 118.1  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1676 D (mm) 68.3  
A (mm<sup>2</sup>) 3663.796

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3663.80	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.215	3671.69	0.076	0.776
5	412.91	40	1.016	0.860	3695.59	0.112	1.140
12	724.44	80	2.032	1.721	3727.94	0.194	1.982
15	857.95	110	2.794	2.366	3752.57	0.229	2.332
19	1035.96	145	3.683	3.119	3781.73	0.274	2.794
22	1169.47	165	4.191	3.549	3798.60	0.308	3.140
25	1302.99	195	4.953	4.194	3824.18	0.341	3.475
27	1391.99	225	5.715	4.839	3850.11	0.362	3.688
29	1481.00	245	6.223	5.269	3867.59	0.383	3.906
31	1583.36	275	6.985	5.914	3894.11	0.407	4.147
28	1436.50	295	7.493	6.345	3912.00	0.367	3.745
24	1258.48	305	7.747	6.580	3921.00	0.321	3.274
19	1035.96	315	8.001	6.775	3930.048	0.264	2.689

Y(libras)=9,986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.15 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.

  
 Ing. Sandri Castro A.  
 ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

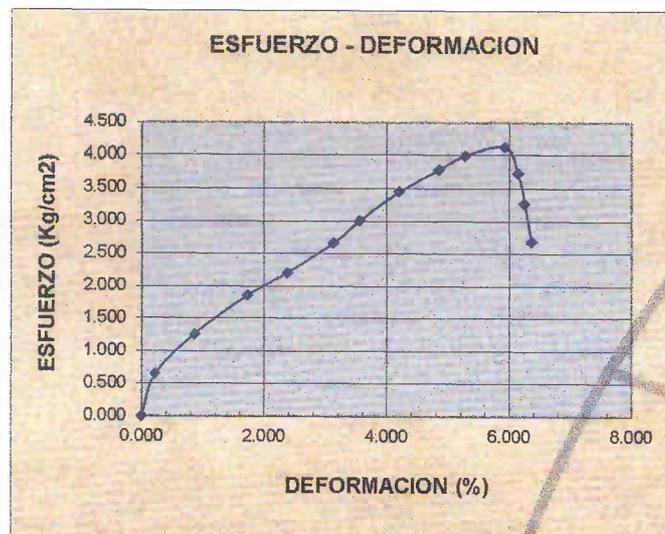
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.52 H (mm) 117.8  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1671 D (mm) 68.5  
A (mm<sup>2</sup>) 3685.285

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3685.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.216	3693.25	0.064	0.649
6	457.41	40	1.016	0.862	3717.35	0.123	1.255
11	679.93	80	2.032	1.725	3749.97	0.181	1.849
14	813.44	110	2.794	2.372	3774.82	0.215	2.198
18	991.46	145	3.683	3.126	3804.22	0.261	2.658
21	1124.97	165	4.191	3.558	3821.23	0.294	3.003
25	1302.99	195	4.953	4.205	3847.04	0.339	3.455
28	1436.50	225	5.715	4.851	3873.19	0.371	3.783
30	1525.50	245	6.223	5.283	3890.82	0.392	3.999
31	1587.81	275	6.985	5.930	3917.58	0.405	4.134
28	1436.50	285	7.239	6.145	3926.58	0.366	3.732
24	1258.48	290	7.366	6.253	3931.09	0.320	3.265
19	1035.96	295	7.493	6.361	3935.621	0.263	2.685

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.13 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 15%

**ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO**

% Humedad 33.52 H (mm) 118.3  
Densidad (Kg/m3) 1677 D (mm) 68.1  
A (mm2) 3642.370

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3642.37	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3650.21	0.064	0.656
5	412.91	40	1.016	0.859	3673.92	0.112	1.146
10	635.43	80	2.032	1.718	3706.03	0.171	1.749
13	768.94	110	2.794	2.362	3730.48	0.206	2.102
17	946.96	145	3.683	3.113	3759.41	0.252	2.569
20	1080.47	165	4.191	3.543	3776.15	0.286	2.919
24	1258.48	195	4.953	4.187	3801.53	0.331	3.377
28	1436.50	225	5.715	4.831	3827.26	0.375	3.828
30	1525.50	245	6.223	5.260	3844.61	0.397	4.047
31	1570.01	275	6.985	5.904	3870.93	0.406	4.137
28	1436.50	285	7.239	6.119	3879.78	0.370	3.777
21	1124.97	290	7.366	6.227	3884.22	0.290	2.954
20	1080.47	295	7.493	6.334	3888.675	0.278	2.834

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.14 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

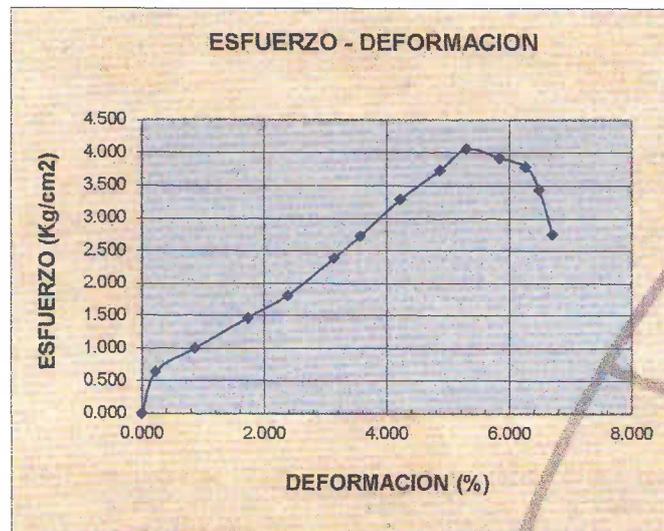
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 20%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 30.98 H (mm) 117.5  
Densidad (Kg/m3) 1658 D (mm) 69  
A (mm2) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.216	3747.38	0.063	0.639
4	368.41	40	1.016	0.865	3771.90	0.098	0.996
8	546.42	80	2.032	1.729	3805.08	0.144	1.465
11	679.93	110	2.794	2.378	3830.36	0.178	1.811
16	902.45	145	3.683	3.134	3860.28	0.234	2.385
19	1035.96	165	4.191	3.567	3877.59	0.267	2.725
24	1258.48	195	4.953	4.215	3903.84	0.322	3.288
28	1436.50	225	5.715	4.864	3930.45	0.365	3.728
31	1570.01	245	6.223	5.296	3948.39	0.398	4.056
30	1525.50	270	6.858	5.837	3971.06	0.384	3.918
29	1481.00	290	7.366	6.269	3989.37	0.371	3.787
26	1347.49	300	7.62	6.485	3998.59	0.337	3.437
20	1080.47	310	7.874	6.701	4007.858	0.270	2.750

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.05 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

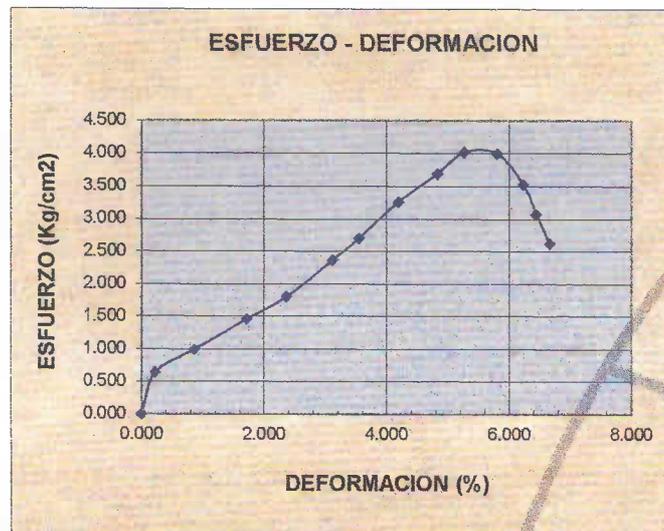
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-relave 20%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 30.98 H (mm) 118.2  
Densidad (Kg/m3) 1665 D (mm) 69.3  
A (mm2) 3771.867

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3771.87	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3779.99	0.062	0.634
4	368.41	40	1.016	0.860	3804.57	0.097	0.988
8	546.42	80	2.032	1.719	3837.84	0.142	1.452
11	679.93	110	2.794	2.364	3863.18	0.176	1.795
16	902.45	145	3.683	3.116	3893.17	0.232	2.364
19	1035.96	165	4.191	3.546	3910.52	0.265	2.702
24	1258.48	195	4.953	4.190	3936.83	0.320	3.261
28	1436.50	225	5.715	4.835	3963.50	0.362	3.697
31	1570.01	245	6.223	5.265	3981.48	0.394	4.022
31	1570.01	270	6.858	5.802	4004.19	0.392	3.999
27	1391.99	290	7.366	6.232	4022.54	0.346	3.530
23	1213.98	300	7.62	6.447	4031.78	0.301	3.071
19	1035.96	310	7.874	6.662	4041.066	0.266	2.615

$Y(\text{libras})=0,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.02 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor NORMA: ASTM D 2166

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua FECHA INFORME: 2/5/2023

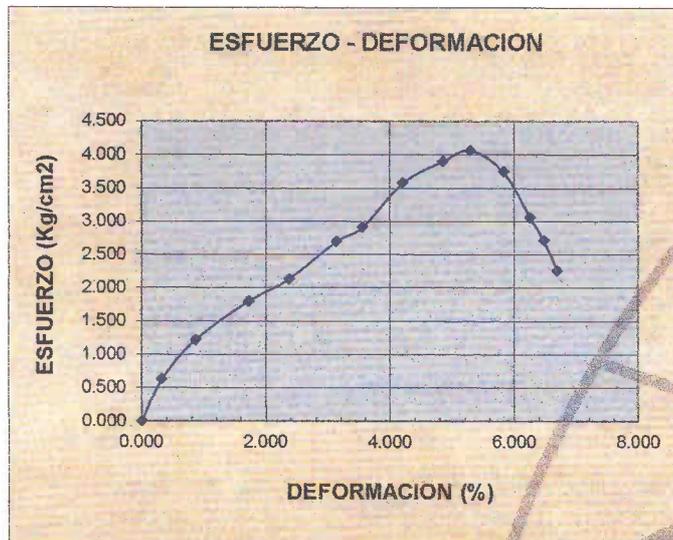
MUESTRA: suelo-relave 20%

**ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO**

% Humedad 30.98 H (mm) 117.7  
Densidad (Kg/m3) 1608 D (mm) 69.5  
A (mm2) 3793.669

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3793.67	0.000	0.000
1	234.90	15	0.381	0.324	3805.99	0.062	0.630
6	457.41	40	1.016	0.863	3826.70	0.120	1.219
11	679.93	80	2.032	1.726	3860.31	0.176	1.797
14	813.44	110	2.794	2.374	3885.91	0.209	2.135
19	1035.96	145	3.683	3.129	3916.21	0.265	2.698
21	1124.97	165	4.191	3.561	3933.74	0.286	2.917
27	1391.99	195	4.953	4.208	3960.33	0.351	3.585
30	1525.50	225	5.715	4.856	3987.27	0.383	3.902
32	1596.71	245	6.223	5.287	4005.44	0.399	4.066
29	1481.00	270	6.858	5.827	4028.39	0.368	3.750
23	1213.98	290	7.366	6.258	4046.94	0.300	3.060
20	1080.47	300	7.62	6.474	4056.28	0.266	2.717
16	902.45	310	7.874	6.690	4065.657	0.222	2.264

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 4.07 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

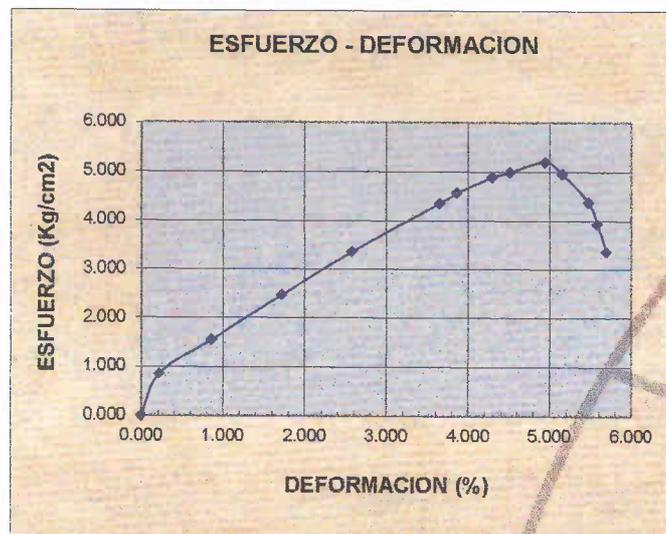
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.86 H (mm) 118.3  
Densidad (Kg/m3) 1635 D (mm) 70  
A (mm2) 3848.451

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3848.45	0.000	0.000
3	323.90	10	0.254	0.215	3856.73	0.084	0.857
9	590.93	40	1.016	0.859	3881.79	0.152	1.553
17	946.96	80	2.032	1.718	3915.71	0.242	2.467
25	1302.99	120	3.048	2.577	3950.23	0.330	3.364
34	1703.52	170	4.318	3.650	3994.24	0.426	4.350
36	1792.53	180	4.572	3.865	4003.16	0.448	4.567
39	1926.04	200	5.08	4.294	4021.12	0.479	4.886
40	1970.54	210	5.334	4.509	4030.17	0.489	4.987
42	2064.00	230	5.842	4.938	4048.37	0.510	5.200
40	1970.54	240	6.096	5.153	4057.54	0.486	4.954
35	1748.02	255	6.477	5.475	4071.36	0.429	4.379
31	1570.01	260	6.604	5.582	4075.99	0.385	3.929
26	1347.49	265	6.731	5.690	4080.630	0.330	3.368

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.20 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe  
CONTRATISTA: Magaly Gaibor  
LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

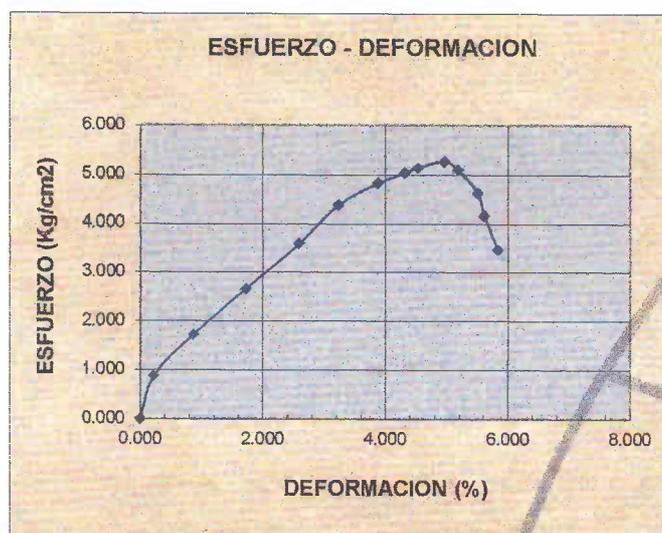
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.86 H (mm) 117.7  
Densidad (Kg/m3) 1641 D (mm) 69  
A (mm2) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
3	323.90	10	0.254	0.216	3747.37	0.086	0.882
10	635.43	40	1.016	0.863	3771.84	0.168	1.718
18	991.46	80	2.032	1.726	3804.97	0.261	2.658
26	1347.49	120	3.048	2.590	3838.69	0.351	3.580
33	1659.02	150	3.81	3.237	3864.37	0.429	4.379
37	1837.03	180	4.572	3.884	3890.40	0.472	4.816
39	1926.04	200	5.08	4.316	3907.95	0.493	5.027
40	1970.54	210	5.334	4.532	3916.78	0.503	5.132
41	2028.40	230	5.842	4.963	3934.57	0.516	5.258
40	1970.54	240	6.096	5.179	3943.53	0.500	5.097
36	1792.53	255	6.477	5.503	3957.04	0.453	4.621
32	1614.51	260	6.604	5.611	3961.56	0.408	4.157
26	1347.49	270	6.858	5.827	3970.637	0.339	3.462

$Y(\text{libras})=9,986 \cdot (x \text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.26 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

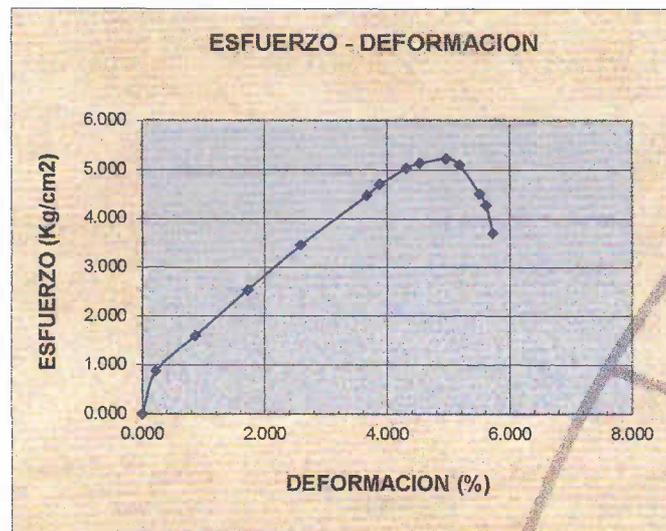
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 5%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 33.86 H (mm) 117.7  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1638 D (mm) 69  
A (mm<sup>2</sup>) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
3	323.90	10	0.254	0.216	3747.37	0.086	0.882
9	590.93	40	1.016	0.863	3771.84	0.157	1.598
17	946.96	80	2.032	1.726	3804.97	0.249	2.539
25	1302.99	120	3.048	2.590	3838.69	0.339	3.462
34	1703.52	170	4.318	3.669	3881.69	0.439	4.476
36	1792.53	180	4.572	3.884	3890.40	0.461	4.700
39	1926.04	200	5.08	4.316	3907.95	0.493	5.027
40	1970.54	210	5.334	4.532	3916.78	0.503	5.132
41	2015.05	230	5.842	4.963	3934.57	0.512	5.224
40	1970.54	240	6.096	5.179	3943.53	0.500	5.097
35	1748.02	255	6.477	5.503	3957.04	0.442	4.506
33	1659.02	260	6.604	5.611	3961.56	0.419	4.272
28	1436.50	265	6.731	5.719	3966.093	0.362	3.694

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.22 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe  
CONTRATISTA: Magaly Gaibor  
LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

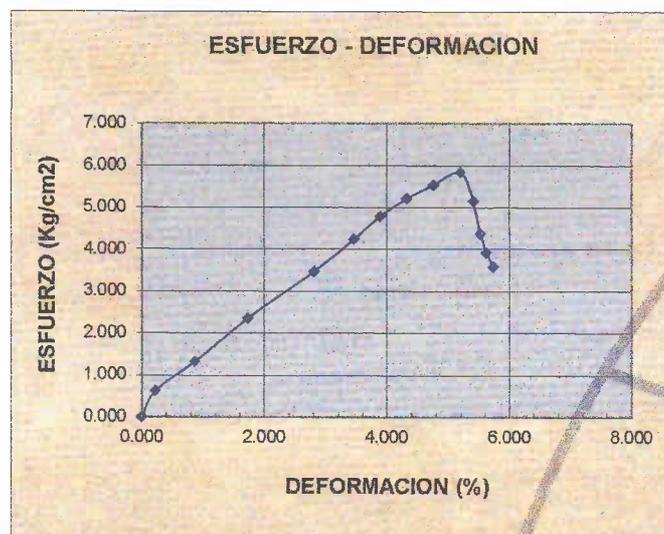
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.98 H (mm) 117.4  
Densidad (Kg/m3) 1680 D (mm) 70  
A (mm2) 3848.451

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3848.45	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.216	3856.80	0.061	0.621
7	501.92	40	1.016	0.865	3882.05	0.129	1.319
16	902.45	80	2.032	1.731	3916.23	0.230	2.350
26	1347.49	130	3.302	2.813	3959.83	0.340	3.471
33	1659.02	160	4.064	3.462	3986.45	0.416	4.245
38	1881.53	180	4.572	3.894	4004.40	0.470	4.793
42	2059.55	200	5.08	4.327	4022.51	0.512	5.222
45	2193.06	220	5.588	4.760	4040.78	0.543	5.536
48	2326.57	240	6.096	5.193	4059.23	0.573	5.846
42	2059.55	250	6.35	5.409	4068.51	0.506	5.163
35	1748.02	255	6.477	5.517	4073.17	0.429	4.377
31	1570.01	260	6.604	5.625	4077.84	0.385	3.927
28	1436.50	265	6.731	5.733	4082.518	0.352	3.589

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.85 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandry Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

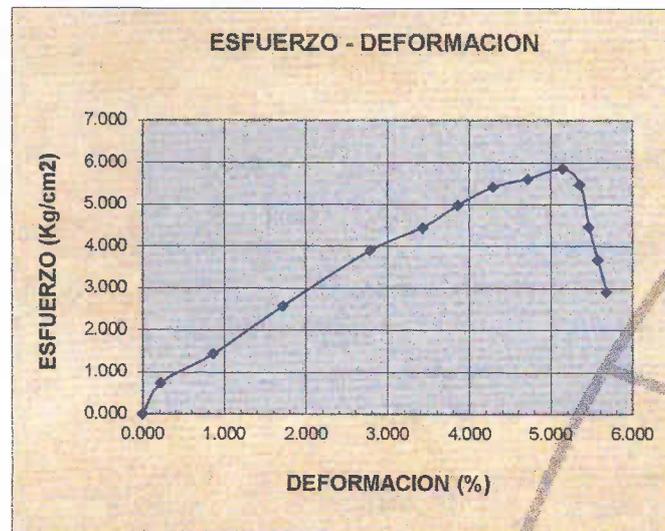
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.98 H (mm) 118.5  
Densidad (Kg/m3) 1683 D (mm) 70.2  
A (mm2) 3870.474

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3870.47	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.214	3878.79	0.072	0.735
8	546.42	40	1.016	0.857	3903.95	0.140	1.428
18	991.46	80	2.032	1.715	3938.00	0.252	2.568
30	1525.50	130	3.302	2.786	3981.42	0.383	3.908
35	1748.02	160	4.064	3.430	4007.93	0.436	4.449
40	1970.54	180	4.572	3.858	4025.80	0.489	4.993
44	2148.56	200	5.08	4.287	4043.83	0.531	5.419
46	2237.56	220	5.588	4.716	4062.02	0.551	5.619
48	2344.37	240	6.096	5.144	4080.38	0.575	5.860
45	2193.06	250	6.35	5.359	4089.62	0.536	5.470
36	1792.53	255	6.477	5.466	4094.26	0.438	4.466
29	1481.00	260	6.604	5.573	4098.91	0.361	3.685
22	1169.47	265	6.731	5.680	4103.563	0.285	2.907

Y(libras)=9,986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.86 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

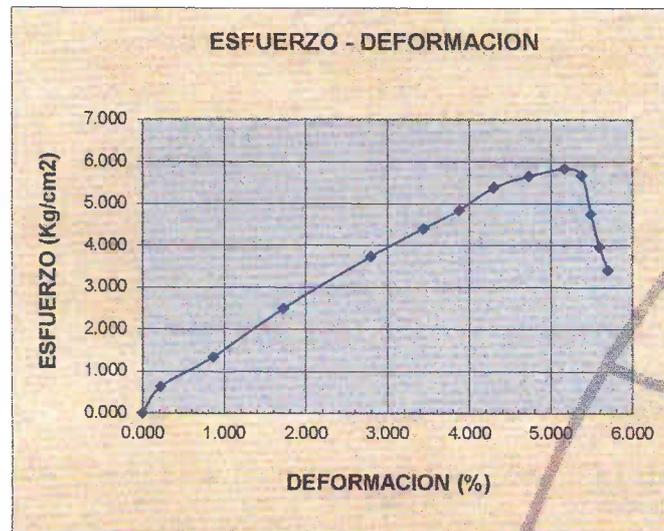
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 10%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.98 H (mm) 118.1  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1689 D (mm) 69.6  
A (mm<sup>2</sup>) 3804.594

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3804.59	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3812.79	0.062	0.628
7	501.92	40	1.016	0.860	3837.61	0.131	1.334
17	946.96	80	2.032	1.721	3871.20	0.245	2.495
28	1436.50	130	3.302	2.796	3914.03	0.367	3.744
34	1703.52	160	4.064	3.441	3940.18	0.432	4.410
38	1881.53	180	4.572	3.871	3957.81	0.475	4.849
43	2104.05	200	5.08	4.301	3975.60	0.529	5.398
46	2215.31	220	5.588	4.732	3993.55	0.555	5.658
47	2295.42	240	6.096	5.162	4011.67	0.572	5.836
46	2237.56	250	6.35	5.377	4020.78	0.556	5.676
38	1881.53	255	6.477	5.484	4025.36	0.467	4.768
31	1570.01	260	6.604	5.592	4029.94	0.390	3.974
26	1347.49	265	6.731	5.699	4034.539	0.334	3.407

$Y(\text{libras})=9,9986 \cdot (x_{\text{div}})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.84 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

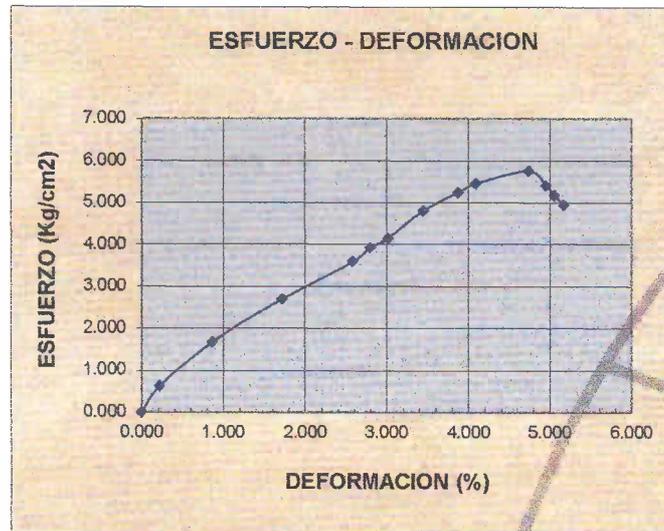
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 15%

**ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO**

% Humedad 32.21 H (mm) 118  
Densidad (Kg/m3) 1686 D (mm) 70  
A (mm2) 3848.451

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3848.45	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3856.75	0.061	0.621
10	635.43	40	1.016	0.861	3881.87	0.164	1.670
19	1035.96	80	2.032	1.722	3915.88	0.265	2.698
27	1391.99	120	3.048	2.583	3950.49	0.352	3.594
30	1525.50	130	3.302	2.798	3959.24	0.385	3.930
32	1614.51	140	3.556	3.014	3968.03	0.407	4.150
38	1881.53	160	4.064	3.444	3985.72	0.472	4.815
42	2059.55	180	4.572	3.875	4003.57	0.514	5.247
44	2148.56	190	4.826	4.090	4012.56	0.535	5.462
47	2282.07	220	5.588	4.736	4039.76	0.565	5.762
44	2148.56	230	5.842	4.951	4048.91	0.531	5.413
42	2059.55	235	5.969	5.058	4053.50	0.508	5.183
40	1970.54	240	6.096	5.166	4058.096	0.486	4.953

$Y(\text{libras})=0,9986 \cdot (x \text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.76 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**PROYECTO:** Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

**CONTRATISTA:** Magaly Gaibor

**LOCALIZACION:** Sto. Domingo de Cutuglahua

**NORMA:** ASTM D 2166

**FECHA INFORME:** 2/5/2023

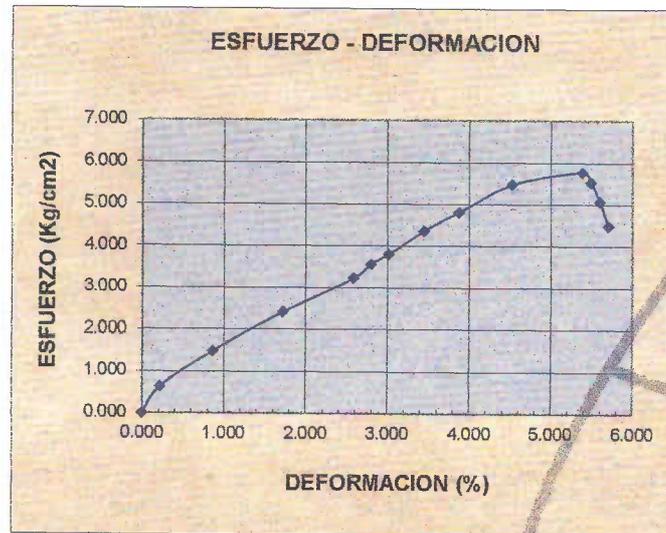
**MUESTRA:** suelo-mortero 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.21 H (mm) 118  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1671 D (mm) 69  
A (mm<sup>2</sup>) 3739.281

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3739.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3747.35	0.063	0.639
8	546.42	40	1.016	0.861	3771.76	0.145	1.478
16	902.45	80	2.032	1.722	3804.80	0.237	2.419
23	1213.98	120	3.048	2.583	3838.43	0.316	3.226
26	1347.49	130	3.302	2.798	3846.93	0.350	3.573
28	1436.50	140	3.556	3.014	3855.47	0.373	3.800
33	1659.02	160	4.064	3.444	3872.66	0.428	4.370
37	1837.03	180	4.572	3.875	3890.00	0.472	4.817
43	2104.05	210	5.334	4.520	3916.31	0.537	5.480
46	2237.56	250	6.35	5.381	3951.95	0.566	5.775
44	2148.56	255	6.477	5.489	3956.45	0.543	5.539
40	1970.54	260	6.604	5.597	3960.96	0.497	5.074
35	1748.02	265	6.731	5.704	3965.481	0.441	4.496

$Y(\text{libras})=9,9866*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.78 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe  
CONTRATISTA: Magaly Gaibor  
LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

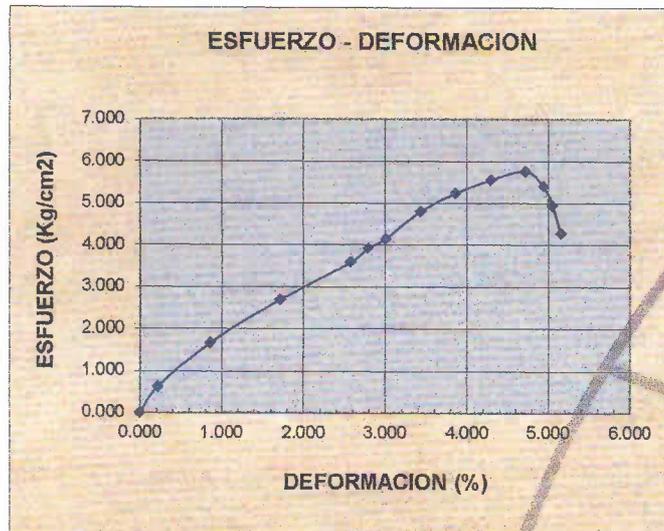
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 15%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 32.21 H (mm) 118.3  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1684 D (mm) 70  
A (mm<sup>2</sup>) 3848.451

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3848.45	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3856.73	0.061	0.621
10	635.43	40	1.016	0.859	3881.79	0.164	1.670
19	1035.96	80	2.032	1.718	3915.71	0.265	2.699
27	1391.99	120	3.048	2.577	3950.23	0.352	3.594
30	1525.50	130	3.302	2.791	3958.95	0.385	3.930
32	1614.51	140	3.556	3.006	3967.72	0.407	4.151
38	1881.53	160	4.064	3.435	3985.36	0.472	4.816
42	2059.55	180	4.572	3.865	4003.16	0.514	5.248
45	2193.06	200	5.08	4.294	4021.12	0.545	5.563
47	2282.07	220	5.588	4.724	4039.25	0.565	5.763
44	2148.56	230	5.842	4.938	4048.37	0.531	5.413
40	1970.54	235	5.969	5.046	4052.95	0.486	4.959
34	1703.52	240	6.096	5.153	4057.536	0.420	4.282

Y(libras)=9,9986\*(x/div)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.76 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri-Castro A.  
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

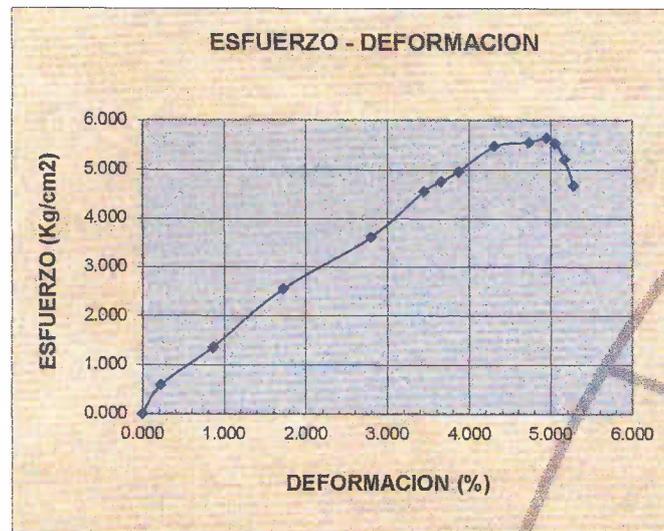
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 20%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

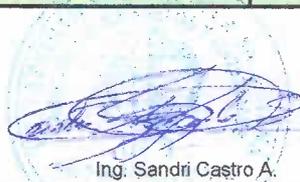
% Humedad 31.84 H (mm) 118  
Densidad (Kg/m3) 1691 D (mm) 72  
A (mm2) 4071.504

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	4071.50	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	4080.29	0.058	0.587
8	546.42	40	1.016	0.861	4106.86	0.133	1.357
19	1035.96	80	2.032	1.722	4142.85	0.250	2.551
29	1481.00	130	3.302	2.798	4188.72	0.354	3.606
38	1881.53	160	4.064	3.444	4216.73	0.446	4.551
40	1970.54	170	4.318	3.659	4226.15	0.466	4.756
42	2059.55	180	4.572	3.875	4235.62	0.486	4.960
47	2282.07	200	5.08	4.305	4254.67	0.536	5.471
48	2326.57	220	5.588	4.736	4273.90	0.544	5.553
49	2371.08	230	5.842	4.951	4283.58	0.554	5.646
48	2326.57	235	5.969	5.058	4288.43	0.543	5.534
45	2193.06	240	6.096	5.166	4293.30	0.511	5.210
40	1970.54	245	6.223	5.274	4298.178	0.458	4.676

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.65 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandri Castro A.

ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

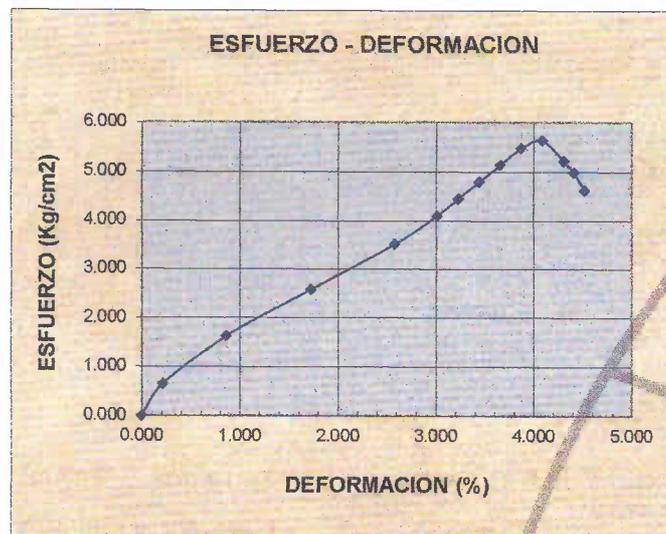
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 20%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 31.84 H (mm) 118.1  
Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) 1690 D (mm) 68.5  
A (mm<sup>2</sup>) 3685.285

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm <sup>2</sup>	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	3685.28	0.000	0.000
1	234.90	10	0.254	0.215	3693.23	0.064	0.649
9	590.93	40	1.016	0.860	3717.26	0.159	1.621
17	946.96	80	2.032	1.721	3749.80	0.253	2.576
25	1302.99	120	3.048	2.581	3782.92	0.344	3.513
30	1525.50	140	3.556	3.011	3799.69	0.401	4.095
33	1659.02	150	3.81	3.226	3808.14	0.436	4.444
36	1792.53	160	4.064	3.441	3816.62	0.470	4.791
39	1926.04	170	4.318	3.656	3825.14	0.504	5.136
42	2059.55	180	4.572	3.871	3833.70	0.537	5.480
43	2121.85	190	4.826	4.086	3842.29	0.552	5.633
40	1970.54	200	5.08	4.301	3850.93	0.512	5.219
38	1881.53	205	5.207	4.409	3855.26	0.488	4.978
35	1748.02	210	5.334	4.517	3859.604	0.453	4.620

$Y(\text{libras})=9,9986*(x\text{div})+42,775$



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.63 Kg/cm <sup>2</sup>	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

PROYECTO: Tesis: Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos.  
Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe

CONTRATISTA: Magaly Gaibor

LOCALIZACION: Sto. Domingo de Cutuglahua

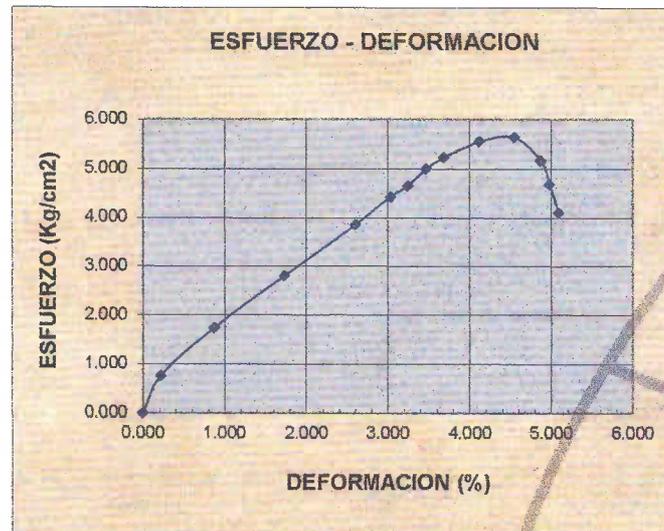
NORMA: ASTM D 2166  
FECHA INFORME: 2/5/2023  
MUESTRA: suelo-mortero 20%

### ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA EN SUELO

% Humedad 31.84 H (mm) 117.3  
Densidad (Kg/m3) 1686 D (mm) 68.7  
A (mm2) 3706.836

Lectura de Carga (Def)	Carga N	Lectura Def K = 0,001	Delta H mm	Def unitaria %	Area corr mm2	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo kg/cm2
0	0	0	0	0.000	3706.84	0.000	0.000
2	279.40	10	0.254	0.217	3714.88	0.075	0.767
10	635.43	40	1.016	0.866	3739.22	0.170	1.733
19	1035.96	80	2.032	1.732	3772.18	0.275	2.801
28	1436.50	120	3.048	2.598	3805.73	0.377	3.850
33	1659.02	140	3.556	3.032	3822.72	0.434	4.427
35	1748.02	150	3.81	3.248	3831.28	0.456	4.654
38	1881.53	160	4.064	3.465	3839.87	0.490	4.998
40	1970.54	170	4.318	3.681	3848.51	0.512	5.223
43	2104.05	190	4.826	4.114	3865.89	0.544	5.551
44	2148.56	210	5.334	4.547	3883.43	0.553	5.643
40	1970.54	225	5.715	4.872	3896.69	0.506	5.158
36	1792.53	230	5.842	4.980	3901.13	0.459	4.687
31	1570.01	235	5.969	5.089	3905.577	0.402	4.100

Y(libras)=9,9986\*(xdiv)+42,775



RESULTADOS	DESCRIPCION
qu = 5.64 Kg/cm2	Limo elástico arenoso, color negruzco.



Ing. Sandra Castro A.

ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO (E)

LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente, Yo Davide Besenzon Venegas, Coordinador del Programa de Maestría en Geotecnia de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), certifico que:

Con fecha 14 de marzo de 2022, la estudiante Aurelia Magaly Gaibor Lombeida con número de identificación 1718749169, de la Cohorte 3, presentó la propuesta de su tema de titulación al Comité Académico del programa. Posteriormente, con fecha 01 de abril de 2022, el Comité revisó y aprobó la propuesta mediante la resolución FICT-CA-GEOTEC-009-2022, cumpliendo con los requisitos establecidos para la aprobación del tema.

A partir de dicha aprobación, la estudiante mantuvo reuniones periódicas con el tutor designado, Samantha Tamara Jiménez Oyola, para la elaboración y desarrollo de su proyecto de titulación, siguiendo los lineamientos establecidos por el programa. Con fecha 24 de junio de 2023, la estudiante presentó y sustentó su proyecto de titulación ante el tribunal evaluador asignado, cumpliendo con el proceso formal de evaluación académica.

Por lo tanto, en calidad de Coordinador del Programa de Maestría en Geotecnia, certifico que el trabajo de titulación denominado **"Propuesta de re-utilización de relaves mineros en la estabilización de suelos arcillosos. Caso de estudio: relaves mineros de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe"**, realizado por la estudiante Aurelia Magaly Gaibor Lombeida con número de identificación 1718749169, ha sido revisado y evaluado conforme a los lineamientos y estándares establecidos por el programa.

Debido a circunstancias externas, no ha sido posible obtener las firmas de los involucrados (estudiante, tutor(es) y/o evaluadores). No obstante, en calidad de Coordinador del Programa, certifico que el proyecto cumple con los requisitos académicos y ha sido revisado para su presentación y archivo institucional.

Atentamente,



M. Sc. Davide Besenzon Venegas  
**Coordinador de la Maestría en Geotecnia**