

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Uso de escorias siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Jhamir Alessander Llatas Contreras

ASESOR

Juan Merino Roncero

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

Chiclayo, 2023

**Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el
mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en
suelos arcillosos**

PRESENTADA POR

Jhamir Alessander Llatas Contreras

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Fidel Ortiz Zapata

PRESIDENTE

Ángel Alberto Lorrén Palomino

SECRETARIO

Juan Merino Roncero

VOCAL

Dedicatoria

A mi madre Fanny y mi padre José, este logro es el reflejo de su amor y la recompensa de su infinito apoyo.

A mis hermanos, su cariño y complicidad han sido un motor en mi vida.

A mí mismo, por nunca rendirme, por perseverar en los momentos difíciles y por mantenerme enfocado en mi objetivo. Este logro es el resultado de mi esfuerzo y dedicación.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por brindarme salud y cuidar de mi familia. A mis queridos padres, José y Fanny, y a mi hermano Jeriff, les agradezco de todo corazón por su amor incondicional, su sacrificio y su constante apoyo en mi camino para convertirme en un profesional. Gracias por estar siempre a mi lado y por creer en mí.

Asimismo, agradezco a mis amigos “Famspa” y a mi enamorada Marjhory que ocupa un lugar especial en mi vida, sus ánimos y consejos han sido fundamentales para mantenerme enfocado y motivado durante la etapa final de este proyecto.

Por último, quiero agradecer a todos mis docentes, con especial reconocimiento a mi asesor de tesis, el Ing. Merino, por su invaluable contribución al transmitirme sus conocimientos, su dedicación y su paciencia.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%
8	WSP PERU S.A.. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Julcani-IGA0004142", R.D. N° 233-2009-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1%

Índice

Resumen	13
Abstract	14
Introducción.....	15
Revisión de literatura.....	19
Materiales y métodos	24
Resultados y discusión	60
Conclusiones	86
Recomendaciones	88
Referencias.....	89
Anexos	92

Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variable Independiente.....	24
Tabla 2. Operacionalización de Variable Dependiente.....	25
Tabla 3. Operacionalización de Variables Intervinientes.....	25
Tabla 4. Muestreo para el Grupo de Control.....	27
Tabla 5. Muestreo para el Grupo Experimental.....	28
Tabla 6. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con cal 4%.....	44
Tabla 7. ACU - Trazo, Replanteo y Controles Topográficos.....	45
Tabla 8. ACU - Excavación a nivel de subrasante.....	45
Tabla 9. ACU - Batido de material con cal viva 4% - Subrasante e=60cm.....	46
Tabla 10. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante.....	46
Tabla 11. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con cemento 9%.....	47
Tabla 12. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos.....	47
Tabla 13. ACU - Excavación a nivel de subrasante.....	48
Tabla 14. ACU - Batido de material con cemento 9% - Subrasante e=60cm.....	48
Tabla 15. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante.....	49
Tabla 16. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias EAF 5%.....	49
Tabla 17. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos.....	50
Tabla 18. ACU - Excavación a nivel de subrasante.....	50
Tabla 19. ACU - Batido de material con escorias EAF 5% - Subrasante e=60cm.....	51
Tabla 20. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante.....	51
Tabla 21. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias 15%.....	52
Tabla 22. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos.....	52
Tabla 23. ACU - Excavación a nivel de subrasante.....	53
Tabla 24. ACU - Batido de material con escorias EAF 15% - Subrasante e=60cm.....	53
Tabla 25. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante.....	54

Tabla 26. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias 25%	54
Tabla 27. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos.....	55
Tabla 28. ACU - Excavación a nivel de subrasante	55
Tabla 29. ACU - Batido de material con escorias EAF 25% - Subrasante e=60cm	56
Tabla 30. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante	56
Tabla 31. Coeficiente de Uniformidad y Curvatura.....	60
Tabla 32. Contenido de Humedad.....	60
Tabla 33. Límites de Atterberg.....	61
Tabla 34. Clasificación Sistema SUCS y AASHTO.....	61
Tabla 35. Contenido de sales solubles totales, sulfatos y cloruros.....	62
Tabla 36. Análisis físico-químico de la muestra de agua.....	62
Tabla 37. Caracterización de las Escorias EAF	63
Tabla 38. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad.....	63
Tabla 39. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1	64
Tabla 40. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2.....	65
Tabla 41. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3.....	65
Tabla 42. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-1	67
Tabla 43. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-2	68
Tabla 44. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-3	69
Tabla 45. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 5% de Escorias EAF.....	71
Tabla 46. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 15% de Escorias EAF.....	71
Tabla 47. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 25% de Escorias EAF.....	71
Tabla 48. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 5% de Escorias EAF.....	73
Tabla 49. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 15% de Escorias EAF.....	74
Tabla 50. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 25% de Escorias EAF.....	74

Tabla 51. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 5% de Escorias EAF.....	76
Tabla 52. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 15% de Escorias EAF.....	77
Tabla 53. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 25% de Escorias EAF.....	77
Tabla 54. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad.....	79
Tabla 55. Resumen del Ensayo de CBR de la muestra con 75% de Escorias EAF	80
Tabla 56. Resumen comparativo del presupuesto para mejorar 1 km de subrasante arcillosa e=0.60m.....	81

Lista de figuras

Figura 1. Procedimiento para el tipo de estabilización	22
Figura 2. Ubicación de la zona de extracción de muestras	31
Figura 3. Ubicación Planta Siderúrgica SIDERPERÚ.....	33

Lista de gráficos

Gráfico 1. Gráfico del Proctor Modificado de las Calicatas C-1, C-2, C-3	64
Gráfico 2. CBR a 2.54 cm (1 in.) de penetración	66
Gráfico 3. CBR a 5.08 cm (2 in.) de penetración	66
Gráfico 4. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-1 con adición	68
Gráfico 5. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-2 con adición	69
Gráfico 6. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-3 con adición	70
Gráfico 7. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-1 con adición de Escorias EAF	72
Gráfico 8. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-1 con adición de Escorias EAF	73
Gráfico 9. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-2 con adición de Escorias EAF	75
Gráfico 10. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-2 con adición de Escorias EAF	76
Gráfico 11. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-3 con adición de Escorias EAF	78
Gráfico 12. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-3 con adición de Escorias EAF	78
Gráfico 13. Gráfico del Proctor Modificado de la muestra con 75% de Escorias EAF	79
Gráfico 14. CBR a 2.54 cm (1 in.) de penetración	80
Gráfico 15. CBR a 5.08 cm (2 in.) de penetración	81

Lista de fotografías

Fotografía 1. Toma de muestras del suelo arcilloso	32
Fotografía 2. Entrega de Escorias EAF (Horno Arco Eléctrico) por parte de SIDERPERU.	34
Fotografía 3. Pesaje de las muestras para determinar el contenido de humedad de los suelos	35
Fotografía 4. Tamices empleados para realizar el ensayo de análisis granulométrico	36
Fotografía 5. Ensayo para determinar el límite líquido utilizando la Copa de Casa Grande..	37
Fotografía 6. Barras de 3.2 mm de espesor para determinar el límite plástico de las muestras de suelo arcilloso	37
Fotografía 7. Secado del suelo en un ambiente controlado para realizar el ensayo de Proctor modificado.....	38
Fotografía 8. Máquina de Abrasión de los Ángeles utilizada para triturar el material empleado en los ensayos de Proctor Modificado y CBR	39
Fotografía 9. Tamizado por la malla N°4 del suelo triturado	39
Fotografía 10. Colocación y almacenamiento del suelo arcilloso más las escorias EAF en bolsas herméticas.....	40
Fotografía 11. Compactación de las muestras del suelo utilizando energía modificada mediante el método A	41
Fotografía 12. Moldes con las muestras de suelos arcillosos sumergidos en su totalidad a un nivel constante por un periodo de 4 días.	42
Fotografía 13. Toma de las lecturas del Ensayo de Penetración para determinar el valor de CBR.....	43

Lista de anexos

Anexo 1. Informe emitido por la universidad hacia la empresa siderúrgica SIDERPERÚ, para solicitar el material de escorias siderúrgicas.	92
Anexo 2. Guía de remisión sobre entrega de la donación de Escoria Horno Arco Eléctrico (EAF).....	93
Anexo 3. Panel Fotográfico	94
Anexo 4. Resultados de ensayos de laboratorio.....	114

Resumen

En esta investigación se enfoca en los problemas que tienen los suelos arcillosos en las subrasantes. Por lo que se tiene como objetivo principal en mejorar las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad usando escorias siderúrgicas en porcentajes de 5%, 15% y 25% en función del peso de suelo. De acuerdo con los ensayos elaborados a las muestras patrón bajo los parámetros de la normativa del MTC, se pudo clasificar mediante el sistema SUCS y AASHTO las muestras obtenidas como arcillas de baja y alta plasticidad. Para poder cumplir con el objetivo principal y demostrar la hipótesis se realizaron ensayos de laboratorio como es el Proctor modificado y CBR de suelos. Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora en las propiedades mecánicas de las mezclas de Escorias de Horno de Arco Eléctrico (EAF) con suelos arcillosos. Se pudo observar que a mayor porcentaje de adición de escoria EAF, y la MDS y los valores de la capacidad de resistencia a la penetración CBR del suelo arcilloso aumentaba. Es por ello, el contenido óptimo de adición de Escorias EAF para esta investigación es la del 25% en función al peso del suelo. Con el análisis costo-beneficio se concluye que el uso de escorias EAF en los porcentajes establecidos en esta investigación para mejorar las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos resulta ser beneficioso desde el punto de vista económico en comparación con el uso de Cal Viva y Cemento Portland. Además, se propuso las especificaciones técnicas para utilizar escorias EAF en el mejoramiento de suelos arcillosos.

Palabras clave: suelos arcillosos, escorias horno arco eléctrico, subrasantes, estabilización, CBR, máxima densidad seca

Abstract

This research focuses on the problems that clay soils have in subgrades. Therefore, the main objective is to improve the mechanical properties of subgrades in clay soils with different plasticity indexes using steel slag in percentages of 5%, 15%, and 25% by weight of soil. According to the tests conducted on the standard samples under the parameters of the MTC regulations, the samples obtained were classified as low and high plasticity clays using the SUCS and AASHTO systems. In order to achieve the main objective and test the hypothesis, laboratory tests such as Modified Proctor and CBR (California Bearing Ratio) were performed on the soils. The results obtained showed an improvement in the mechanical properties of the mixtures of Electric Arc Furnace (EAF) slag with clay soils. It was observed that the higher the percentage of EAF slag addition, the higher the MDS (Maximum Dry Density) and the CBR values of the clay soil increased. Therefore, the optimal content of EAF slag addition for this research is 25% by weight of the soil. Based on the cost-benefit analysis, it can be concluded that the use of EAF slag in the percentages established in this research to improve the mechanical properties of subgrades in clay soils is economically beneficial compared to the use of Quicklime and Portland Cement. Furthermore, technical specifications were proposed for the use of EAF slag in the improvement of clay soils.

Keywords: clay soils, electric arc furnace slag, subgrades, stabilization, CBR, maximum dry density.

Introducción

Dado que a nivel mundial existen países que cuentan con grandes industrias de producción de acero, estos presentan problemas financieros y ambientales que están relacionados con la gran cantidad de escoria siderúrgica que se genera cada año. Un buen manejo de las escorias siderúrgicas no solo ayudaría a la necesidad de eliminación que tienen las industrias, sino también disminuye la utilización de los recursos naturales [1].

Por consiguiente, se elaboran aproximadamente de 30 millones de Tn. de escoria de acero a nivel mundial y como solución actual solamente es acumularlos en vertederos, lo que significaría grandes gastos para las industrias y además resulta ser una práctica no sostenible [2].

En los últimos 20 años ha habido un aumento de interés por utilizar nuevos materiales para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos, con la intención de poder preservar los recursos naturales como también disminuir el espacio ocupado al final de su ciclo en las escombreras, impactando negativamente el medio ambiente [3]. Por lo que, el uso de las escorias provenientes de plantas siderúrgicas podrían ser una buena alternativa al momento de elegir un material para mejorar estas propiedades, en específico, de los suelos arcillosos.

Diversos estudios han indicado que la escoria de acero se puede emplear para diferentes aplicaciones como: agregado para la construcción de carreteras, agregados para concreto, como material cementante, sin embargo, se han realizado pocos estudios de investigación acerca de del empleo de la escoria de acero con el objetivo de mejorar suelos del tipo arcilloso [4].

En febrero del 2021, El Ministerio del Ambiente (Minam) firmó con SIDERPERÚ un Acuerdo de Producción Limpia (APL) con respecto a los residuos sólidos para poder minimizar la generación de estos, dónde se le asume responsabilidades para que SIDERPERÚ implemente de manera voluntaria, en la cual está incluido la acción de llevar a la práctica un estudio que incentive el aprovechamiento y valoración del residuo de escorias EAF, para permitir que dicho material se pueda emplear en el ámbito constructivo, es decir, para la pavimentación de vías, losas, como también en la fabricación de algunos materiales de construcción, dónde tendrá como objetivo nuevos productos y beneficios para la sociedad [5].

Por otro lado, los suelos con alto porcentaje de arcillas es común que presenten poca resistencia y comportamiento de asentamiento elevado. Puesto que al encontrarnos con este tipo de suelos se le atribuye una caracterización de un suelo problemático en el ámbito de la construcción. De la misma manera, con el flujo lento de agua debido a la baja permeabilidad de las arcillas trae como consecuencias daños en las infraestructuras [6]. Según la Oficina de

Seguridad Nacional de Wyoming en el año 2014, EE. UU. pierde alrededor de \$2300 millones al año a causa de daños estructurales en los que se incluye: edificios, carreteras, tuberías y otros; como resultado del comportamiento expansivo de los suelos expansivos [7].

Ahora bien, en el Perú la gran mayoría de vías, no tienen una superficie de rodadura pavimentada, pues están formadas a nivel de subrasante natural, donde la mayoría de los casos son suelos arcillosos, es decir presentan un CBR $< 6\%$ que se le define como una subrasante pobre o inadecuada, estos suelos en presencia de las frecuentes e intensas lluvias que se da a nivel nacional y en gran magnitud en la zona geográfica de la sierra, se ven afectadas en su estructura formándose baches, hundimientos, ahuellamientos, entre otros, en toda la superficie debido a la baja capacidad de soporte, trayendo esto así con el tiempo gran malestar en los transportistas incluyendo aspectos más graves que vienen a ser los accidentes, también dificultando y generando problemas toda la población que se dirija a sus puestos de trabajos o personas que requieran de atención médica urgente donde necesiten viajar a ciudades capitales para su atención, la misma que se verá afectada al circular por estas vías.

Teniendo en cuenta los manuales de carreteras y normativas vigentes, se tienen técnicas para llevar a cabo la mejora de propiedades mecánicas para este tipo de suelos. Como alternativas de solución más viables para el mejoramiento de subrasantes es el reemplazo del suelo arcilloso con material de mejores propiedades, lo que disminuiría o eliminaría el problema por completo, no obstante, realizar este tipo de procedimiento tiene costos muy elevados. Así mismo, se tiene el mejoramiento mediante la adición de cemento, geosintéticos, cal entre otros, siendo más viable que la anterior, sin embargo, mantendría costos elevados para el mantenimiento o construcción de carreteras [8].

Entonces, se formula el siguiente problema de la investigación que es: ¿De qué manera mejora las propiedades mecánicas de las subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad el uso de las escorias siderúrgicas?

Justificación de la Investigación

A partir de ello, surgen los motivos por lo cual nos llevan a justificar la presente investigación, puesto que se busca mejorar subrasantes que estén compuestas por suelos arcillosos, con el uso de escorias siderúrgicas con el fin de aumentar sus propiedades mecánicas con el objetivo de alcanzar una categoría como subrasante de clasificación buena-excelente para lograr cumplir con los estándares del manual de carreteras vigente (MC-05-14).

En el aspecto social; se va a permitir mejorar tanto las condiciones como el estilo de vida de las personas cuyas ciudades o localidades estén interconectadas mediante estas redes viales, lo cual les permitirá llegar a sus lugares de trabajo, servicios de emergencia médica y llevar a cabo

otras actividades en un tiempo adecuado, casos en los que no se dará o no será posible lograr mientras la problemática ya mencionada esté presente, que como bien se sabe son muchas las carreteras que se encuentran en pésimo estado, lo cual también impacta negativamente en la experiencia de los transportistas que transitan por ellas. Con la presente investigación, haciendo uso de las escorias siderúrgicas se espera mejorar subrasantes de este tipo, evitando así los accidentes que se den por esta problemática o peligros que conllevan este tipo de suelos. También se logra brindar una solución a las industrias que manejan estos residuos y así quitarles un peso de encima para disminuir los costos de acumulación que representan, que como bien se sabe, el ministerio de cultura les obliga tener un Acuerdo de Producción Limpia (APL), dónde se le incluye que tengan estudios de viabilidad para evaluar y aprovechar de manera efectiva el residuo de escorias de acero, brindando así una oportunidad de valorización y utilización adecuada. [5].

En cuanto al aspecto ambiental; permitirá disminuir el uso de recursos naturales, como la extracción de las rocas de cal o el mismo material de reemplazo de las canteras, que sirven para mejorar las propiedades de suelos arcillosos, asimismo reducir los residuos sólidos generados por las industrias, incitando así el uso de la escoria de acero.

En el aspecto económico los costos de escorias provenientes de plantas siderúrgicas pueden llegar a ser menores comparados a otros productos que se usan para mejorar los suelos, como vienen a ser la cal y cemento [8]. Reynaga y Rodríguez (2020), en su estudio plantearon diversas rutas de factibilidad para la compra y transportación de escoria de acero, la cual se estimó que desde Chimbote hasta la región de Lambayeque el costo compra-transporte fue de S/.0.11 por kg de escoria [9].

Ahora bien, en el aspecto técnico y científico; mediante esta investigación buscará encontrar un nuevo estímulo, que viene a ser la escoria de acero, para adicionar a las subrasantes pobres o inadecuadas, promoviendo así a las empresas públicas y privadas utilizar este residuo e implementar en sus proyectos, para poder mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, dado que en la actualidad su aplicación sigue siendo limitada, en efecto también ayudará a investigadores futuros interesados en la rama de esta línea de investigación.

Objetivos de la Investigación

Para el presente estudio se tiene el **Objetivo General:** Mejorar las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad usando escorias siderúrgicas en porcentajes de 5%, 15% y 25% en función del peso de suelo. Así también los **Objetivos Específicos:** Determinar el coeficiente de uniformidad y curvatura, el contenido de humedad y límites de Atterberg de los 3 tipos de muestra patrón. Determinar la máxima densidad seca (MDS) y capacidad resistente como subrasante (CBR), correspondientes a las propiedades mecánicas de los 3 tipos de suelo patrón. Determinar la máxima densidad seca, aplicado al grupo experimental con las diferentes dosificaciones de escorias siderúrgicas (5%, 15% y 25%). Determinar la capacidad resistente como subrasante, mediante el ensayo de CBR aplicado al grupo experimental incorporando escorias siderúrgicas (5%, 15% y 25%). Comparar como mejora la subrasante con las diferentes dosificaciones de escorias siderúrgicas que se está proponiendo para incorporar. Proponer la dosificación más óptima del contenido de escorias siderúrgicas, como también el análisis costo-beneficio del uso de escorias siderúrgicas para mejorar subrasantes en suelos arcillosos. Proponer las especificaciones técnicas del proceso constructivo para el uso de escorias siderúrgicas para mejorar subrasantes en suelos arcillosos.

Revisión de literatura

En la presente investigación se tiene lo siguiente:

Antecedentes

Al realizar la investigación se encontraron los siguientes antecedentes:

Ocupa y Troyes (2021), basaron su investigación con el objetivo de analizar la adición de escorias de acero en una subrasante. En sus resultados obtuvieron que se encontraron con un suelo un suelo A-2, A-4 en clasificación AASHTO, además se tuvo un CBR promedio del suelo sin estímulo de 29.60% y con la incorporación de escoria de acero del 3%, 6% y 12% llegaron a 45.35%, 47.50% y 63.45% observándose así que hubo una notable mejora en sus propiedades mecánicas del suelo. Concluyendo así que la dosificación adecuada fue del 12% [10].

Cohen y Paz (2022), en su trabajo de investigación nos proponen una estabilización del suelo con escorias de acero blanca. Dónde tuvieron como objetivo determinar la adecuada incorporación de escorias de acero para estabilizar una subrasante, mediante el cual realizaron ensayos porcentajes van de 7.5%, 15% y 22.5% de escorias de acero. Teniendo como resultados una disminución de plasticidad y un aumento en el CBR y Proctor Modificado. Concluyendo que adicionando 10% de escoria es el óptimo porcentaje para aumentar a un 3% su CBR. [8].

Shalabi y et (2017), en su investigación para la Universidad King Saud, Ciencias de la Ingeniería, utilizaron escoria de acero para mejorar las propiedades del suelo adicionado, como la plasticidad, hinchamiento, compresibilidad, resistencia al corte, compactación y el CBR. Sus resultados de las pruebas en el suelo arcilloso evidenciaron que mientras mayor era el contenido de la escoria de acero, propiedades como la plasticidad y MDS disminuían, mientras que el ángulo de fricción interna y el CBR aumentaban [7].

E Mina y otros (2019), mediante su artículo científico tuvieron como objetivo ver cuál es el efecto de las escorias de acero y cenizas volantes para la estabilización de suelos para mejorar el parámetro de CBR y su efecto en las propiedades físicas del suelo, utilizaron una mezcla con el 20% de ceniza volante adicionada con 0%, 10%, 20%, 30% de escorias de acero con respecto al peso total del suelo. De acuerdo con los resultados del análisis los suelos elegidos para el muestreo se clasificaron como suelos arcillosos no orgánicos con alta plasticidad, mientras que los resultados aplicados a la prueba de laboratorio se evidenció que la dosificación optima fue del 20% de escoria de acero y el 20% de cenizas volantes con 7 días de maduración obteniendo así el mejor resultado de CBR, aumentando su valor de 3.524% a 26.14%, también su índice de plasticidad disminuyó a 4.57%, para que posteriormente sea clasificado como una buena subrasante [11].

Ospina y otros (2020), proponen evaluar el suelo arcilloso agregando de escoria de acero para determinar si cumple los requisitos establecidos para ser considerada como una subrasante adecuada. La adición fue 25%, 50% y 75%, Sus resultados fueron que dicha escoria funciona o tiene un comportamiento bueno en materiales cohesivos ya que reducen el índice de plasticidad hasta un 0%, también con respecto al CBR se ve aumentando hasta un 378.92%. Teniendo conclusiones de que el uso de escoria de acero ayuda a mejorar subrasantes arcillosas, recomendando que la dosificación más óptima es con el 25% de adición al contar con un aumento significativo del CBR y no verse comprometida su resistencia a la compresión [12]

Bases teóricas

Como bases teóricas, se tienen las siguientes:

MANUAL DE CARRETERAS, “Sección Suelos y Pavimentos” - MTC/14. En este documento tiene como objetivo brindar diferentes criterios y recomendaciones acerca de suelos y pavimentos con fines viales, para permitir lograr un buen diseño para ser aplicados en carreteras tanto pavimentadas y no, para brindar mejoras en las propiedades estructurales y así lograr las mejores características en el aspecto técnico y económico, considerando las experiencias, estudio de los comportamientos y características de los materiales en función a las condiciones específicas [13].

MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. - MTC/14. Este manual forma parte de los Manuales de Carreteras, teniendo, así como propósito dar a conocer los procedimientos y métodos para la elaboración de los ensayos de materiales tanto como de campo y laboratorio con el fin de afianzar que estos cumplan con la calidad requerida. [14].

MANUAL DE CARRETERAS, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2013. Está orientado a estandarizar parámetros, requisitos, condiciones y técnicas que serán empleadas para realizar proyectos de infraestructura vial para que se realicen con los mejores parámetros de calidad [15].

Por consiguiente, estas son las definiciones de términos más relacionados con la investigación:

Suelo: Es la capa de delgado espesor que se encuentra en la corteza terrestre, conformado por material resultante de la alteración o desintegración química o física del material rocoso [16].

Clasificación de Suelos: La clasificación de suelos se basa tanto en sus propiedades mecánicas como en su comportamiento en el ámbito de la ingeniería, lo que permite una adecuada categorización de estos. Actualmente los sistemas más relevantes son los siguientes: uno viene a ser el American Association of State Highway Officials (AASHTO), y el otro se

trata del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se utiliza especialmente para clasificación de carreteras y/o subrasantes el sistema de clasificación AASHTO, este sistema clasifica al suelo en siete grupos principales: A-1 a A-7. Dentro de los grupos A-1, A-2, A-3 se encuentran los suelos con grano grueso. En cambio, suelos donde sus partículas pasen más del 35% por el tamiz N°200 se encuentran clasificados dentro de los grupos de suelos A-4, A-5, A-6, A-7, en estos grupos mayormente pertenecen los del tipo arcilloso y limoso. Para clasificar por este sistema de deben tener en cuenta los siguientes parámetros para su clasificación: tamaño del grano y plasticidad. En cambio, el sistema de clasificación SUCS divide a los suelos en: Suelos granulares compuestos especialmente por arena y grava. Y suelos de grano fino con un porcentaje de 50% a más que pasa por el tamiz N°200. Para lograr una clasificación adecuada en este sistema se debe tener en cuenta: porcentaje de grava, arena, limos y arcillas, análisis granulométrico, los límites de consistencia [17].

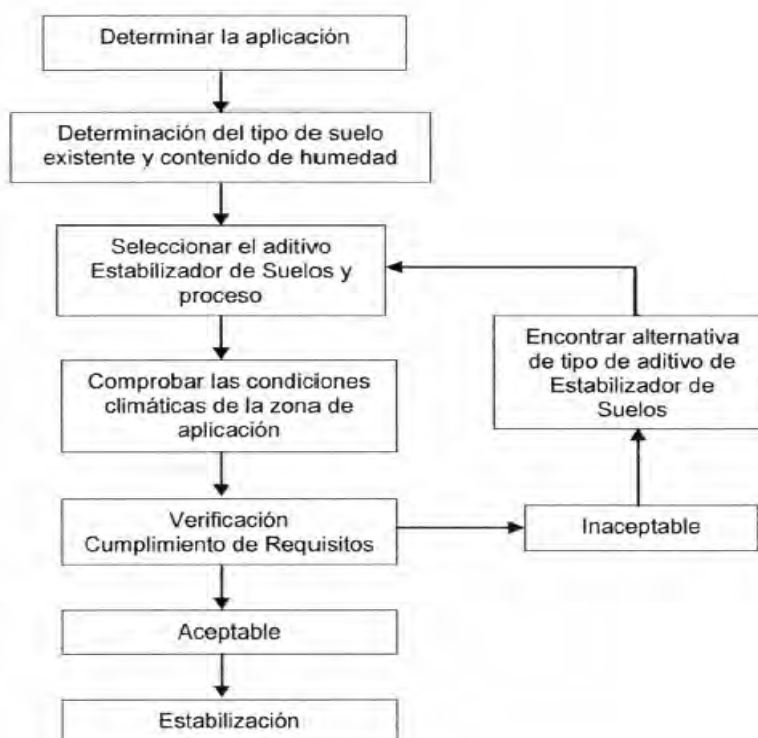
Suelos Arcillosos: Compuestos principalmente por partículas fina presentando una alta plasticidad, se caracterizan por tener un excesivo asentamiento dando inestabilidad a la estructura por ende presentar características mecánicas deficientes por lo cual se les clasifica como suelos no aptos para soportar cualquier estructura de ingeniería [18].

Subrasante: Se define como la capa que va a soportar la estructura del pavimento [8]. Para que una subrasante esté apta tiene que estar compuesta por materiales en los cuales el suelo de resultados de CBR $> 6\%$, por lo tanto, si este valor es menor son consideradas subrasantes pobres o inadecuadas, por ello entraría en un proceso de mejoramiento [13].

Estabilización de Suelos: Es el proceso de mejoramiento de las propiedades del suelo tanto físicas como mecánicas, ya sea empleando procedimientos mecánicos o adicionando productos naturales, químicos o sintéticos [13].

Criterios para la estabilización de suelos: Subrasantes pobres o inadecuadas donde su valor de CBR sea menor al 6%, se procederá a estabilizar el suelo, ya sea con una estabilización química, reemplazo del material o utilizando geosintéticos. Cuando la subrasante con la que se encuentre sea del tipo arcilloso o limosa. Al encontrarse con una subrasante pobre o inadecuada la superficie de esta debe quedar entre 1.00 m a 1.20 m sobre el nivel freático. Para zonas que se encuentre sobre los 4000 msnm, se procederá a realizar una evaluación del comportamiento de las heladas en los suelos y así determinar cuál es la dosificación más óptima. Antes de realizar o aplicar un tipo de estabilización se requiere conocer la clasificación del suelo encontrado, teniendo como preferencia suelos arcillosos, limosos o arenas arcillosas y limosas.

Figura 1. Procedimiento para el tipo de estabilización



Fuente: MTC_MC-05-14

Escorias siderúrgicas: Es el subproducto residual del proceso de refinar y fabricar el acero. [19].

Análisis Granulométrico de Suelos por tamizado: Determinan los porcentajes de la muestra del suelo que pasantes tamices estandarizados. Y evaluar el coeficiente de uniformidad y curvatura. [14]

Contenido de humedad de un suelo: La humedad del suelo se cuantifica en forma de porcentaje, el cual representa la proporción del peso del agua presente en una masa específica en relación con el peso de las partículas sólidas presentes. [14]

Límites de Atterberg: Se define como el comportamiento mecánico que tiene un suelo con respecto a los límites de consistencia teniendo en cuenta el contenido de agua. Dentro de los límites de Atterberg, forma parte el **L.L.**, **L.P.**, también forma parte el **I.P.** que se calcula restando los valores del L.L y el L.P. y el resultado nos indica la plasticidad del suelo. [20]

California Bearing Ratio - CBR. Particularmente en el ámbito de la construcción de carreteras, se determina la capacidad de resistencia del suelo como subrasante utilizando el parámetro conocido como Relación de Soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés). [21]. Para este caso el suelo se prepara en el laboratorio en condiciones definidas de densidad y humedad, pero también se pueden realizar de manera análoga sobre muestras inalteradas extraídas in situ [14].

Compactación de suelos en laboratorio - Proctor modificado. Al realizar este ensayo de se tiene como objetivo conocer la **MDS** como también conocer la variable del **OCH** de un suelo. Como resultado se tiene la curva de compactación [14].

Materiales y métodos

Tipo y nivel de instigación

En relación con el fin que se persigue, es una **Investigación Aplicada** porque buscar conocer, actuar y corregir una realidad problemática aplicando los conocimiento y criterios aprendidos a la largo de la formación académica. De acuerdo con la metodología para el desarrollo de la demostración de hipótesis es una **Investigación Experimental** porque tiene un estímulo (variable independiente) manipulado intencionalmente que afecta a la variable dependiente y a sus indicadores buscando así determinar una relación de causa-efecto en la investigación [22].

En esta investigación el estímulo viene a estar dado por las escorias siderúrgicas que va a ser manipulada en diferentes dosificaciones (5%, 15%, 25%) afectando a la variable dependiente.

Diseño de Investigación

Teniendo así la siguiente hipótesis: El uso de las escorias siderúrgicas mejorará las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad.

Variables y Operacionalización

Se tiene como **Objeto de Estudio:** Suelos Arcillosos. **Variable Independiente:** Uso de escorias siderúrgicas. **Variable Dependiente:** Mejora de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos. Y como **Variables Intervenientes:** las escorias siderúrgicas y las propiedades físicas de subrasantes en suelos arcillosos.

Tabla 1. Operacionalización de Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, Ensayo, NTP)
Escorias Siderúrgicas	Porcentaje en peso	5%	KG	Balanza Digital
		15%		
		25%		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Operacionalización de Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, Ensayo, NTP)
Mejora de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos	Máxima densidad seca	%	Proctor Modificado, MTC E 108
	Capacidad Resistente como Subrasante	%	Ensayo CBR, MTC E 132

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 3. Operacionalización de Variables Intervinientes**

VARIABLE INTERVINIENTE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, Ensayo, NTP)	
Escorias siderúrgicas	Análisis Granulométrico	-	Análisis Granulométrico	
	Peso específico	t/m ³	Ensayo de Peso Específico	
Propiedades físicas de una subrasante en suelos arcillosos	Coefficiente de uniformidad y curvatura	-	Análisis Granulométrico	
	Contenido de Humedad	%	Ensayo contenido de humedad	
	Tipo de suelos	Tipo		SUCS
		Tipo		Sistema de Clasificación AASHTO
	Límites de Atterberg	%		Ensayo L.L. MTC E 110
				Ensayo L.P. MTC E 111
			I.P. MTC E 111	

Fuente: Elaboración Propia

Población, muestra y muestreo

Se evaluará tres (3) tipos de muestras de suelos con diferentes índices de plasticidad, dónde para seleccionar la muestra de la subrasante debe cumplir con las características propias de suelos arcillosos.

Para la cantidad de exploración de calicatas se determina considerando el tipo de carretera establecido en el Manual de Carreteras Sección: Suelos y Pavimentos. Según estas directrices, para carreteras de Segunda Clase se recomienda realizar tres (3) calicatas por cada kilómetro (km) de longitud.

Población: En esta investigación la población será las subrasantes que estén conformadas por suelos arcillosos.

Muestra: Para la presente investigación se tiene un muestreo del tipo no probabilístico, esto se debe porque la selección de las muestras no dependerá del uso de probabilidades a raíz del tipo de población que se tiene, sino que estará tomada a criterio del investigador [22]. Ahora bien, el muestreo está conformado por los 93 especímenes a realizar, por lo que se tiene 30 especímenes para el grupo de control y 63 especímenes en el grupo experimental. El número de ensayos establecidos en esta investigación está en función al tipo de carreteras a estudiar y bajo los lineamientos del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos – 2014.

Tabla 4. Muestreo para el Grupo de Control

MUESTREO PARA EL GRUPO DE CONTROL	
Muestra Patrón Calicata 1 - IP 1	
Coeficiente de uniformidad y curvatura	1
Contenido de Humedad	1
Límites de Atterberg	1
MDS	4
CBR	3
Total	10
TOTAL DE ESPECÍMENES	10
Muestra Patrón Calicata 2 -IP 2	
Coeficiente de uniformidad y curvatura	1
Contenido de Humedad	1
Límites de Atterberg	1
MDS	4
CBR	3
Total	10
TOTAL DE ESPECÍMENES	10
Muestra Patrón Calicata 3 -IP 3	
Coeficiente de uniformidad y curvatura	1
Contenido de Humedad	1
Límites de Atterberg	1
MDS	4
CBR	3
Total	10
TOTAL DE ESPECÍMENES	10
ESPECÍMENES PARA EL GRUPO DE CONTROL =	30

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. Muestreo para el Grupo Experimental

MUESTREO PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL			
Muestra Experimental Calicata 1			
Adición del estímulo	5%	15%	25%
Máxima densidad seca	4	4	4
CBR	3	3	3
Total	7	7	7
TOTAL DE ESPECÍMENES	21		
Muestra Experimental Calicata 2			
Adición del estímulo	5%	15%	25%
Máxima densidad seca	4	4	4
CBR	3	3	3
Total	7	7	7
TOTAL DE ESPECÍMENES	21		
Muestra Experimental Calicata 3			
Adición del estímulo	5%	15%	25%
Máxima densidad seca	4	4	4
CBR	3	3	3
Total	7	7	7
TOTAL DE ESPECÍMENES	21		
ESPECÍMENES PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL =			63

Fuente: Elaboración Propia

Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos: Para la investigación se utilizó la técnica de la observación, mediante la cual se fue recolectando la información en diferentes fichas estandarizadas. Y los instrumentos que se utilizaron son formatos para la realización de ensayos debidamente normados, estos formatos deben cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Peruana como también de los Manuales de Carreteras vigentes en el país.

Plan de Procesamiento de Datos: Para cada uno de los ensayos a emplear para el desarrollo de la investigación se empleó hojas de cálculo acorde a los requisitos de la NTP y a los Manuales de Carreteras del MTC. Para la interpretación de los resultados se realizó mediante diagrama de barras y diagramas de dispersión.

Ensayos Empleados

Grupo de Control

- Análisis Granulométrico de Suelos (MTC E107)
- Contenido de Humedad de un Suelo (MTC E 108)
- Ensayo L.L. (MTC E 110)
- Ensayo L.P. (MTC E 111)
- I.P. (MTC E 111)
- Clasificación mediante el Sistema AASHTO y SUCS
- Ensayo de Compactación de Suelos en Laboratorio – Proctor Modificado (MTC E 115)
- CBR de Suelos en Laboratorio (MTC E 132)

Grupo de Experimental

- Ensayo de Compactación de Suelos en Laboratorio – Proctor Modificado (MTC E 115)
- CBR de Suelos en Laboratorio (MTC E 132)

Estrategia Metodológica para Demostración de la Hipótesis

Para la demostración de la hipótesis y cumplimiento de los objetivos propuestos se realizará ensayos debidamente controlados en laboratorio, que evidenciarán así las mejoras de las propiedades mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos haciendo uso de escorias siderúrgicas, para ello se seguirán lo siguientes pasos:

- a) Se contactó a la empresa proveedora de Escorias Siderúrgicas para hacer el respectivo requerimiento de acuerdo con lo solicitado.

- b) Se procedió a realizar la selección de la dosificación de Escorias Siderúrgicas para adicionar en esta investigación, se hizo un análisis teniendo cuenta los rangos de porcentaje de acuerdo con los resultados obtenidos de artículos científicos y también investigaciones para determinar este parámetro. La dosificación en función al peso, expresado en porcentaje (%), del suelo será la siguiente: 5%, 15% y 25%.
- c) Por otro lado, se realizó la visita a campo para identificar la de donde serán extraídas las Muestras de Suelos Arcillosos con diferentes índices de plasticidad (3 muestras).
- d) En laboratorio, se preparó la muestra y, en primer lugar, se realizó los ensayos al grupo patrón que corresponden a realizar un análisis granulométrico, Contenido de Humedad de un Suelo, Ensayo L.L., Ensayo L.P., I.P., Clasificación de las muestras, CBR, Ensayo de Compactación de Suelos en Laboratorio o llamado también Proctor Modificado.
- e) Se asumió que los posibles resultados del grupo patrón determinará que se clasifique el suelo como una subrasante pobre o inadecuada, por lo tanto, se requiere pasar por un proceso de mejoramiento en sus propiedades mecánicas.
- f) Ahora bien, se procedió a la manipulación del estímulo para realizar el mejoramiento del suelo patrón, para ello se adicionó las escorias siderúrgicas en la dosificación ya determinada.
- g) Teniendo el grupo experimental (con adición de la escoria), se continuó a realizar los ensayos de Proctor Modificado y el ensayo de CBR de Suelos de acuerdo como indica la norma vigente en el país.
- h) En este paso, se analizó e interpretó los resultados hechos al grupo experimental.
- i) Se estimó que los posibles resultados aumentarían sus valores de CBR y disminuirían además el Índice de Plasticidad del suelo.
- j) Teniendo los resultados satisfactorios, se concluyó que queda demostrada la hipótesis.
- k) Como siguiente paso se propuso la dosificación más óptima, como también se realizó el análisis costo/beneficio y una metodología de proceso constructivo para usar escorias siderúrgicas para mejorar subrasantes en suelos arcillosos.
- l) Se concluyó satisfactoriamente la investigación proporcionando las conclusiones y recomendaciones con ayuda de los resultados obtenidos.

Procedimientos

Toma de muestras del suelo

La extracción de las muestras con características de suelos arcillosos como se indica en la investigación se realizó en el CC. PP. de Anexo Saman, ubicado en el distrito de Chiclayo, Lambayeque (Fig. N°01).

Se procedió a realizar tres (3) calicatas cumpliendo con las especificaciones de la normativa vigente, para la zonificación se tuvo en cuenta el relieve y características del terreno, donde finalmente los puntos se escogieron a criterio del investigador. Se realizó una excavación de 1.50 metros de profundidad, empleando herramientas manuales como: pico, barreta y pala recta.

De cada calicata se extrajo tres (3) sacos de suelo arcilloso con un aproximado de 80 kilos cada uno, por lo que en total se obtuvo nueve (9) sacos pertenecientes a las tres (3) calicatas realizadas.

Figura 2. Ubicación de la zona de extracción de muestras



Fuente: Google Earth

Fotografía 1. Toma de muestras del suelo arcilloso

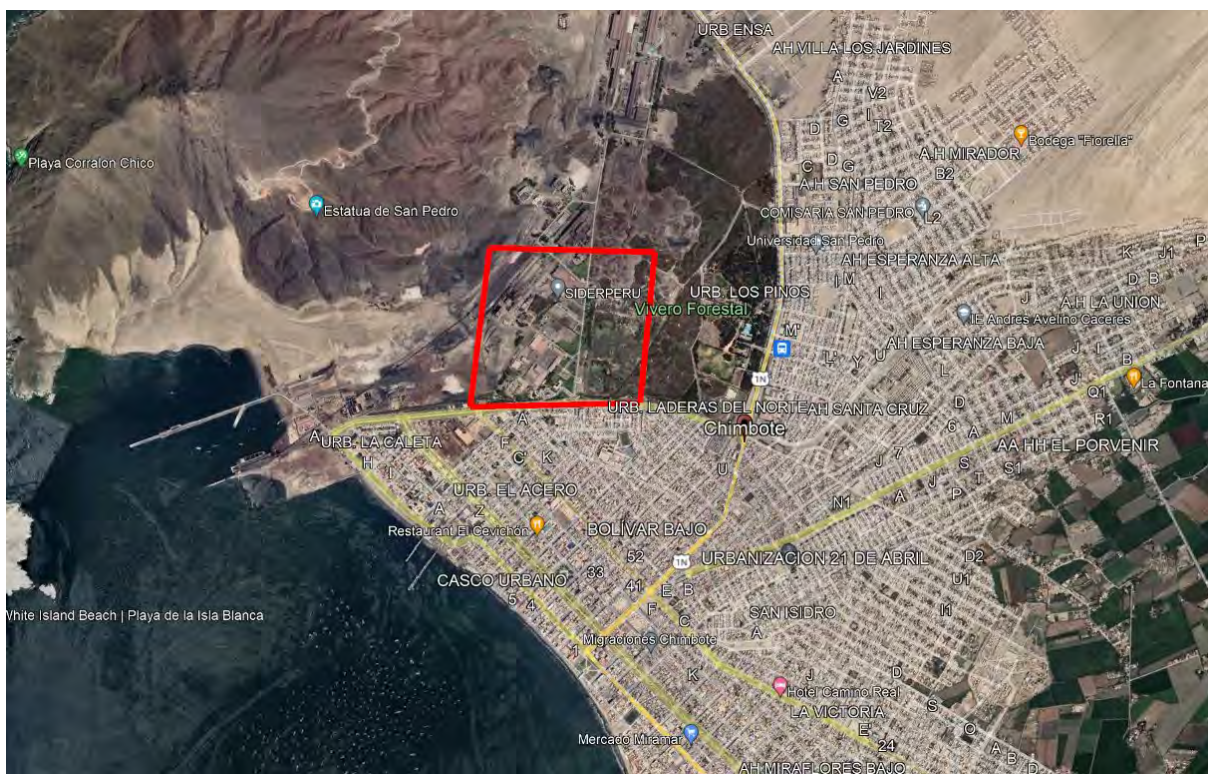


Fuente: Elaboración Propia

Obtención de Escorias Siderúrgicas

Para obtener las escorias siderúrgicas se realizó mediante el envío del INFORME N.º 020-2022-USAT-EICA, vía correo electrónico enviado por el director de Escuela de Ingeniería Civil Ambiental dirigido hacia la empresa siderúrgica SIDERPERÚ con RUC: 20402885549, ubicada en Chimbote (Ver Anexo 1). La duración del proceso desde el día del envío de la solicitud hasta el día de la entrega del material fue de aproximadamente 1 mes.

Figura 3. Ubicación Planta Siderúrgica SIDERPERÚ



Fuente: Google Earth

El tipo de escorias siderúrgicas que se llegó a obtener de la empresa mencionada fue la Escoria EAF (Horno Arco Eléctrico).

Para el día de entrega de las escorias siderúrgicas el investigador viajó a la ciudad de Chicla ubicada en el departamento de Ancash, donde se encuentra ubicada la planta siderúrgica de SIDERPERU con Dirección Legal: Av. Santiago Antúnez de Mayolo S/N Z.I. Zona Industrial, previa coordinación se hizo la entrega de 4 sacos de escorias siderúrgicas con un peso aproximado de 30 kilos cada una.

Fotografía 2. Entrega de Escorias EAF (Horno Arco Eléctrico) por parte de SIDERPERU.



Fuente: Elaboración propia

Ensayos de Laboratorio

Como proceso para la demostración de la hipótesis y cumplimiento de los objetivos específicos se realizó los ensayos de laboratorio de granulometría, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg y así determinar el I.P. de las muestras de suelo como también realizar su clasificación mediante sistema SUCS y AASHTO. También se realizó los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las muestras en su estado natural como también a las muestras alteradas con adición de Escoria de Horno Arco Eléctrico, como el ensayo de Proctor Modificado para encontrar la MDS y su OCH de cada una de las muestras, y el ensayo de CBR para evaluar y determinar la capacidad de resistencia o soporte que tiene la subrasante. Adicional ello, se realizó ensayos de contenido de sulfatos y sales solubles totales a las muestras de suelo y agua empleados en la investigación.

Propiedades físicas del grupo de control

- **Contenido de humedad de un suelo**

El mismo día extraídas las 3 muestras de suelo arcilloso, se acudió al laboratorio de Suelos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para poder realizar el ensayo y así determinar la humedad de las muestras sin que este sea alterado y nos arroje un valor lo más real posible.

Lo que se hizo fue pesar un aproximado de 1000 g de suelo arcilloso de las 3 muestras extraídas en una balanza con una precisión de 0.01 g, para su posterior colocación en el horno que cuenta la universidad donde la temperatura está controlada a 110° con una variación de $\pm 5^{\circ}$, dónde se dejó secar por un aproximado de 24 horas. Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 108 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 3. Pesaje de las muestras para determinar el contenido de humedad de los suelos



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis Granulométrico de Suelos**

Para realizar el ensayo de granulometría se realizó el cuarteo de una determinada cantidad de muestra, para su posterior pesaje de un total de 500 gramos de suelo para cada una de las muestras. El procedimiento que se eligió para la separación de finos fue mediante un lavado con ayuda del tamiz N°200, se dejó secar la muestra retenida por un aproximado de 24 horas y así proceder con la realización del ensayo granulométrico.

De acuerdo con el tipo de suelo que se tiene, se utilizaron los tamices N°4, N°10, N°20, N°40, N°50, N°100 y N°200. Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 107 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 4. Tamices empleados para realizar el ensayo de análisis granulométrico



Fuente: Elaboración propia

- **Límites de Atterberg**

Para determinar el límite líquido, la muestra se mezcló en un recipiente plástico para poder homogenizar y así realizar el respectivo ensayo. Posterior a ello, la pasta formada se colocó en la copa de Casa Grande cubriendo toda la superficie, con ayuda de un acanalador se dividió la muestra y así empezar a dar los golpes como indica el método del ensayo.

Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 108 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 5. Ensayo para determinar el límite líquido utilizando la Copa de Casa Grande



Fuente: Elaboración propia

Para determinar el límite plástico se extrajo una pequeña porción del recipiente homogeneizado anteriormente dónde su humedad en la que se encontraba era la ideal para poder formar pequeñas barras con el suelo de un diámetro aproximado de 3.2 mm que serán necesarias para realizar el presente ensayo. Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 109 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 6. Barras de 3.2 mm de espesor para determinar el límite plástico de las muestras de suelo arcilloso



Fuente: Elaboración propia

Teniendo los valores del L.L. y L.P. de cada una de las muestras, se procedió a realizar el cálculo del I.P. utilizando la fórmula descrita por en el MTC E 109 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Propiedades mecánicas del grupo de control y grupo experimental

Para realizar los ensayos de Proctor Modificado y Californian Bearing Ratio (CBR), primero se extendió cada una de las muestras de suelo para el respectivo secado en un área controlada sobre un material plástico durante un aproximado de 3 días.

Fotografía 7. Secado del suelo en un ambiente controlado para realizar el ensayo de Proctor modificado.



Fuente: Elaboración propia

Una vez secas las muestras de suelo, el método que se siguió para triturar el material fue mediante la máquina de abrasión de Los Ángeles, dónde se vertió cada una de las muestras de suelos arcillosos. En este paso, el suelo triturado se pasó por el tamiz N°4, la muestra pasante es la que realmente se utilizó para poder realizar los ensayos ya mencionados.

Fotografía 8. Máquina de Abrasión de los Ángeles utilizada para triturar el material empleado en los ensayos de Proctor Modificado y CBR



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 9. Tamizado por la malla N°4 del suelo triturado



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente paso para poder realizar los ensayos de Proctor modificado y CBR para el grupo experimental, se pesó un total de 5000 gramos el suelo de cada una de las muestras extraídas (C-1, C-2, C-3), también se pesó las escorias de Horno Arco Eléctrico (EAF) que se va a adicionar en los porcentajes de 5%, 15% y 25% en función al peso del suelo, ambos materiales de colocaron juntos en una bolsa hermética para almacenarlos hasta el momento de la realización de los ensayos.

Fotografía 10. Colocación y almacenamiento del suelo arcilloso más las escorias EAF en bolsas herméticas.



Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo de Proctor Modificado**

Con el ensayo de Proctor modificado se determinó la MDS y el OCH que tienen cada una de las 3 muestras extraídas, tanto para la muestra sin adición como para la muestra con adición del 5%, 15% y 25% de escorias Horno Arco Eléctrico (EAF). El método empleado en este ensayo fue el método A, debido a que el material de cada una de las muestras pasó el tamiz N°4 y no hubo retención, pasando a utilizar el molde con un diámetro de 4 pulgadas con un total de

25 golpes por capa. Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 115 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 11. Compactación de las muestras del suelo utilizando energía modificada mediante el método A



Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de suelos**

Se realizó el ensayo de CBR de suelos en laboratorio para poder determinar la capacidad resistente del suelo como subrasante. En primer lugar, se realizó los respectivos ensayos de CBR para las muestras de suelo patrón y posteriormente a las muestras con adición de escorias de Horno Arco Eléctrico (EAF) en las dosificaciones de 5%, 15% y 25%. En este ensayo se tuvo 3 fases que viene a ser: la compactación de la muestra arcillosa en los moldes para CBR, la medición de la expansión por un periodo de 4 días de cada una de las muestras sumergidas en el agua y finalmente se procedió a realizar el ensayo de penetración para las muestras sin y con adición. Se siguió los lineamientos y parámetros que se indican en MTC E 132 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 12. Moldes con las muestras de suelos arcillosos sumergidos en su totalidad a un nivel constante por un periodo de 4 días.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 13. Toma de las lecturas del Ensayo de Penetración para determinar el valor de CBR



Fuente: Elaboración propia

Análisis costo-beneficio del uso de Escorias Horno Arco Eléctrico

Para el análisis costo-beneficio del uso de escorias siderúrgicas para mejorar subrasantes en suelos arcillosos. Se realizó en base a 1 km de carretera con un ancho de calzada de 7.2 m, de acuerdo con el cuadro 9.1 “Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador”, se comparó el costo que tiene estabilizar la misma subrasante con los materiales de cal y cemento, materiales adecuados para mejorar suelos arcillosos CH y CL, indicado en el cuadro mencionado anteriormente. Además, se considera que la profundidad de subrasante a mejorar será la mínima de 0.60 m indicados en el Manual de Carreteras, Sección: Suelos y pavimentos – 2014. Se consideró que los costos de mano de obra, maquinaria y equipos serán precios constantes para los 3 agentes de mejoramiento.

Se tuvo en cuenta el cuadro 9.2 del Manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos 2014 para elegir el porcentaje de dosificación para los materiales de Cal y Cemento, se determinó que la dosificación será del 4% y 9% respectivamente.

A continuación, se muestran los presupuestos calculados para los agentes estabilizantes de Cal Viva 4%, Cemento Portland 9% y Escorias EAF en 5%, 15%, 25%, en las tablas mostradas a continuación.

Tabla 6. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con cal 4%

PRESUPUESTO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CAL 4%						
POYECTO :	Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos	FECHA :	1/06/2023			
ESPECIALIDAD :	INGENIERÍA CIVIL	HECHO POR :	Llata Contreras, Jhamir Alessander			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTALES
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					S/8,568.00
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.19	S/8,568.00	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/262,036.80
02.01.01	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	8.45	S/36,504.00	
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	24.53	S/176,644.80	
02.01.03	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	6.79	S/48,888.00	

SUB TOTAL S/270,604.80

IGV 18% S/48,708.86

COSTO TOTAL **S/319,313.66**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. ACU - Trazo, Replanteo y Controles Topográficos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
RENDIMIENTO:	1100	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	1.19	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.60
Topógrafo	hh	1	0.007	26.15	0.18	
Oficial	hh	1	0.007	20.57	0.14	
Ayudante de topografía	hh	2	0.015	18.60	0.28	
MATERIALES						0.41
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.050	8.20	0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.18
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.60	0.02	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1	0.007	7.45	0.05	
Estación Total	hm	1	0.007	11.35	0.08	
Wincha de 30m + cordel	hm	1	0.007	4.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. ACU - Excavación a nivel de subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	380	m3/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.45	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						1.33
Operario	hh	1	0.021	26.15	0.55	
Peón	hh	2	0.042	18.60	0.78	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.12
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.33	0.04	
Cargador frontal	hm	1	0.021	186.66	3.92	
Camión volquete 15m3	hm	1	0.021	150.40	3.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. ACU - Batido de material con cal viva 4% - Subrasante e=60cm.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA 4% - SUBRASANTE e=60cm					
RENDIMIENTO:	830	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	24.53	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.68
Asistente obra	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Peón	hh	1	0.010	15.56	0.16	
MATERIALES						21.29
Cal Viva 4%	m2		1.00	21.29	21.29	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						2.56
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.68	0.02	
Motoniveladora 130 - 135HP	hm	1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	800	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	6.79	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.84
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Oficial	hh	1	0.010	20.57	0.21	
Peón	hh	2	0.020	18.60	0.37	
MATERIALES						0.25
Agua	m3		0.050	5.00	0.25	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.70
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.84	0.03	
Camión cisterna (1500 Glns.)	hm	1	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton		1	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP		1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con cemento 9%

PRESUPUESTO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CEMENTO 9%						
POYECTO :	Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos	FECHA :	1/06/2023			
ESPECIALIDAD :	INGENIERÍA CIVIL	HECHO POR :	Llatas Contreras, Jhamir Alessander			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTALES
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					S/8,568.00
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.19	S/8,568.00	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/899,420.27
02.01.01	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	8.45	S/36,504.00	
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON CEMENTO - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	113.06	S/814,028.27	
02.01.03	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	6.79	S/48,888.00	
SUB TOTAL						S/907,988.27
IGV 18%						S/163,437.89
COSTO TOTAL						S/1,071,426.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
RENDIMIENTO:	1100	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	1.19	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.60
Topógrafo	hh	1	0.007	26.15	0.18	
Oficial	hh	1	0.007	20.57	0.14	
Ayudante de topografía	hh	2	0.015	18.60	0.28	
MATERIALES						0.41
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.050	8.20	0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.18
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.60	0.02	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1	0.007	7.45	0.05	
Estación Total	hm	1	0.007	11.35	0.08	
Wincha de 30m + cordel	hm	1	0.007	4.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. ACU - Excavación a nivel de subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	380	m3/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.45	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						1.33
Operario	hh	1	0.021	26.15	0.55	
Peón	hh	2	0.042	18.60	0.78	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.12
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.33	0.04	
Cargador frontal	hm	1	0.021	186.66	3.92	
Camión volquete 15m3	hm	1	0.021	150.40	3.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. ACU - Batido de material con cemento 9% - Subrasante e=60cm

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	BATIDO DE MATERIAL CON CEMENTO 9% - SUBRASANTE e=60cm					
RENDIMIENTO:	830	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	113.06	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.68
Asistente obra	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Peón	hh	1	0.010	15.56	0.16	
MATERIALES						109.82
Cemento Portland 9%	m2		1.00	109.82	109.82	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						2.56
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.68	0.02	
Motoniveladora 130 - 135HP	hm	1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	800	m ² /día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	6.79	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.84
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Oficial	hh	1	0.010	20.57	0.21	
Peón	hh	2	0.020	18.60	0.37	
MATERIALES						0.25
Agua	m ³		0.050	5.00	0.25	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.70
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.84	0.03	
Camión cisterna (1500 Glns.)	hm	1	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton		1	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP		1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias EAF 5%

PRESUPUESTO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS EAF 5%						
POYECTO :	Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos		FECHA :	1/06/2023		
ESPECIALIDAD :	INGENIERÍA CIVIL		HECHO POR :	Llatas Contreras, Jhamir Alessander		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTALES
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					S/8,568.00
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m ²	7200.00	1.19	S/8,568.00	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/116,411.76
02.01.01	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m ³	4320.00	8.45	S/36,504.00	
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 5% - SUBRASANTE e=60cm	m ²	7200.00	4.31	S/31,019.76	
02.01.03	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m ²	7200.00	6.79	S/48,888.00	
SUB TOTAL						S/124,979.76
IGV					18%	S/22,496.36
COSTO TOTAL						S/147,476.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
RENDIMIENTO:	1100	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	1.19	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.60
Topógrafo	hh	1	0.007	26.15	0.18	
Oficial	hh	1	0.007	20.57	0.14	
Ayudante de topografía	hh	2	0.015	18.60	0.28	
MATERIALES						0.41
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.050	8.20	0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.18
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.60	0.02	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1	0.007	7.45	0.05	
Estación Total	hm	1	0.007	11.35	0.08	
Wincha de 30m + cordel	hm	1	0.007	4.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. ACU - Excavación a nivel de subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	380	m3/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.45	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						1.33
Operario	hh	1	0.021	26.15	0.55	
Peón	hh	2	0.042	18.60	0.78	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.12
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.33	0.04	
Cargador frontal	hm	1	0.021	186.66	3.92	
Camión volquete 15m3	hm	1	0.021	150.40	3.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. ACU - Batido de material con escorias EAF 5% - Subrasante e=60cm

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 5% - SUBRASANTE e=60cm					
RENDIMIENTO:	830	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	4.31	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.68
Asistente obra	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Peón	hh	1	0.010	15.56	0.16	
MATERIALES						1.07
Escorias EAF 5%	m2		1.00	1.07	1.07	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						2.56
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.68	0.02	
Motoniveladora 130 - 135HP	hm	1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	800	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	6.79	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.84
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Oficial	hh	1	0.010	20.57	0.21	
Peón	hh	2	0.020	18.60	0.37	
MATERIALES						0.25
Agua	m3		0.050	5.00	0.25	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.70
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.84	0.03	
Camión cisterna (1500 Glns.)	hm	1	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton		1	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP		1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias 15%

PRESUPUESTO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS 15%						
POYECTO :	Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos			FECHA :	1/06/2023	
ESPECIALIDAD :	INGENIERÍA CIVIL		HECHO POR :	Llatas Contreras, Jhamir Alessander		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTALES
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					S/8,568.00
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.19	S/8,568.00	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/131,795.28
02.01.01	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	8.45	S/36,504.00	
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 15% - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	6.44	S/46,403.28	
02.01.03	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	6.79	S/48,888.00	
SUB TOTAL					S/140,363.28	
IGV 18%					S/25,265.39	
COSTO TOTAL					S/165,628.67	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
RENDIMIENTO:	1100	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	1.19	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.60
Topógrafo	hh	1	0.007	26.15	0.18	
Oficial	hh	1	0.007	20.57	0.14	
Ayudante de topografía	hh	2	0.015	18.60	0.28	
MATERIALES						0.41
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.050	8.20	0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.18
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.60	0.02	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1	0.007	7.45	0.05	
Estación Total	hm	1	0.007	11.35	0.08	
Wincha de 30m + cordel	hm	1	0.007	4.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. ACU - Excavación a nivel de subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	380	m3/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.45	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						1.33
Operario	hh	1	0.021	26.15	0.55	
Peón	hh	2	0.042	18.60	0.78	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.12
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.33	0.04	
Cargador frontal	hm	1	0.021	186.66	3.92	
Camión volquete 15m3	hm	1	0.021	150.40	3.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. ACU - Batido de material con escorias EAF 15% - Subrasante e=60cm

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 15% - SUBRASANTE e=60cm					
RENDIMIENTO:	830	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	6.44	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.68
Asistente obra	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Peón	hh	1	0.010	15.56	0.16	
MATERIALES						3.20
Escorias EAF 15%	m2		1.00	3.20	3.20	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						2.56
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.68	0.02	
Motoniveladora 130 - 135HP	hm	1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:		PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE				
RENDIMIENTO:		800	m2/día		JORNADA LAB.	
				8.00	hrs	
				TOTAL S/. 6.79		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Oficial	hh	1	0.010	20.57	0.21	
Peón	hh	2	0.020	18.60	0.37	
MATERIALES						
Agua	m3		0.050	5.00	0.25	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.84	0.03	
Camión cisterna (1500 Glns.)	hm	1	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton		1	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP		1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Presupuesto para mejoramiento de subrasante arcillosa con escorias 25%

PRESUPUESTO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS 25%						
POYECTO :	Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos			FECHA :	1/06/2023	
ESPECIALIDAD :	INGENIERÍA CIVIL		HECHO POR :	Llatas Contreras, Jhamir Alessander		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTALES
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES					S/8,568.00
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.19	S/8,568.00	
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/147,178.80
02.01.01	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	8.45	S/36,504.00	
02.01.02	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 25% - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	8.58	S/61,786.80	
02.01.03	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	6.79	S/48,888.00	
				SUB TOTAL	S/155,746.80	
				IGV 18%	S/28,034.42	
				COSTO TOTAL	S/183,781.22	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. ACU - Trazo, Replanteo Y Controles Topográficos

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
RENDIMIENTO:	1100	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	1.19	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.60
Topógrafo	hh	1	0.007	26.15	0.18	
Oficial	hh	1	0.007	20.57	0.14	
Ayudante de topografía	hh	2	0.015	18.60	0.28	
MATERIALES						0.41
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.050	8.20	0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.18
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.60	0.02	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1	0.007	7.45	0.05	
Estación Total	hm	1	0.007	11.35	0.08	
Wincha de 30m + cordel	hm	1	0.007	4.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. ACU - Excavación a nivel de subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	380	m3/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.45	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						1.33
Operario	hh	1	0.021	26.15	0.55	
Peón	hh	2	0.042	18.60	0.78	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.12
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.33	0.04	
Cargador frontal	hm	1	0.021	186.66	3.92	
Camión volquete 15m3	hm	1	0.021	150.40	3.16	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. ACU - Batido de material con escorias EAF 25% - Subrasante e=60cm

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	BATIDO DE MATERIAL CON ESCORIAS EAF 25% - SUBRASANTE e=60cm					
RENDIMIENTO:	830	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	8.58	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.68
Asistente obra	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Peón	hh	1	0.010	15.56	0.16	
MATERIALES						5.34
ESCORIAS 25%	m2		1.00	5.34	5.34	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						2.56
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.68	0.02	
Motoniveladora 130 - 135HP	hm	1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. ACU - Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
PARTIDA:	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE					
RENDIMIENTO:	800	m2/día		JORNADA LAB.	8.00	hrs
				TOTAL S/.	6.79	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.84
Operario	hh	1	0.010	26.15	0.26	
Oficial	hh	1	0.010	20.57	0.21	
Peón	hh	2	0.020	18.60	0.37	
MATERIALES						0.25
Agua	m3		0.050	5.00	0.25	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.70
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.84	0.03	
Camión cisterna (1500 Glns.)	hm	1	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton		1	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP		1	0.010	253.74	2.54	

Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas utilizando escorias EAF

Materiales:

En cuanto a los materiales necesarios, se incluyen los siguientes:

Suelo:

En esta investigación, se empleará suelo natural, específicamente suelos arcillosos que requieren mejorar sus propiedades mecánicas.

1.1 Granulometría:

Según los datos obtenidos de la granulometría y los límites de Atterberg, los suelos deben ser clasificados como CL-CH según la clasificación SUCS, y como A-7-6 según la clasificación AASHTO. El tamaño máximo de las partículas debe ser igual o menor al tamiz con malla #4.

1.2 Plasticidad:

El índice de plasticidad debe estar en el rango del 20% al 30%.

Escorias EAF:

Las escorias EAF provendrán de las plantas siderúrgicas más cercanas al sitio de construcción. Se recomienda utilizar las partículas en su tamaño natural sin modificar su granulometría, con el objetivo de obtener un material bien graduado.

Agua:

El agua utilizada debe cumplir con las especificaciones técnicas generales para construcción según el Manual de Carreteras de 2013. Debe ser pura y no contener sustancias contaminantes. Su pH debe estar entre 5.5 y 8.0, según la norma NTP 339.073, y la concentración de sulfatos (SO₄⁻) no puede exceder los 3,000 ppm, de acuerdo con la norma NTP 339.074. Se considera aceptable el uso de agua potable sin la necesidad de realizar pruebas de calidad adicionales.

Equipos:

Los equipos utilizados deben cumplir con los estándares establecidos en el Manual de Carreteras. Es importante tener en cuenta los impactos significativos relacionados con el ruido, las emisiones de gases y la liberación de partículas al aire generados por el uso de maquinaria. Por lo tanto, es esencial ubicar los equipos en áreas adecuadas para evitar molestias a la población y daños al medio ambiente. Además, se requiere la instalación de dispositivos de reducción de ruido, especialmente en los equipos de compactación. Es crucial prevenir derrames o fugas de combustible y lubricantes que puedan contaminar el suelo, el agua u otros recursos en la zona. Además, se deben realizar inspecciones técnicas periódicas.

Requerimientos de construcción:

Es necesario verificar que la superficie donde se mejorará el material no presente irregularidades. En caso de existir, se debe realizar un proceso de acondicionamiento.

Mezcla:

Se proponen dos métodos de mezcla de suelo con escorias EAF:

a) Mezcla sobre la vía (in-situ):

Este proceso implica realizar las siguientes operaciones:

- Nivelar uniformemente la vía hasta la profundidad requerida para obtener el volumen de suelo especificado.
- Extender las escorias EAF de manera uniforme sobre la superficie de la vía haciendo uso de una motoniveladora.
- Realizar la mezcla utilizando el equipo descrito anteriormente para lograr una homogeneización en todo el espesor de la subrasante. Este proceso continúa hasta garantizar una mezcla homogénea.
- Aplicar agua utilizando la barra de riego del camión cisterna u otro método que asegure un riego uniforme, evitando la concentración de agua en la superficie del material mezclado.
- El personal debe utilizar los EPP mínimos necesarios, como máscaras respiratorias.
- Se debe tener cuidado de no contaminar fuentes de agua o suelo cercanas al área de trabajo.

b) Mezcla en planta:

La mezcla en planta se realizará en un centro de acopio que cuente con una mezcladora adecuada para lograr los requisitos establecidos.

- Las plantas de mezclado deben contar con equipos que permitan medir las cantidades de escorias EAF, suelo y agua de acuerdo con los requerimientos de la mezcla, ya sea en peso o volumen.
- Las escorias EAF se agregarán gradualmente para lograr una mezcla uniforme.
- Una vez preparada, la mezcla se transporta en camiones volquetes hasta el lugar de colocación.
- Durante el transporte, la mezcla debe ser protegida adecuadamente.
- La mezcla se extenderá sobre la vía utilizando equipos esparcidores apropiados para lograr el espesor deseado, se puede hacer uso de una motoniveladora.

La elección del método de mezclado dependerá de la viabilidad considerando la ubicación del proyecto.

Requisitos de la mezcla Escorias EAF con suelo arcilloso:

Antes del proceso de compactación, la mezcla debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La humedad debe ser óptima, con una tolerancia de $\pm 1.5\%$ del contenido de humedad óptimo calculado en el ensayo de Proctor Modificado.

- El contenido de escorias EAF agregado no debe variar en más de un 5%, ya sea por defecto o por exceso, con respecto a la cantidad por m³ estipulada.
- Se deben realizar ensayos de CBR para verificar la calidad de la mezcla.
- Además, se deben realizar ensayos de densidad de campo para controlar el suelo mejorado con escorias EAF.

Compactación:

Para llevar a cabo la compactación, se emplearán rodillos vibratorios patas de cabra autopropulsados, los cuales cumplen con todas las normativas necesarias para garantizar una compactación óptima del suelo arcilloso en todo el espesor. Además, se podrán utilizar rodillos vibratorios lisos autopropulsados en la capa final para lograr un acabado uniforme.

- Se recomienda completar el proceso de compactado en un plazo máximo de dos horas desde el inicio de la mezcla para asegurar la humedad óptima.
- La compactación se realizará por capas de 30 cm cada una.
- El grado mínimo de compactación debe ser del 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo de Proctor Modificado.

Juntas de trabajo:

Al concluir cada día de trabajo o después de transcurrir más de una hora desde la última compactación, se debe realizar la construcción de juntas de construcción, ya sea longitudinales o transversales, según sea requerido.

- Estas juntas se crean mediante un corte vertical en la mezcla de escorias EAF y suelo arcilloso compactado, aproximadamente 10 cm desde el borde.
- Antes de proceder con la colocación de la mezcla, es necesario humedecer la superficie de contacto de la junta de construcción.

Apertura al Tránsito:

La apertura parcial al tránsito puede ocurrir después de verificar el comportamiento de la capa de suelo mejorado con escorias EAF. La apertura al tránsito definitiva se determinará posteriormente.

Conservación:

Los trabajos de mejoramiento de suelos con escorias EAF deben mantenerse en buenas condiciones hasta que se construya la capa superior del pavimento o se entregue la obra a nivel de subrasante. Cualquier daño que ocurra antes de estos eventos debe corregirse.

Medición:

La unidad de medida será el m³ de la mezcla suministrada, colocada y compactada.

Resultados y discusión

Los resultados de esta investigación se obtuvieron a través de ensayos de laboratorio, los cuales fueron realizados para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de suelos arcillosos sin y con adición. Estos ensayos proporcionaron información relevante para clasificar las muestras utilizando los sistemas SUCS y AASHTO, así como para determinar en qué medida la incorporación de Escoria EAF mejora la resistencia de la subrasante evaluada.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, los cuales se lograron alcanzar los objetivos establecidos en la investigación

1. Determinar el coeficiente de uniformidad y curvatura, el contenido de humedad y límites de Atterberg de los 3 tipos de muestra patrón

1.1 Coeficiente de uniformidad y curvatura

Los coeficientes de uniformidad y curvatura fueron de 1.1 para las muestras de las 3 calicatas como se muestra en la Tabla 31

Tabla 31. Coeficiente de Uniformidad y Curvatura

CALICATA	MUESTRA	Coeficiente de Uniformidad	Coeficiente de Curvatura
C-1	M-1	1.1	1.1
C-2	M-1	1.1	1.1
C-3	M-1	1.1	1.1

Fuente: Elaboración propia

1.2 Contenido de humedad

El contenido de la humedad de las muestras para la C-1, C-2, C-3 fue de 19.92 %, 20.96 %, 19.71 % respectivamente como se observa en la Tabla 32.

Tabla 32. Contenido de Humedad

Calicata	C-1	C-2	C-3
Muestra	M-1	M-1	M-1
W.Tara	72.01	77.94	75.4
W.Tara + M.H	929.6	917.3	920.7
W.Tara + M.S	787.19	771.86	781.53
% Humedad	19.92	20.96	19.71

Fuente: Elaboración propia

1.3 Límites de Atterberg

En la Tabla 33, se muestra los resultados del L.L., L.P. y el cálculo del I.P. de las muestras de la C-1, C-2 y C-3.

En la Calicata C-1 se tiene un L.L de 43.72%, L.P. de 20.18% y el I.P. de 23.54%

En la Calicata C-2 se tiene un L.L de 51.28%, L.P. de 22.83% y el I.P. de 28.45%

En la Calicata C-3 se tiene un L.L de 45.13%, L.P. de 20.47% y el I.P. de 24.66%

Tabla 33. Límites de Atterberg

Calicata	C-1	C-2	C-3
Muestra	M-1	M-1	M-1
Límite Líquido (%)	43.72	51.28	45.13
Límite Plástico (%)	20.18	22.83	20.47
Índice de Plasticidad (%)	23.54	28.45	24.66

Fuente: Elaboración propia

1.4 Clasificación de las muestras de suelo mediante el SISTEMA SUCS y AASHTO

En la Tabla 34, se muestra la clasificación mediante el Sistema SUCS y AASHTO de las muestras de la C-1, C-2 y C-3.

Tabla 34. Clasificación Sistema SUCS y AASHTO

Calicata	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Símbolo	Composición	Grupo	Calificación
C-1	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-7-6 (14)	Suelo arcilloso de calidad mala
C-2	CH	Arcilla de alta plasticidad con arena	A-7-6 (18)	Suelo arcilloso de calidad mala
C-3	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-7-6 (15)	Suelo arcilloso de calidad mala

Fuente: Elaboración propia

1.5 Ensayo de contenido de sales solubles totales, sulfatos y cloruros y de las muestras de suelo

En la Tabla 35, se muestra los resultados del contenido de sales solubles totales, sulfatos y cloruros de las muestras del suelo de la C-1, C-2 y C-3.

Para Sales Solubles Totales, en la C-1 se tiene 15500 ppm (1.55%), en la C-2 se tiene 12500 ppm (1.25%) y en la C-3 11000 ppm (1.10%).

Para Contenido de Sulfatos, en la C-1 se tiene 2080 ppm (0.208%), en la C-2 se tiene 1940 ppm (0.194%) y en la C-3 1900 ppm (0.190%).

Para Contenido de Cloruros, en la C-1 se tiene 3042 ppm (0.304%), en la C-2 se tiene 2958 ppm (0.296%) y en la C-3 3000 ppm (0.300%).

Tabla 35. Contenido de sales solubles totales, sulfatos y cloruros

Calicata	C-1		C-2		C-3	
Muestra	M-1		M-1		M-1	
Sales Solubles	15500 ppm	1.55%	12500 ppm	1.25%	11000 ppm	1.10%
Contenido de Sulfatos	2080 ppm	0.208%	1940 ppm	0.194%	1900 ppm	0.190%
Contenido de Cloruros	3042 ppm	0.304%	2958 ppm	0.296%	3000 ppm	0.300%

Fuente: Elaboración propia

1.6 Análisis físico-químico del agua

En la Tabla 36, se muestra los resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua.

Se tiene un valor de pH de 7.82, Sales Solubles Totales de 711.00 ppm, Contenido de Cloruros de 27.35 ppm, Contenido de Sulfatos de 20.50 ppm y de Materia Orgánica en Suspensión de 1.87 ppm.

Tabla 36. Análisis físico-químico de la muestra de agua

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA			
Muestra: Agua Potable			
PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	NTP 339.088
pH	-	7.82	5.5 - 8.0
Sales Solubles Totales	ppm	711.00	1500.00
Cloruros	ppm	27.35	300.00
Sulfatos	ppm	20.40	300.00
Materia Orgánica en suspensión	ppm	1.87	46.00

Fuente: Elaboración propia

1.7 Caracterización de las Escorias EAF

En la Tabla 37, se muestra los resultados para determinar las características de las Escorias EAF.

Tabla 37. Caracterización de las Escorias EAF

CARACTERIZACIÓN ESCORIAS EAF	
Peso Específico	3.221
Porcentaje de Absorción (%)	29.521
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Límite Líquido (%)	NP
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad	NP
Clasificación SUCS	GP
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)

Fuente: Elaboración propia

2. *Determinar la máxima densidad seca (MDS) y capacidad resistente como subrasante (CBR), correspondientes a las propiedades mecánicas de los 3 tipos de suelo patrón.*

2.1 Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

La Tabla 38 muestra los resultados del ensayo de Proctor modificado para las muestras del suelo en estado natural.

En la Calicata C-1 se tiene una MDS de 1.791 g/cm³ con un OCH de 17.0 %.

En la Calicata C-2 se tiene una MDS de 1.82 g/cm³ con un OCH de 16.4 %.

En la Calicata C-3 se tiene una MDS de 1.77 g/cm³ con un OCH de 18.65 %.

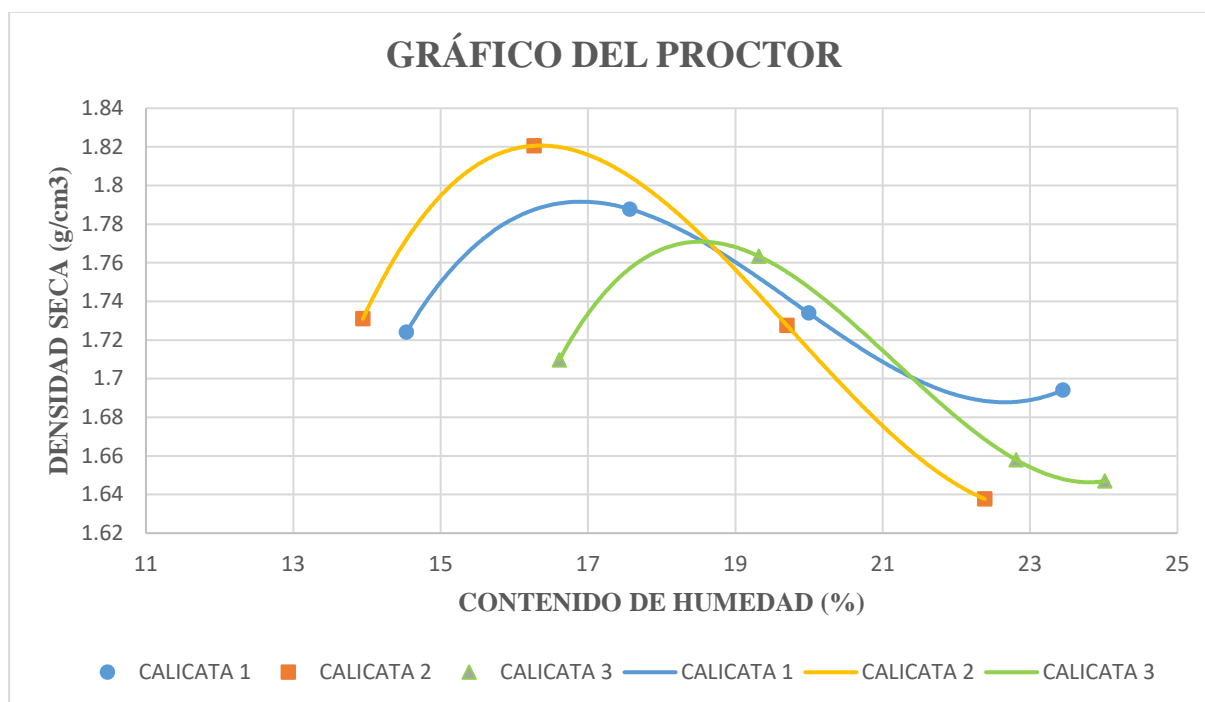
Tabla 38. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

PROCTOR MODIFICADO	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-1	1.791	17.0
C-2	1.82	16.4
C-3	1.77	18.65

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 1, se muestra las curvas del Proctor Modificado de las 3 calicatas estudiadas, relacionando la densidad seca con el óptimo contenido de humedad.

Gráfico 1. Gráfico del Proctor Modificado de las Calicatas C-1, C-2, C-3



Fuente: Elaboración propia

2.2 Capacidad resistente como subrasante – CBR

Mediante el ensayo de CBR para las muestras en estado natural de las 3 calicatas se obtuvieron los siguientes resultados.

Para la Calicata C-1 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 5 %, mientras que el CBR al 95 % es de 4 %.

Tabla 39. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1

CALICATA 1		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.791	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.701	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	17	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	5	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	4	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	6	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	5	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-2 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 4 %, mientras que el CBR al 95 % es de 3 %.

Tabla 40. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2

CALICATA 2		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.82	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.729	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	16.4	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	4	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	3	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	5	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	3	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-3 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 6 %, mientras que el CBR al 95 % es de 3 %.

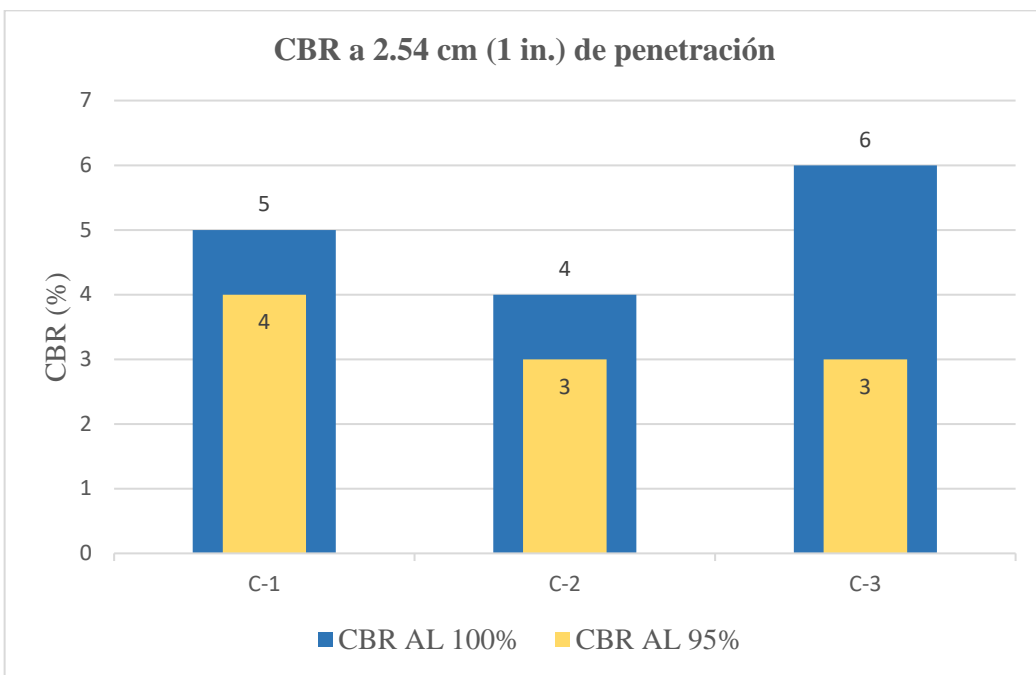
Tabla 41. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3

CALICATA 3		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.77	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.682	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	18.65	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	3	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	7	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	4	%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para una pulgada (2.54 cm) de penetración de las 3 calicatas.

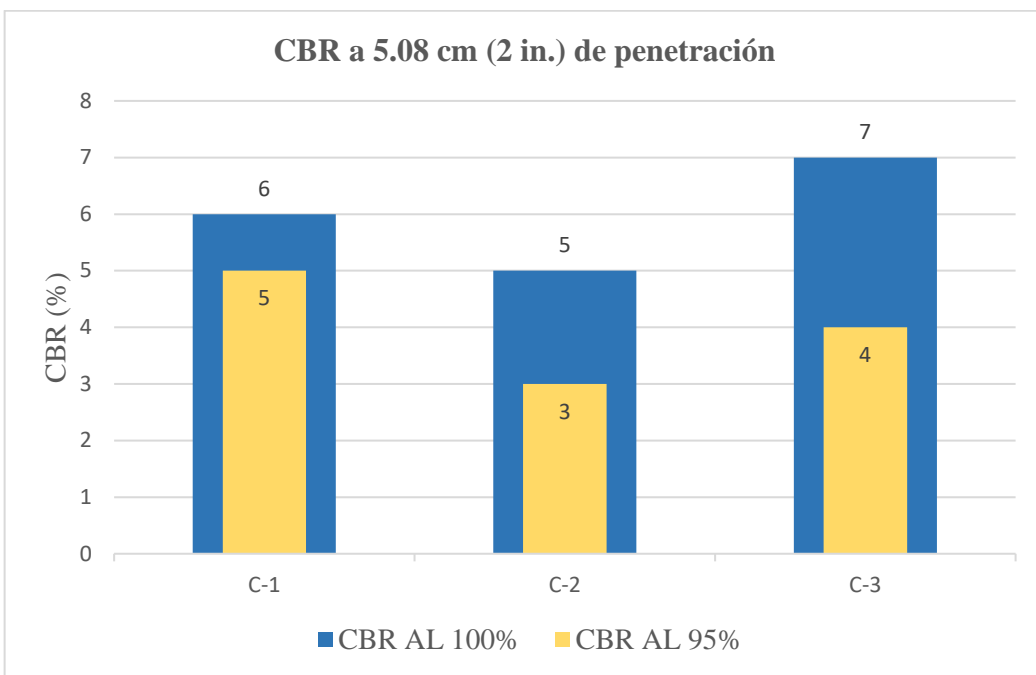
Gráfico 2. CBR a 2.54 cm (1 in.) de penetración



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 3 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para dos pulgadas (5.08) de penetración de las 3 calicatas.

Gráfico 3. CBR a 5.08 cm (2 in.) de penetración



Fuente: Elaboración propia

3. *Determinar la máxima densidad seca, aplicado al grupo experimental con las diferentes dosificaciones de escorias siderúrgicas (5%, 15% y 25%).*

Los resultados para obtener la máxima densidad seca con el óptimo contenido de humedad para el grupo experimental adicionando Escorias de Horno Arco Eléctrico en las dosificaciones de 5 %, 15 % y 25 % se muestran a continuación.

En la Calicata C-1 con la adición de 5% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.792 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.0 %, con la adición de 15% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.881 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.5 % y con la adición de 25% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.921 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.2 % como nos muestra la Tabla 42.

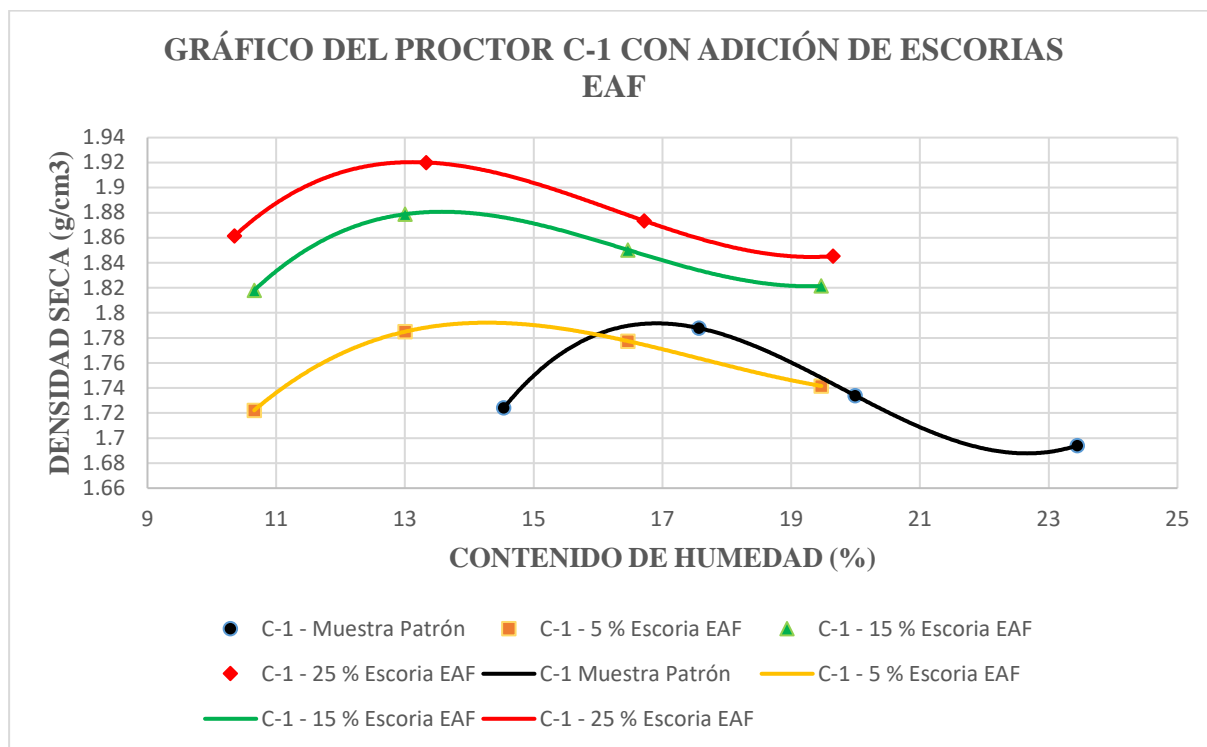
Tabla 42. *Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-1*

PROCTOR MODIFICADO AL GRUPO EXPERIMENTAL – C1			
Calicata	% Adición de Escorias EAF	Máxima Densidad Seca (g/cm³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-1	5	1.792	14
C-1	15	1.881	13.5
C-1	25	1.921	13.2

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 4, se muestra las curvas del Proctor Modificado de la calicata C-1 con adición de Escorias EAF en porcentajes de 5%, 15 y 25%, relacionando la densidad seca con el óptimo contenido de humedad.

Gráfico 4. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-1 con adición



Fuente: Elaboración propia

En la Calicata C-2 con la adición de 5% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.840 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 15.0 %, con la adición de 15% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.867 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.1 % y con la adición de 25% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.859 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.6 % como nos muestra la Tabla 43.

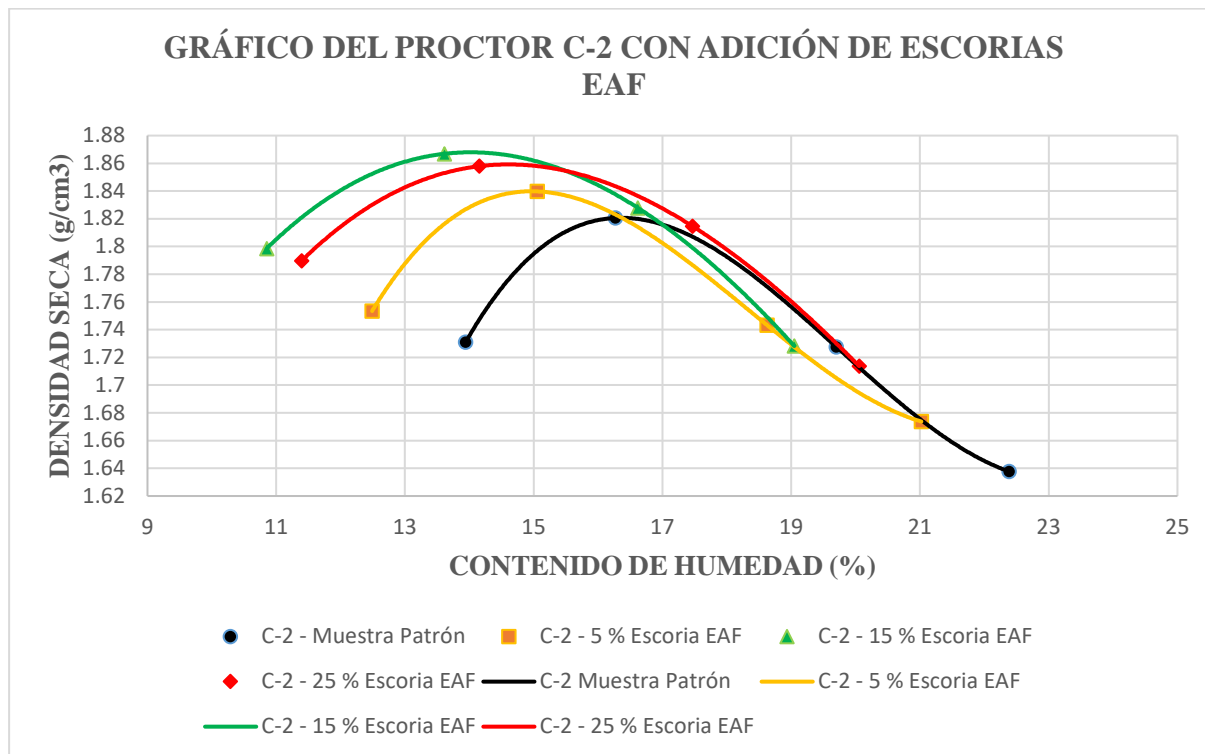
Tabla 43. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-2

PROCTOR MODIFICADO AL GRUPO EXPERIMENTAL			
Calicata	% Adición de Escoria EAF	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-2	5	1.84	15
C-2	15	1.867	14.1
C-2	25	1.859	14.6

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 5, se muestra las curvas del Proctor Modificado de la calicata C-2 con adición de Escorias EAF en porcentajes de 5%, 15 y 25%, relacionando la densidad seca con el óptimo contenido de humedad.

Gráfico 5. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-2 con adición



Fuente: Elaboración propia

En la Calicata C-3 con la adición de 5% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.876 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 17.6 %, con la adición de 15% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.810 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 16.2 % y con la adición de 25% de Escoria EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.921 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.5 % como nos muestra la Tabla 44.

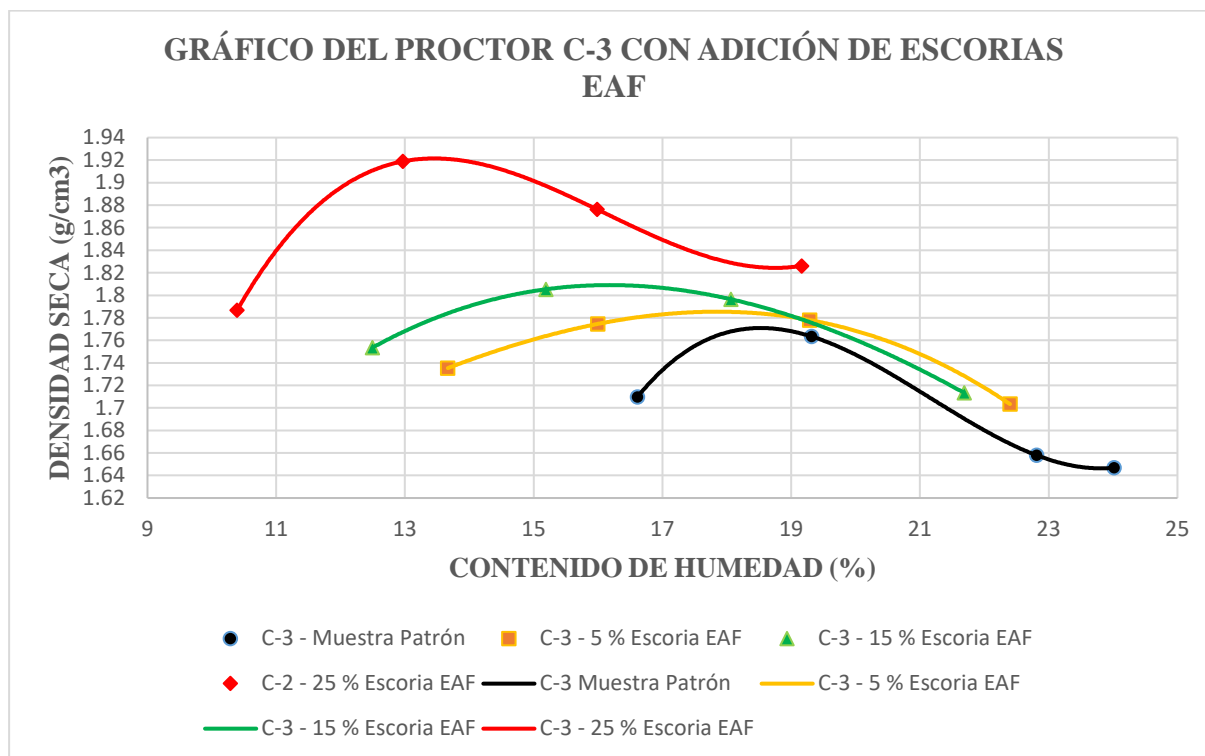
Tabla 44. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del grupo experimental para la Calicata C-3

PROCTOR MODIFICADO AL GRUPO EXPERIMENTAL			
Calicata	% Adición de Escoria EAF	Máxima Densidad Seca (g/cm³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-3	5	1.786	17.6
C-3	15	1.81	16.2
C-3	25	1.921	13.5

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 6, se muestra las curvas del Proctor Modificado de la calicata C-3 con adición de Escorias EAF en porcentajes de 5%, 15 y 25%, relacionando la densidad seca con el óptimo contenido de humedad.

Gráfico 6. Gráfico del Proctor Modificado de la Calicata C-3 con adición



Fuente: Elaboración propia

4. Determinar la capacidad resistente como subrasante, mediante el ensayo de CBR aplicado al grupo experimental incorporando escorias siderúrgicas (5%, 15% y 25%).

Mediante el ensayo de CBR para las muestras del grupo experimental adicionando 5%, 15% y 25% de Escorias Horno Arco Eléctrico (EAF) de las 3 calicatas se obtuvieron los siguientes resultados.

Para la Calicata C-1 con 5% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 6%, mientras que el CBR al 95% es de 6%.

Tabla 45. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 5% de Escorias EAF

CALICATA 1 - 5% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.792	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.702	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	6	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-1 con 15% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 7%, mientras que el CBR al 95% es de 6%.

Tabla 46. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 15% de Escorias EAF

CALICATA 1 - 15% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.881	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.787	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.5	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	7	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-1 con 25% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 9%, mientras que el CBR al 95% es de 8%.

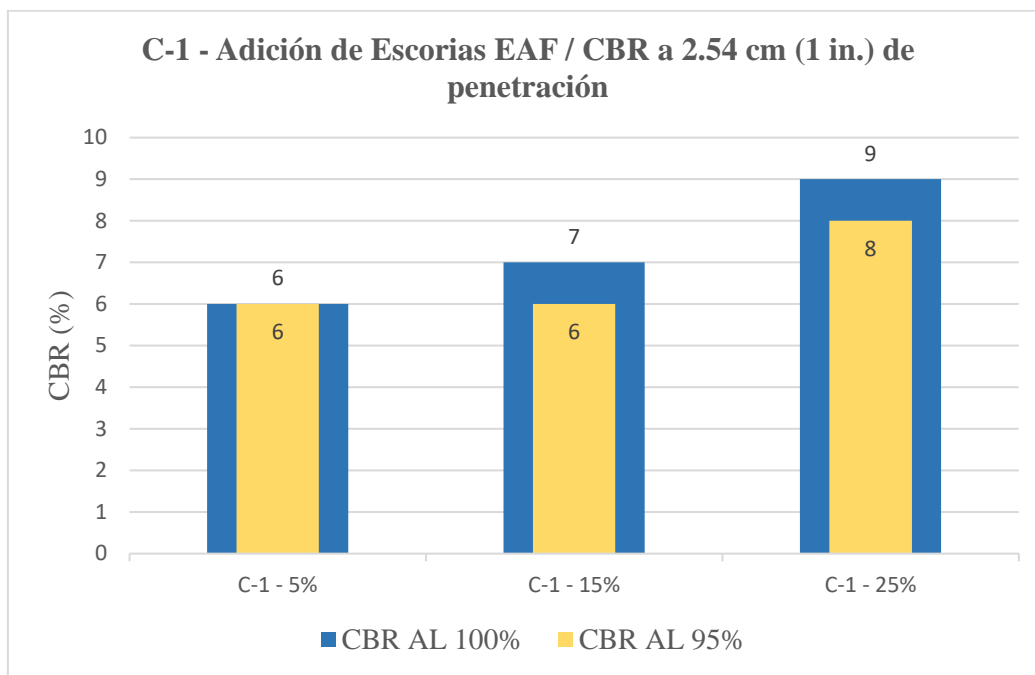
Tabla 47. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-1 con 25% de Escorias EAF

CALICATA 1 - 25% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.921	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.825	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.2	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	9	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	8	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	11	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	10	%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 7 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para una pulgada (2.54 cm) de penetración de la calicata C-1 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

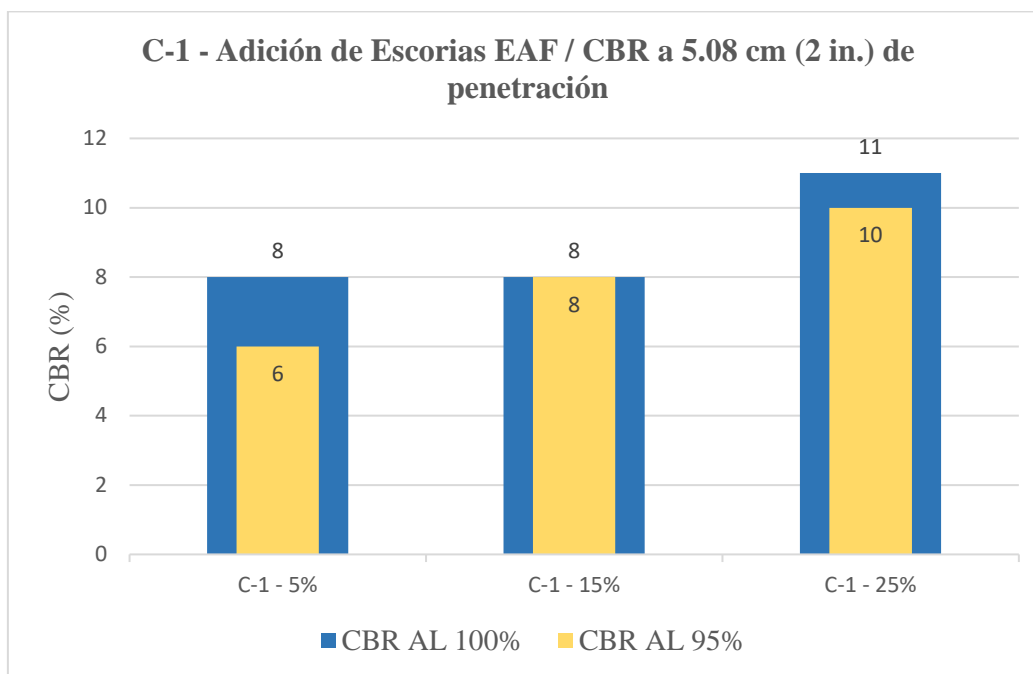
Gráfico 7. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-1 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 8 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para dos pulgadas (5.08 cm) de penetración de la calicata C-1 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

Gráfico 8. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-1 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-2 con 5% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 6%, mientras que el CBR al 95% es de 5%.

Tabla 48. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 5% de Escorias EAF

CALICATA 2 - 5% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.84	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.748	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	15	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	5	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	6	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-2 con 15% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 7%, mientras que el CBR al 95% es de 6%.

Tabla 49. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 15% de Escorias EAF

CALICATA 2 - 15% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.867	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.774	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14.1	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	7	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	9	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	7	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-2 con 25% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 9%, mientras que el CBR al 95% es de 8%.

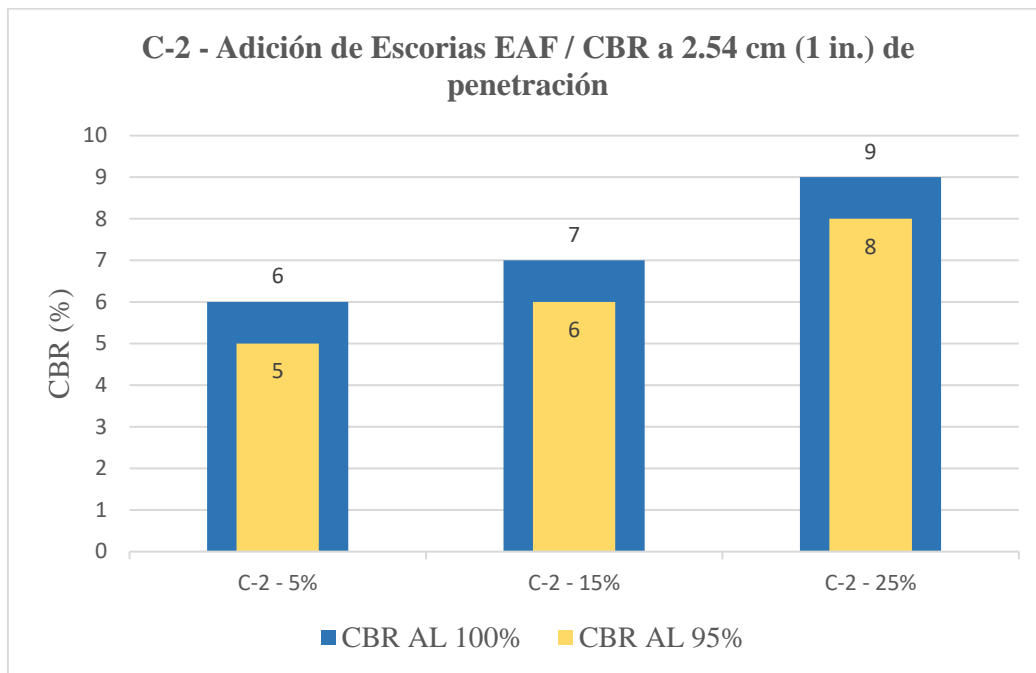
Tabla 50. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-2 con 25% de Escorias EAF

CALICATA 2 - 25% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.859	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.766	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14.6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	9	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	8	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	12	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para una pulgada (2.54 cm) de penetración de la calicata C-2 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

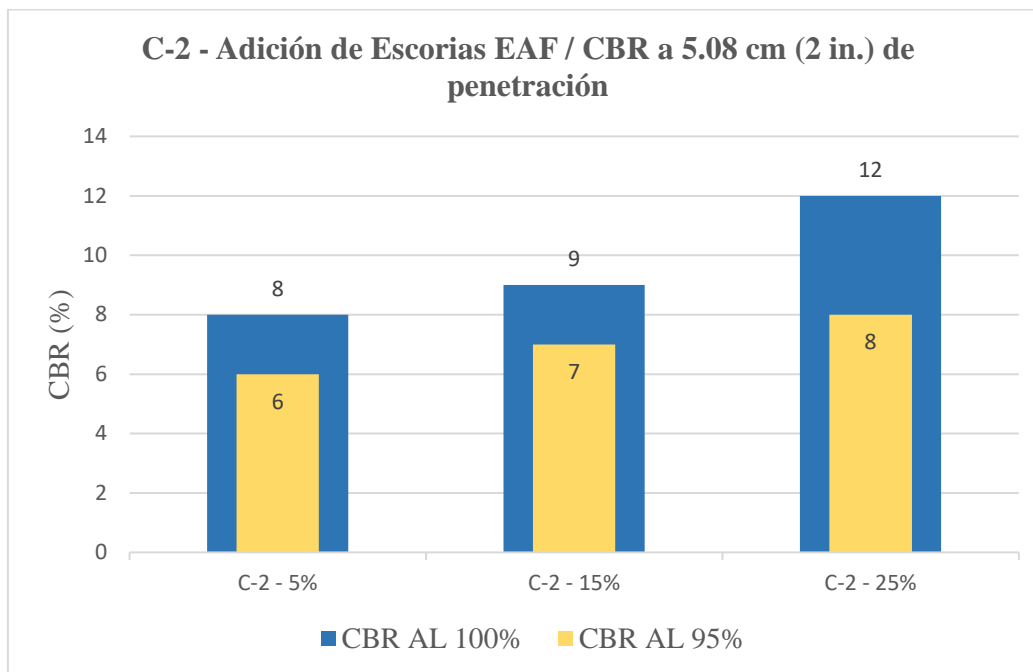
Gráfico 9. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-2 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 10 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para dos pulgadas (5.08 cm) de penetración de la calicata C-2 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

Gráfico 10. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-2 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-3 con 5% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 7%, mientras que el CBR al 95% es de 5%.

Tabla 51. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 5% de Escorias EAF

CALICATA 3 - 5% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.786	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.687	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	17.6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	7	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	5	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	6	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-3 con 15% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 8%, mientras que el CBR al 95% es de 6%.

Tabla 52. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 15% de Escorias EAF

CALICATA 3 - 15% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.81	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.72	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	16.2	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	8	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	6	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	12	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	7	%

Fuente: Elaboración propia

Para la Calicata C-3 con 25% de adición de Escorias EAF, para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100% es de 9%, mientras que el CBR al 95% es de 8%.

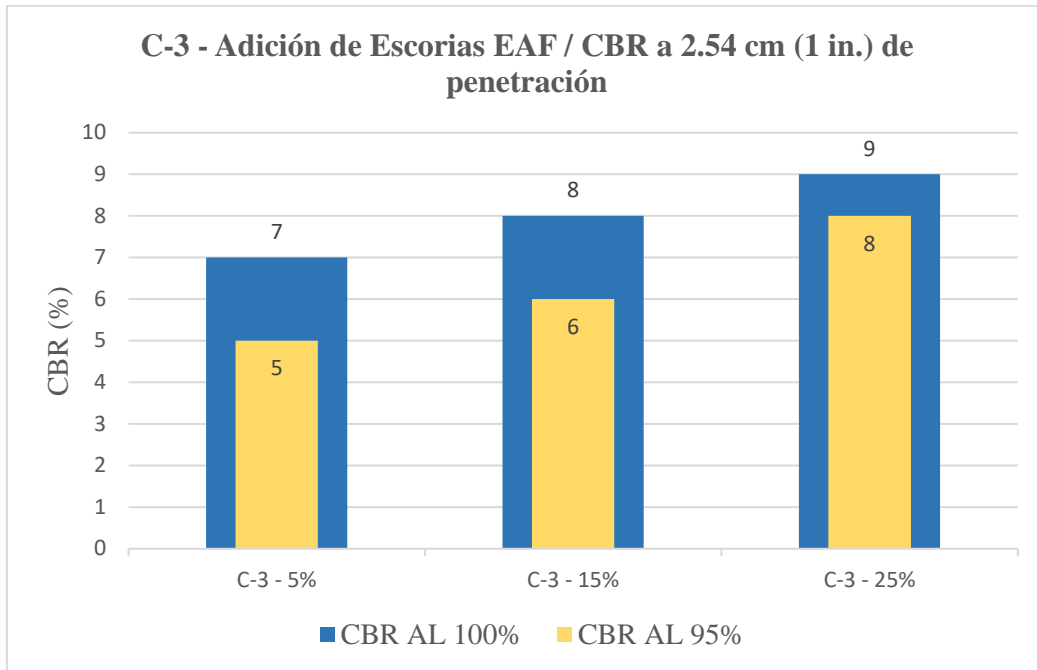
Tabla 53. Resumen del Ensayo de CBR de la Calicata C-3 con 25% de Escorias EAF

CALICATA 3 - 25% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	1.921	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	1.825	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.5	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	9	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	8	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	12	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	8	%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 11 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para una pulgada (2.54 cm) de penetración de la calicata C-3 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

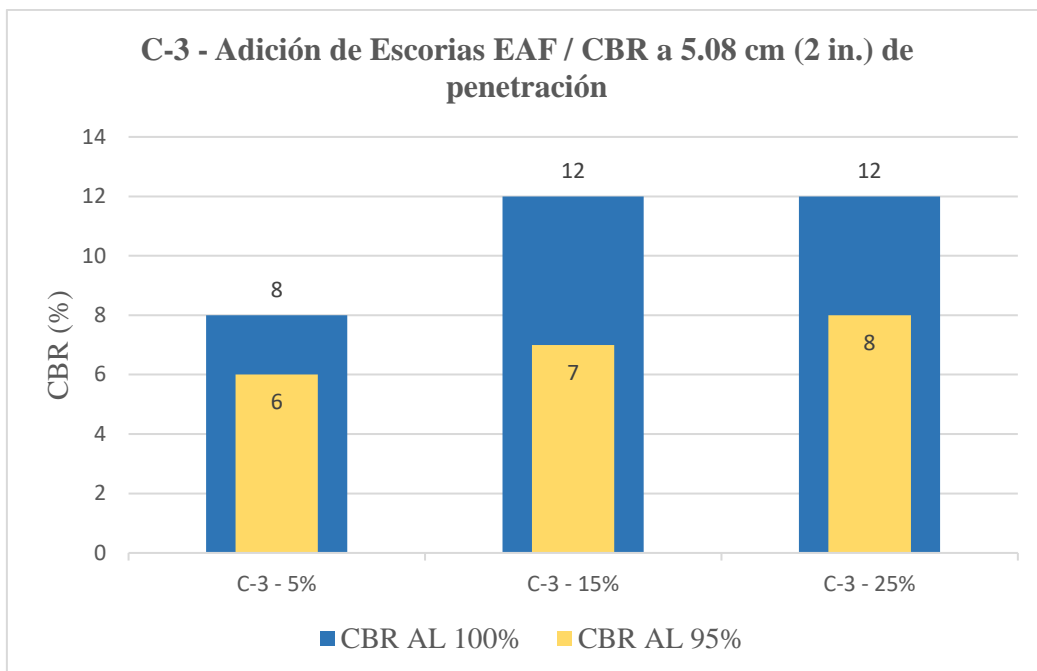
Gráfico 11. CBR a 2.54 cm (1 in) de penetración de la Calicata C-3 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 12 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para dos pulgadas (5.08 cm) de penetración de la calicata C-3 con adición del 5%, 15% y 25% de Escorias EAF.

Gráfico 12. CBR a 5.08 cm (2 in) de penetración de la Calicata C-3 con adición de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

5. Proponer la dosificación más óptima del contenido de escorias siderúrgicas.

5.1 Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

La Tabla 54 muestra los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra del suelo con 75% de adición de Escorias EAF.

Se tiene una máxima densidad seca de 2.464 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 7.34 %.

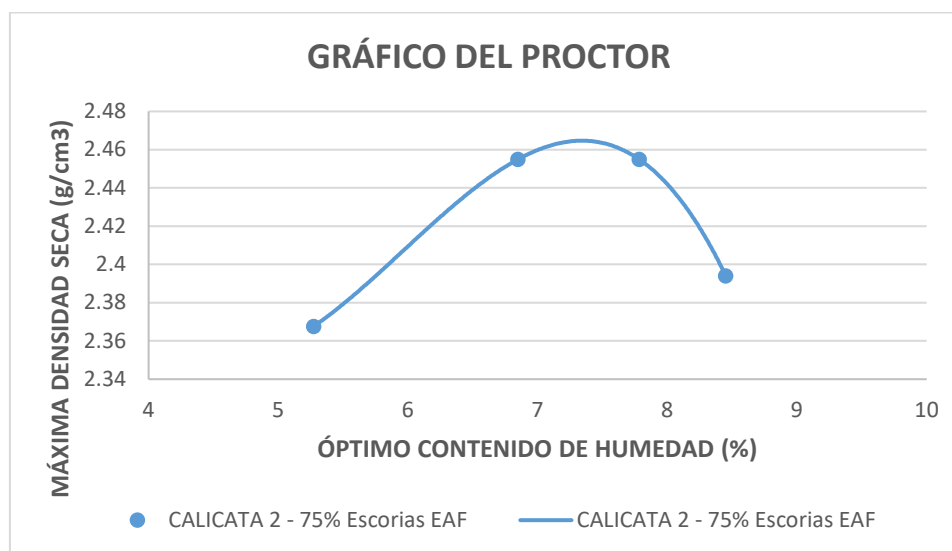
Tabla 54. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

PROCTOR MODIFICADO	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-2 - 75% Escorias EAF	2.464	7.34

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 13, se muestra las curvas del Proctor Modificado de la muestra adicionado con 75% de Escorias EAF, relacionando la densidad seca con el óptimo contenido de humedad.

Gráfico 13. Gráfico del Proctor Modificado de la muestra con 75% de Escorias EAF



Fuente: Elaboración propia

5.2 Capacidad resistente como subrasante – CBR

Mediante el ensayo de CBR para la muestra con 75% de adición Escorias EAF, se obtuvieron los siguientes resultados.

Para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 5 %, mientras que el CBR al 95 % es de 4 %.

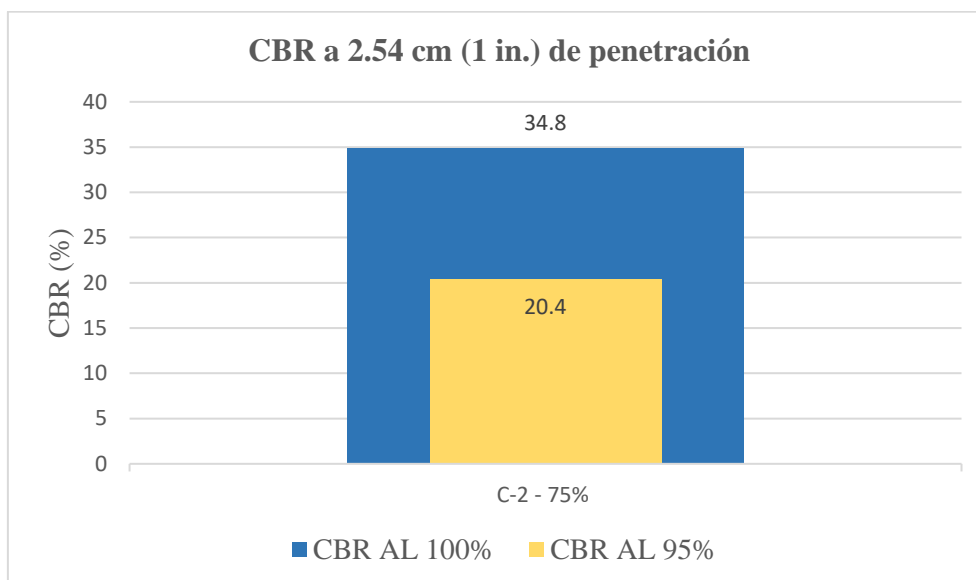
Tabla 55. Resumen del Ensayo de CBR de la muestra con 75% de Escorias EAF

CALICATA 2 - 75% Escorias EAF		
Máxima Densidad Seca al 100 %	2.46	g/cm ³
Máxima Densidad Seca al 95 %	2.34	g/cm ⁴
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.34	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 2.54 cm	34.8	%
CBR al 95% de M.D.S. a 2.54 cm	20.4	%
CBR al 100 % de M.D.S. a 5.08 cm	52.8	%
CBR al 95 % de M.D.S. a 5.08 cm	27	%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 14 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para una pulgada (2.54 cm) de penetración de la muestra de suelo adicionado 75% de Escorias EAF.

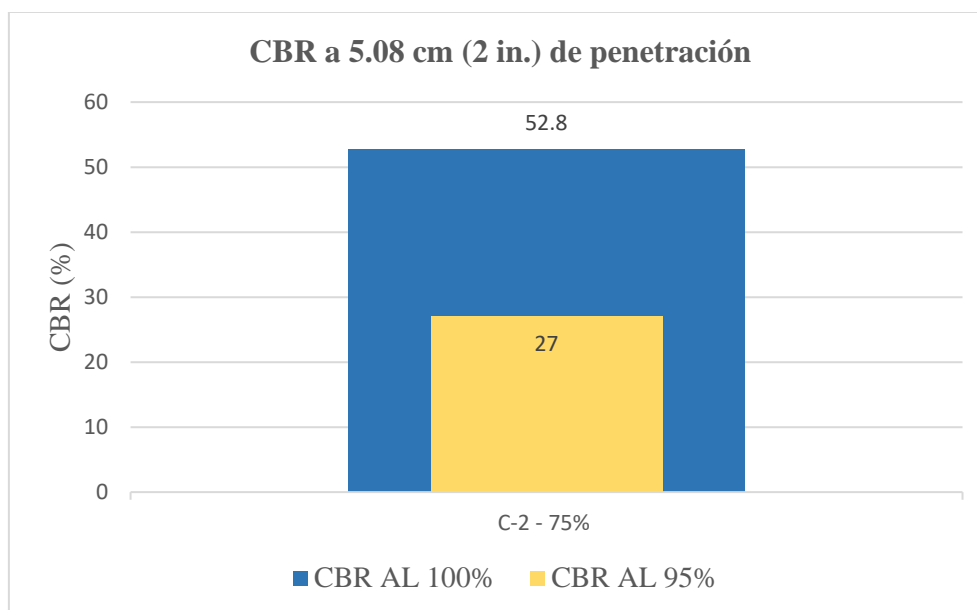
Gráfico 14. CBR a 2.54 cm (1 in.) de penetración



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 15 se muestra la variación del valor de CBR al 100% y al 95% para dos pulgadas (5.08 cm) de penetración de la muestra de suelo adicionado 75% de Escorias EAF.

Gráfico 15. CBR a 5.08 cm (2 in.) de penetración



Fuente: Elaboración propia

6. Proponer el análisis costo-beneficio del uso de escorias siderúrgicas para mejorar subrasantes en suelos arcillosos.

En la tabla 56, se muestra el resumen comparativo del presupuesto obtenido a través del análisis de costos unitarios para cada uno de los materiales elegidos para el análisis económico en la presente investigación.

Tabla 56. Resumen comparativo del presupuesto para mejorar 1 km de subrasante arcillosa $e=0.60m$

PRESUPUESTO PARA MEJORAR 1 KM DE SUBRASANTE ARCILLOSA $e=0.60m$	
MATERIAL ESTABILIZANTE	TOTAL
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CAL 4%	S/ 319,313.66
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CEMENTO 9%	S/ 1,071,426.16
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS EAF 5%	S/ 147,476.12
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS 15%	S/ 165,628.67
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON ESCORIAS 25%	S/ 183,781.22

Fuente: Elaboración propia

El Objetivo General de esta investigación es mejorar las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad usando escorias siderúrgicas en porcentajes de 5%, 15% y 25% en función del peso de suelo, por ello se tiene la siguiente discusión.

En los resultados, se obtuvo que el contenido de la humedad de las muestras patrón para la C-1, C-2, C-3 fue de 19.92 %, 20.96 %, 19.71 % respectivamente. Además, habiendo hallado los LL y LP, se determinó el IP de todas las muestras, con resultados de 23.54, 28.45 y 24.66, respectivamente. De acuerdo con lo establecido por el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos - MTC (2016), los suelos que presentan un IP superior a 20 se consideran altamente plásticos, lo cual es una característica que se observa únicamente en suelos con un alto contenido de arcilla, lo que favorece para el desarrollo de la investigación. Por esta razón, es fundamental realizar un proceso de mejora o estabilización en este tipo de suelos.

Los resultados obtenidos en el ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las muestra de suelo para la C-1, C-2 y C-3 mostraron valores inferiores del 0.2%, que, de acuerdo con el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción-EG-2013, nos indica que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para la estabilización o mejora del suelo, indicando así que está dentro de los parámetros aceptables para dichos procesos.

Asimismo, la Norma NTP 339.152 establece un límite aceptable de 15000 ppm para el contenido de sales, en nuestro estudio, las muestras C-2 y C-3 cumplen con este límite, pero la muestra C-1 presenta un valor ligeramente superior de 15500 ppm. A pesar de este exceso, se puede utilizar dicha para el propósito previsto, siempre y cuando se sigan las indicaciones, tratamientos o monitoreos que la normativa vigente sugiera.

En el análisis fisicoquímico de la muestra de agua, el pH arrojado fue de 7.82, cumpliendo con la normativa NTP 339.073 que establece un rango aceptable de 5.5 a 8.0 vol. Además, la concentración de sulfatos (SO_4^-) se tuvo un valor de 20.40 ppm, de acuerdo con la norma NTP 339.074 no puede exceder los 3,000 ppm. Estos datos confirman que el agua empleada en esta investigación se encuentra dentro de los límites aceptables indicados en la normativa vigente.

Dentro de la caracterización de las Escorias de Horno de Arco Eléctrico (EAF), se tiene un valor de Peso Específico de 3.221 con un porcentaje (%) de absorción de 29.521. El tamaño máximo y tamaño máximo nominal es de 1" y 3/4" respectivamente. No presenta índice de Plasticidad al ser un material granular y siendo considerado como un material A-1-a (0) dentro de la clasificación AASHTO y como un GP mediante la clasificación SUCS.

En cuanto a los resultados de la MDS y % óptimo de humedad para las muestras patrones, se puede ver la C-1 tiene una MDS de 1.791 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 17.0 %. Para la C-2 se tiene una MDS de 1.820 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 16.4 %. Y, por último, en el C-3 tiene una MDS de 1.770 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 18.65 %.

En cambio, los suelos arcillosos con adición de EAF, en C-1 con la adición de 5% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.792 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.0 %, con la adición de 15% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.881 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.5 % y con la adición de 25% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.921 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.2 %. Si se compara la muestra patrón C-1 con las muestras C-1 con escorias EAF, la MDS aumenta de 1.791g/cm³ a 1.921g/cm³ con escorias EAF al 25%, la que mostró mejor resultado, mostrando una notable mejoría del 7.26%.

Para la muestra C-2 con la adición de 5% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.840 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 15.0 %, con la adición de 15% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.867 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.1 % y con la adición de 25% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.859 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.6 %. A diferencia de la muestra patrón C-2, existe una variación de 1.820 g/cm³ a 1.867g/cm³, reflejando una variación de incremento del 2.14%. También tenemos que, la muestra C-3 con la adición de 5% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.876 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 17.6 %, con la adición de 15% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.810 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 16.2 % y con la adición de 25% de EAF se tiene una máxima densidad seca de 1.921 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 13.5 %. Se pudo observar que el aumento entre la C-1 y C-3 con adición de EAF del 25%, arrojan el mismo resultado, y si se compara con la muestra patrón C-3, aumenta en un 8.53%.

El CBR de las muestras patrón arrojaron resultados, la C-1 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 5 %, mientras que el CBR al 95 % es de 4 %. Para C-2 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 4 %, mientras que el CBR al 95 % es de 3 %. Para finalizar, la C-3 para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 6 %, mientras que el CBR al 95 % es de 3 %. Los parámetros de clasificación de subrasante del Manual de Carreteras del MTC Sección Suelos y Pavimentos (2014) establecen que, si el CBR es inferior al 3%, se considera que la subrasante es inadecuada, y si está en el rango del 3% al 6%, se la considera insuficiente. En este sentido, las muestras patrón que se han examinado en la investigación presentan un CBR por debajo del 6%, lo cual indica que no cumplen con los estándares necesarios para ser utilizadas como subrasantes.

Los resultados del CBR al 95% y al 100% para 1 pulgada, de las muestras patrón y las muestras con EAF. Para la muestra C-1, cuando no tiene adición de EAF, presenta CBR al 100 % es de 5 %, mientras que el CBR al 95 % es de 4 %; cuando se le adiciona % de Escorias

EAF, el que muestra mejores resultados es el de 25% de Escorias EAF, con CBR al 100% de 9%, mientras que el CBR al 95% es de 8%. Esta mejoría persiste en las muestras de C-2 y C-3 con adición al 25% de EAF. Según lo establecido en el Manual de Carreteras del MTC Sección Suelos y Pavimentos (2014), las muestras de suelos arcillosos que han sido mejorados con la adición máxima del 25% de Escoria EAF arrojan valores de CBR entre el 6% y 10%, lo cual los hace utilizables para ser clasificados como subrasantes regulares, esto significa que estos suelos han mejorado sus características de resistencia y estabilidad, y pueden soportar la carga del tráfico vehicular de manera adecuada.

Por lo tanto, conforme se aumenta la cantidad de Escorias EAF, se observa un incremento en el índice resistencia CBR. Estos resultados se asemejan con los obtenidos Para Wu et al (2019), en su investigación con escorias siderúrgicas residuales añadidas al 0%, 3%, 5%, 7% y 10%, en suelos expansivos, indicó que el CBR aumenta a mayor contenido de % de escorias, llegando a un 12% de CBR, con un 10% de escoria siderúrgica añadida; satisfaciendo los requisitos como subbase de carreteras según normas chinas. Shalabi et al (2016) realizó su estudio con adiciones de escoria al 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% como reemplazo de suelos arcillosos; mostrándole que a medida que aumenta el contenido de escoria de acero, aumenta el valor de CBR.

Los resultados dados por la presente investigación demostraron una mejoría de hasta un 125% en el CBR del suelo arcilloso con 25% de EAF, convirtiendo en apto el suelo para ser utilizado como subrasante. Por lo tanto, los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada: “El uso de escorias siderúrgicas mejora las propiedades mecánicas de las subrasantes en suelos arcillosos con diferentes índices de plasticidad”.

En vista a los resultados obtenidos en las dosificaciones propuestas (5%, 15, 25%), se observaba que el índice de CBR iba aumentando. Para demostrar esta variación y determinar la dosificación óptima del contenido de Escorias EAF, lo que se propuso fue ir incorporando % de escorias con una tendencia al 100% de adición para que esta mejorara sus propiedades mecánicas sin afectar su permeabilidad. En base a los resultados obtenidos en esta investigación acerca de la granulometría de las Escorias EAF, se determinó que la proporción adecuada de adición de escorias EAF a un suelo arcilloso es del 75%.

Es importante destacar que, para lograr el porcentaje óptimo de adición de Escorias EAF según los ensayos realizados, está en función a la granulometría de Escorias EAF como a la cantidad suficiente de suelo arcilloso que permita llenar los espacios vacíos entre cada partícula con dichas escorias, debido a que estas últimas son un material granular. Este aspecto resulta fundamental para obtener una mezcla homogénea y resistente, ya que los vacíos pueden

debilitar la subrasante y afectar tanto la capacidad de resistencia del suelo como su permeabilidad. También está en función al tipo de clasificación de subrasante que se requiera llegar.

Realizados los ensayo de Proctor Modificado y CBR de suelos, se obtuvo que la Máxima Densidad Seca es de 2.46 g/cm³ con un Óptimo Contenido de Humedad de 7.34 %. Mientras que los valores de CBR para 2.54 cm (1 in.) de penetración se tuvo que el CBR al 100 % es de 34.81 %, mientras que el CBR al 95 % es de 20.44 %. Con estos valores, de acuerdo con el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos – 2014, pasaría a considerarse una categoría de subrasante Muy Buena y Excelente, obteniendo así mejores índices de CBR que las dosificaciones antes propuestas (5%, 15% y 25%).

Con respecto al análisis costo-beneficio, se puede observar que el incremento del costo del uso de Cal Viva con un dosificación del 4% en comparación al 25% de Escorias EAF, es de 73.75%. Mientras que el incremento para el Cemento Portland con una dosificación del 9% es de 482.99%. Si bien es cierto, utilizar la Escoria EAF resulta rentable, sin embargo, si lo comparamos técnicamente frente a los resultados obtenidos por M. Castro y J. Navarro [23], en su estudio, utilizaron el Cemento Portland al 10% (un porcentaje cercano al empleado en nuestro estudio económico), y obtuvieron un valor de CBR de 105%, en comparación con el 9% obtenido en nuestra investigación. Esto demuestra que, a pesar del costo elevado del uso de cemento, técnicamente es una mejor opción. Así mismo, si comparamos lo estudios realizados por M. Angulo y C. Zavaleta [24] quienes emplearon 4% de Cal Viva, se obtuvo un valor de CBR de 44.31% siendo mayor al obtenido en esta investigación.

Es fundamental resaltar que, aunque existe una mejora técnica en las propiedades mecánicas al utilizar Escorias EAF, esta mejora es relativamente menor en comparación con los resultados obtenidos de otros materiales analizados. Sin embargo, los resultados obtenidos al utilizar las escorias EAF con un 25% de adición cumplen con los parámetros establecidos por el MTC para ser utilizadas como material para mejorar subrasantes, esto significa que el suelo estabilizado presenta un CBR superior a 6%. Esta característica, sumada a su viabilidad económica, lo convierte en una opción rentable tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Conclusiones

Las muestras patrón de suelo (C-1, C-2 y C-3) se clasificaron por SUCS y AASHTO, demostrando que son considerados como arcillas de baja y alta plasticidad y suelo arcilloso de calidad mala, respectivamente. Además, se determinó que el contenido de humedad en las muestras patrón para C-1, C-2 y C-3 fue de 19.92%, 20.96% y 19.71%, con un índice de plasticidad de 23.54%, 28.45% y 24.66, respectivamente, demostrando ser suelo arcilloso de alta plasticidad.

Se concluye que, según los ensayos realizados para determinar la concentración de sulfatos y sales solubles totales tanto en el suelo como en el agua, los resultados se encuentran dentro de los límites aceptables establecidos por el MTC en su Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción-EG-2013, así como en las normativas NTP 339.073, NTP 339.074 y NTP 339.152.

La Máxima Densidad Seca (MDS) de las muestras patrón C-1, C-2 y C-3 tuvieron un incremento de 7.26%, 2.14% y 8.53%, respectivamente, al adicionar 25% de EAF. En cuanto al óptimo contenido de humedad hubo una disminución del 22.35%, 10.98%, 27.61%, respectivamente.

La muestra C-1 con 25% de EAF a 2.54 cm (1 in) de penetración, tuvo un valor de CBR al 100% del 9%, mostrando un incremento del 80% con respecto a su muestra patrón C-1, mientras que el CBR al 95% es de 8% con un incremento del 100%. La muestra C-2 con 25% de EAF a 2.54 cm (1 in) de penetración, tuvo un valor de CBR al 100% del 9%, mostrando un incremento del 125% con respecto a su muestra patrón C-2, mientras que el CBR al 95% es de 8% con un incremento del 167%. La muestra C-3 con 25% de EAF a 2.54 cm (1 in) de penetración, tuvo un valor de CBR al 100% del 9%, mostrando un incremento del 50% con respecto a su muestra patrón C-3, mientras que el CBR al 95% es de 8% con un incremento del 167%.

Con esto concluye que la mejor dosificación de las planteadas en esta investigación, para mejorar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos de baja y alta plasticidad, es la de 25% de Escorias EAF.

Los CBR arrojados con la adición máxima del 25%, están entre 6% y 10%, siendo considerados utilizables para subrasantes como categoría de regulares.

Los materiales reutilizables como la escoria EAF pueden llegar a ser empleados en la estabilización de suelos arcillosos, presentando mejoras de acuerdo a un % óptimo de adición de ellos sobre el suelo natural usado en subrasantes.

Se concluye que la dosificación óptima para obtener los mejores resultados en las propiedades mecánicas es aquella que presenta un mayor contenido de escorias EAF y una cantidad suficiente de suelo arcilloso que permita realizar la compactación de manera efectiva y llenar todos los vacíos de la mezcla. Es importante destacar que esta proporción ideal está directamente relacionada con la granulometría de las Escorias EAF utilizadas. Al encontrar el equilibrio adecuado entre el contenido de escorias EAF y la cantidad de suelo arcilloso, se logra obtener un material estabilizado de alta calidad sin afectar su permeabilidad.

Considerando únicamente el costo de obtención del material, se concluye que el uso de escorias EAF en los porcentajes establecidos en esta investigación para mejorar las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos arcillosos resulta ser beneficioso desde el punto de vista económico en comparación con el uso de Cal Viva y Cemento Portland con el mismo propósito. Esta ventaja económica se debe al bajo costo asociado a la obtención de las escorias directamente desde la planta siderúrgica, logrando optimizar la relación costo-beneficio en los proyectos de estabilización de subrasantes, proporcionando una solución más rentable sin comprometer la calidad y las propiedades mecánicas deseadas del suelo estabilizado.

Recomendaciones

Se recomienda continuar el desarrollo de esta línea de investigación mediante estudios que utilicen Escorias EAF con una granulometría más fina que la empleada en este estudio, así como también considerar el uso de escorias EAF trituradas. En ambos casos, se debe evaluar su rendimiento en términos del índice de CBR y también analizar su viabilidad económica.

Se recomienda continuar el desarrollo de esta línea de investigación para evaluar posibles cambios en las características de las Escorias EAF a lo largo del tiempo, a fin de conocer su vida útil y así obtener un estudio completo sobre su uso como material de mejoramiento de suelos.

Se sugiere continuar investigando, empleando porcentajes de adición de Escorias EAF dentro de un rango de 50% a 75%, con el objetivo de observar si se obtienen resultados más favorables.

Para impulsar el uso de Escorias EAF en proyectos de inversión tanto públicos como privados, se recomienda llevar a cabo un análisis económico a gran escala. Esto permitirá que las escorias EAF se conviertan en un material industrializado y sirvan como un incentivo para su adopción en diferentes proyectos.

Se sugiere continuar la investigación utilizando Escorias EAF en suelos arcillosos con un Índice de Plasticidad (I.P.) mayor o igual a 30%. Esto permitirá obtener un registro completo sobre el uso de Escorias EAF y determinar si es aplicable a diferentes tipos de suelos arcillosos, independientemente de su I.P.

Referencias

- [1] A. Aristo Cikmit, K. Sogawa, H. Honda, G. Kang, T. Tsuchida y H. Honda, «Expansion characteristic of steel slag mixed with soft clay,» *Construction and Building Materials*, 10 Diciembre 2019.
- [2] B. Xu y Y. Yi, «Soft clay stabilization using ladle slag-ground granulated blastfurnace slag blend,» *Applied Clay Science*, vol. 178, 15 September 2019.
- [3] H. A. Rondon Quintana, M. Muniz de Farias y F. A. Reyes Lizcano , «Uso de escorias de alto horno y acero,» *Universidad de Medellín*, p. 27, 04 Marzo 2018.
- [4] A. Aristo Cikmit, T. Tsuchida, K. Takeyama, R. Hashimoto , T. Noguchi y K. Kaya, «Effects of primary curing and subsequent disturbances on strength development of steel slag-treated marine clay,» *Soils and Foundations*, vol. 61, pp. 1287-1301, October 2021.
- [5] Ministerio del Ambiente, «Plataforma digital única del Estado Peruano,» 25 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/343878-minam-produce-y-siderperu-firman-acuerdo-de-produccion-limpia>. [Último acceso: 10 Junio 2022].
- [6] M. Salimi y A. Ghorbani, «Mechanical and compressibility characteristics of a soft clay stabilized by slag-based mixtures and geopolymers,» *Applied Clay Science*, vol. 184, January 2020.
- [7] F. I. Shalabi, I. M. Asi y H. Y. Qasrawi, «Effect of by-product steel slag on the engineering properties of clay soils,» *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 29, pp. 394-399, October 2017.
- [8] L. A. Cohen Peña y P. A. Paz Castillo, «Mejoramiento de Suelos Arcillosos de la Ruta N° Li- 810 con trayectoria: Emp. Pe-3n (Quiruvilca) – Bandurria, con escoria de acero blanca,» Repositorio Académico UPC, Lima, 2022.
- [9] W. L. Reynaga Flores y D. Y. Rodriguez Llerena, «Análisis económico del transporte de escoria de acero en reemplazo de agregado en el Perú,» Repositorio Académico UPC, Lima, 2020.

- [10] S. D. Ocupa Meza y H. Troyes Mego, «Adición de escoria de acero para estabilizar la subrasante en la Carretera Tramo Puente Blanco - Chunchuquillo, Colasay – Jaén – Cajamarca - 2021,» Repositorio UCV, Lima, 2021.
- [11] E. Mina , R. I. Kusuma y N. Ulfah, «Utilization of steel slag and fly ash in soil stabilization and their effect to california bearing ratio (CBR) value. (Case study: Kp. Kadusentar road Medong village Mekarjaya Subdistrict Pandeglang District),» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 673, 2019.
- [12] M. Á. Ospina García , S. B. Chaves Pabón y L. M. Jiménez Sicachá, «Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso,» *Rev.investig.desarro.innov.*, vol. 11, nº 1, pp. 185-197, 2020.
- [13] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS - SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS, Lima: R.D. N°10-2014-MTC/14, 2014, p. 9.
- [14] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, Lima: RD N°18-2016-MTC/14, 2016.
- [15] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción-EG-2013, vol. 1, 2013.
- [16] C. Crespo Villalaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Quinta Edición ed., México: Limusa, 2004, p. 18.
- [17] M. D. Braja , Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Cuarta ed., México: Cengage Learning Editores, S.A., 2015, pp. 78-87.
- [18] H. K. Preetham , S. Nayak y E. V. Surya , «Experimental investigation on the stabilization of soft clay using granulated blast furnace slag,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 561, p. 3, 2019.
- [19] G. Kang , A. Aristo Cikmit , T. Tsuchida , H. Honda y Y.-s. Kim , «Strength development and microstructural characteristics of soft dredged clay stabilized with basic oxygen furnace steel slag,» *Construction and Building Materials*, vol. 203, pp. 501-513, 2019.
- [20] M. Knadel , H. Ur Rehman, N. Pouladi, L. Wollesen de Jonge, P. Moldrup y E. Arthur, «Estimating Atterberg limits of soils from reflectance spectroscopy and pedotransfer functions,» *Geoderma*, vol. 402, 15 November 2021.

- [21] C. Sagar, M. Badiger, K. Mamatha y S. Dinesh, «Prediction of CBR using dynamic cone penetrometer index,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 60, n° 1, pp. 223-228, 2022.
- [22] M. Borja Suárez, *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*, Chiclayo, 2016.
- [23] M. Castro Gonzales y J. Navarro Pereyra, «Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico,» *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas(UPC)*, Lima, 2019.
- [24] M. Angulo Roldan y C. N. Zavaleta Papa, «Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019,» *Universidad Científica del Perú UCP*, Iquitos, 2019.
- [25] M. D. AMBIENTE, «Plataforma digital única del Estado Peruano,» [En línea].

Anexos

Anexo 1. Informe emitido por la universidad hacia la empresa siderúrgica SIDERPERÚ, para solicitar el material de escorias siderúrgicas.



INFORME N° 020-2022-USAT-EICA

Para : Jorge Castillo
Jefe de Responsabilidad Social - Empresa SIDERPERÚ

De : Dr. Ángel Antonio Ruiz Pico
Director de Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Asunto : Pedido de material escoria EAF (Horno Arco Eléctrico).


Fecha : Chiclayo, 22 de setiembre del 2022.

Mediante el presente me dirijo a ustedes para para informarles de las actividades académicas de uno de nuestros estudiantes con la finalidad de solicitar material residuo escoria EAF (Horno Arco Eléctrico) de su empresa para investigación académica formativa.

El estudiante LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER con Código Universitario 161TD65052 se encuentran cursando la asignatura de SEMINARIO DE TESIS I en la Titulación de Ingeniería Civil Ambiental.


El trabajo lleva por título: USO DE ESCORIAS SIDERÚRGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARCILLOSOS.

Es todo en cuanto tengo que informar para los fines pertinentes:

Atentamente

Dr. Ángel Antonio Ruiz Pico
Director (e) Escuela Ingeniería
Civil Ambiental

Anexo 2. Guía de remisión sobre entrega de la donación de Escoria Horno Arco Eléctrico (EAF)

This content is Public.



EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A.
 AV. LOS ROSALES Nº 245 CENTRAL: 618-6668 FAX: 362-5855
 SANTA ANITA - LIMA - PERU
 AV. SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO S/N ZI. ZONA INDUSTRIAL
 CHIMBOTE - SANTA - ANCASH TELF.: (043) 453000 FAX: (043) 322497

R.U.C.: 20402885549

GUIA DE REMISION REMITENTE

Nº 004 - 0118678

DESTINATARIO: _____
 DIRECCION: _____
 R.U.C.: _____
 TIPO DOC. IDENT. **EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A** MOTIVO: 1. VENTA 7. EMISOR ITINERANTE DE
 PTO. LLEGADA **AV. SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO S/N CHIMBOTE** 2. COMPRA COMPROBANTES DE PAGO
 PTO. PARTIDA **20402885549** 3. TRANSFORMACION 8. VENTA SUJETA A CONFIRMACION
 FECHA PARTIDA _____ 4. CONSIGNACION 9. TRASLADO ZONA PRIMARIA
 Nº COMPROBANTE DE PAGO _____ 5. DEVOLUCION 10. RECOJO DE BIENES TRANSFORMADOS
 CLIENTE _____ 6. TRASLADO ENTRE ESTABLECIMIENTOS 11. VENTA CON ENTREGA A TERCEROS
 R.U.C. _____ 12. OTROS Donacion
 COND. PAGO _____ VENDEDOR _____

IT	CODIGO	DESCRIPCION	UM	UND.	P. PEDIDO	PESO DESPACHADO
1	ESCORIA		KG	130		

OBSERVACIÓN: SE REALIZA DONACIÓN A ANGEL RUIZ PICO

19 OCT. 2022 11:03

FICHA: 70917262 IRMA: Olivier

[Signature]
 Juan M. Gonzalez M.
 40962815.

PESO TOTAL: _____

SOLICITANTE: ANGELICA MARIA HORNA TAMARIZ

TRANSPORTISTA _____	RECIBI CONFORME CLIENTE _____
DOMICILIO FISCAL _____	
R.U.C. _____	
CHOFER _____ BREVETE _____	
MARCA UNIDAD TRANSPORTE _____ PLACA _____	
CONSTANCIA DE INSCRIPCION _____	

VENTAS _____

RECIBI CONFORME TRANSPORTISTA _____

99313132.

VIGILANCIA _____

GRAFICA ECOPRINT S.A.C.
 R.U.C. 20544239342 Telf: 505-4501
 Aut. Nº 14445656023 FI: 19/11/2020
 Serie 004 del 117.001 al 119.500

RECIBI CONFORME CLIENTE

19 OCT 2022

ATENDIDO ANTHONY QUISPE

LA MERCADERIA VIAJA POR CUENTA Y RIESGO DEL COMPRADOR.
 CUANDO EL COMPRADOR, ENCARGUE RECOGER LA MERCADERIA, ENVIARA UNA ORDEN DE ENTREGA INDICANDO EL NOMBRE DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE O PERSONA ENCARGADA

DESTINATARIO

Anexo 3. Panel Fotográfico



Vista general de la zona donde fueron extraídas las muestras de la calicata C-1, C-2 y C-3



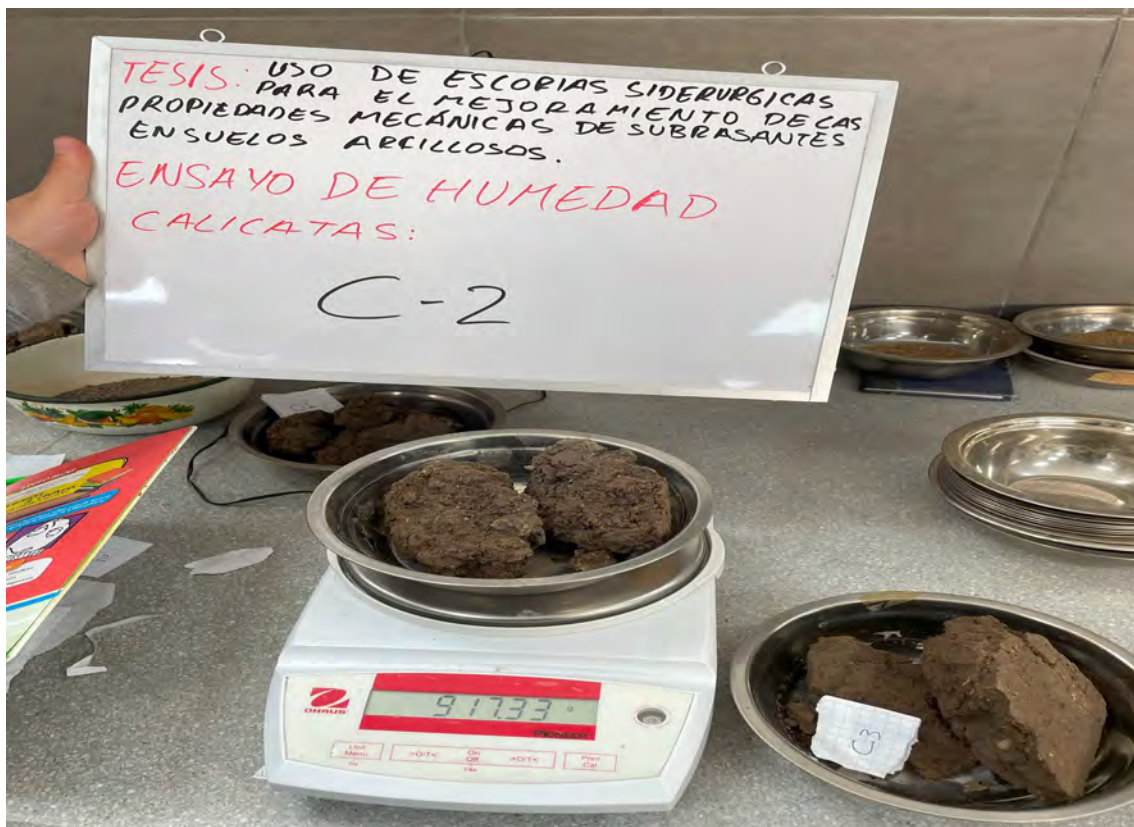
Extracción de muestra de suelo arcilloso de la Calicata C-2



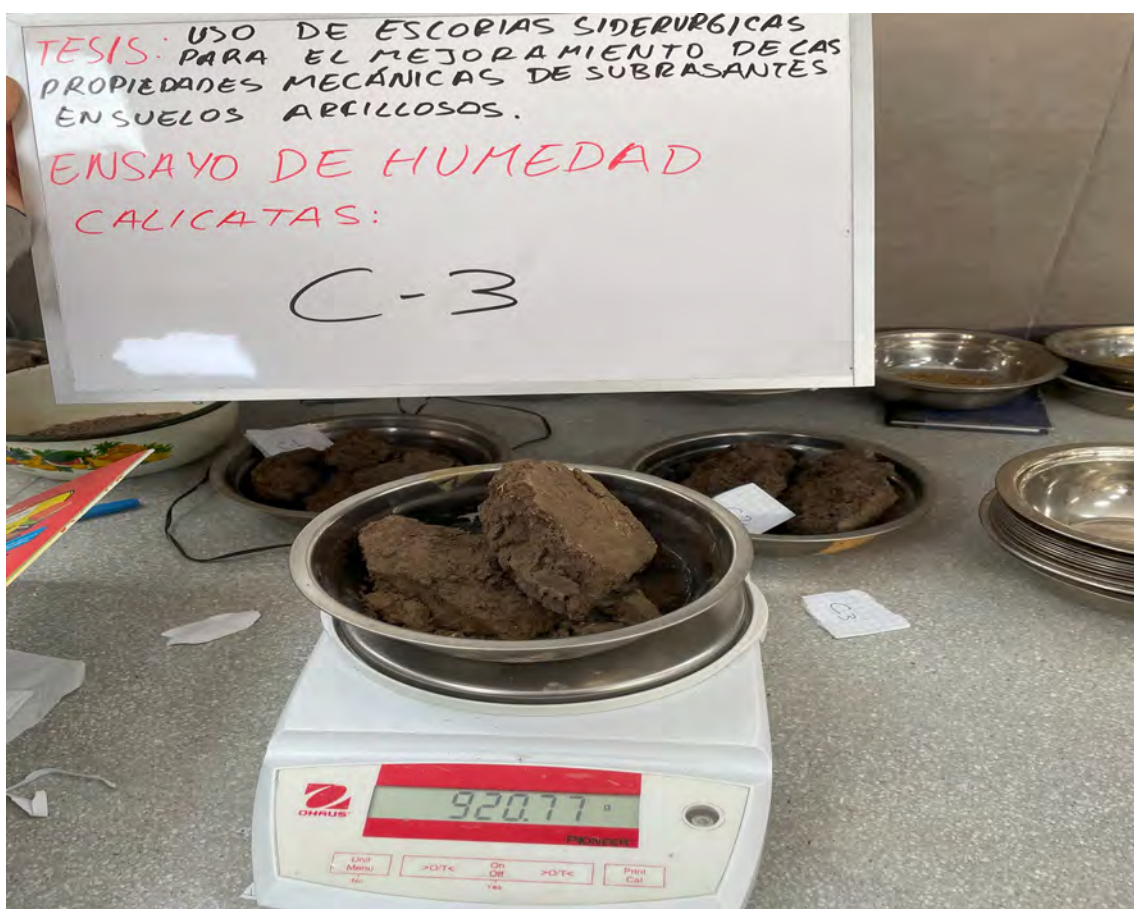
Traslado y acopio de los 9 sacos de muestras de suelo arcilloso pertenecientes a la calicata C-1, C-2 y C-3, en las instalaciones del laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



Peso de la muestra de la calicata C-1 para determinar el contenido de humedad



Peso de la muestra de la calicata C-2 para determinar el contenido de humedad



Peso de la muestra de la calicata C-3 para determinar el contenido de humedad



Tamices empleados para realizar el análisis granulométrico de la muestra de suelos arcillosos de las 3 calicatas



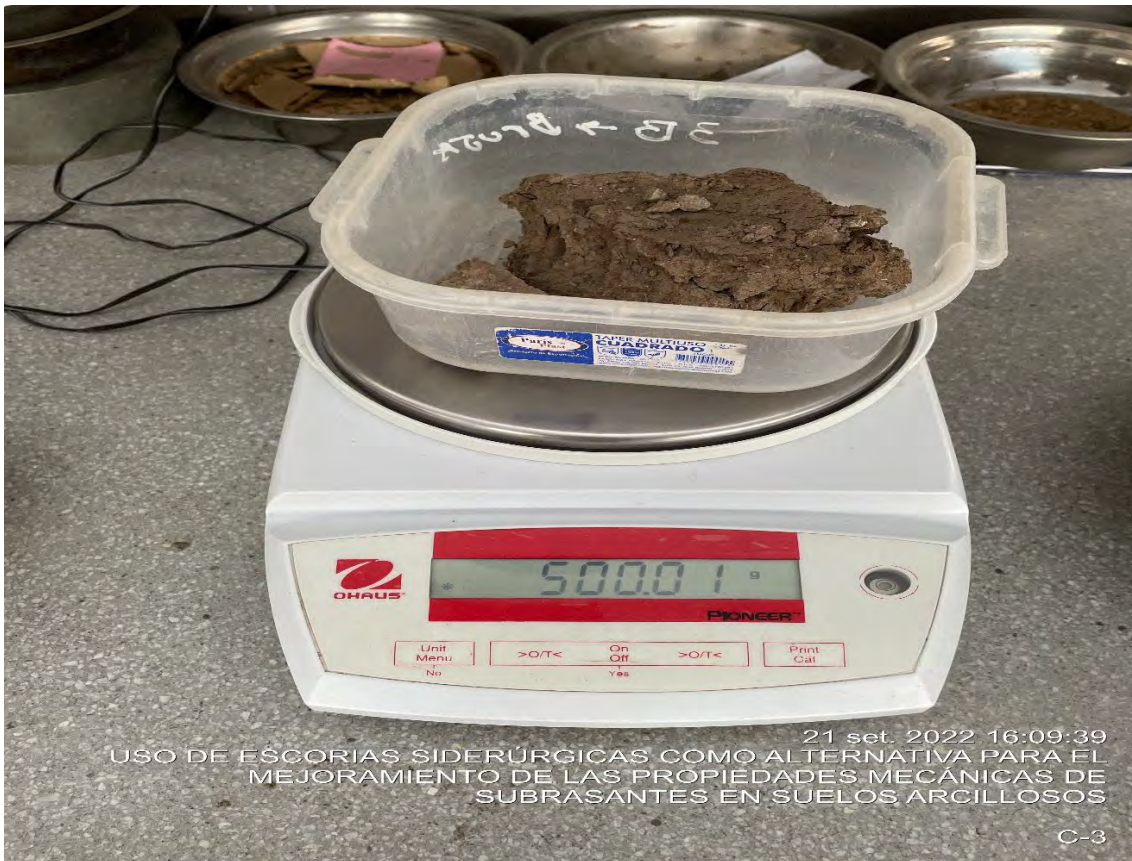
Peso de la muestra lavada para realizar el ensayo de granulometría



Peso de la muestra de suelo arcilloso de la C-1 que será empleada en los ensayos de límite líquido y límite plástico



Peso de la muestra de suelo arcilloso de la C-2 que será empleada en los ensayos de límite líquido y límite plástico



Peso de la muestra de suelo arcilloso de la C-3 que será empleada en los ensayos de límite líquido y límite plástico



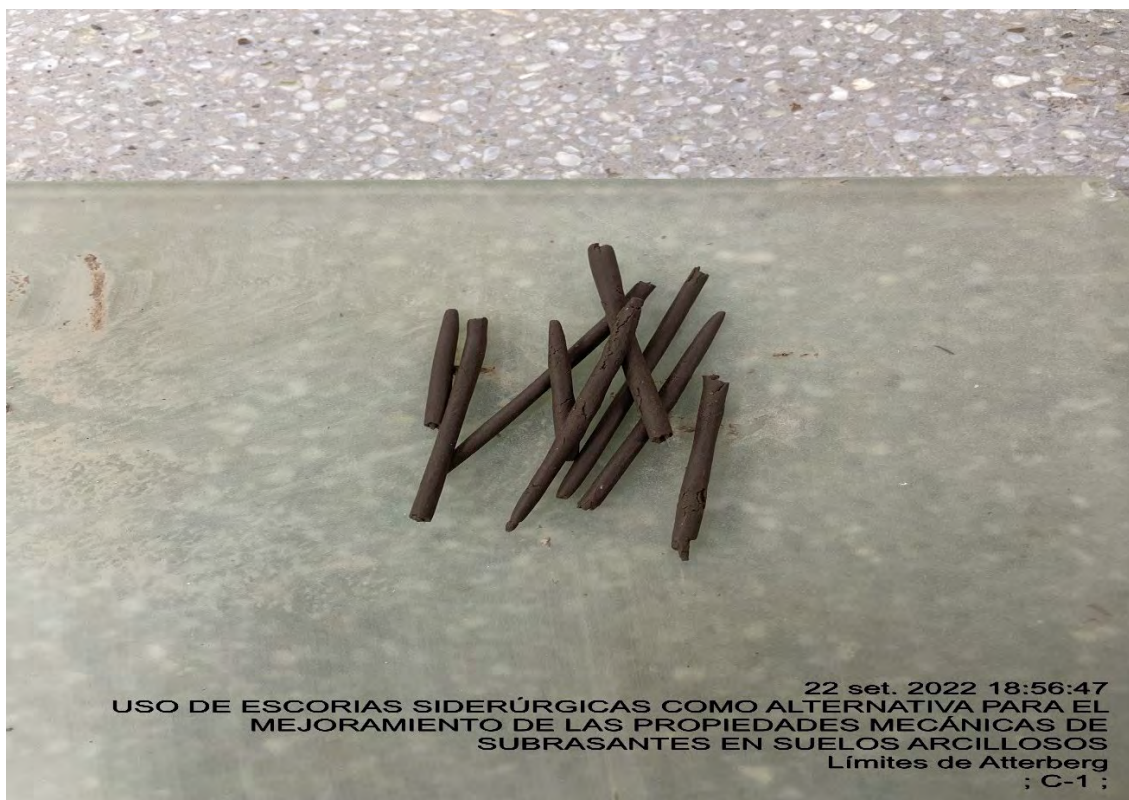
Muestra colocada en la copa de Casagrande y dividida por el acanalador para determinar el límite líquido



Toma de los especímenes correspondientes a la C-1, C-2 y C-3 para determinar el límite líquido mediante el ensayo de copa de Casagrande



Secado al horno de los especímenes correspondientes a la C-1, C-2 y C-3 para determinar el límite líquido mediante el ensayo de copa de Casagrande



Realización de bastones de acuerdo con el ensayo para determinar el límite plástico



Toma de muestra de los bastones correspondientes a la C-1, C-2 y C-3 para el pesado de acuerdo con el ensayo para determinar el límite plástico



Extendido de las muestras de suelo de las Calicatas C-1, C-2 y C-3 para el secado correspondiente



Muestra seca de suelo de las Calicatas C-1, C-2 y C-3 para el inicio de los ensayos de Proctor Modificado y CBR de Suelos



Triturado y tamizado de las muestras de suelo arcilloso para emplear en el ensayo de Proctor Modificado y CBR



Homogeneización del suelo arcilloso con el contenido de agua para la realización del ensayo de Proctor Modificado por el método A



Compactado del suelo arcilloso con el contenido de agua haciendo uso de energía modificada para la realización del ensayo de Proctor modificado por el método A



Pesado de los moldes a utilizar en el ensayo de CBR de Suelos



Proceso de enrasado de las muestras en el ensayo de CBR para el suelo patrón



Muestras listas para ser sumergidas en agua por un periodo de 4 a 5 días de la C-1, C-2 y C-3 continuando con el ensayo de CBR en el suelo patrón



Muestra sumergida en agua por un periodo de 4 a 5 días de la C-1, C-2 y C-3, para posteriormente determinar el valor de CBR



Medición de la expansión por 96 h correspondiente al ensayo de CBR de Suelos



Proceso de penetración a las muestras de la C-1, C-2 y C-3 como fase final para determinar el valor de CBR



Entrega del material de las Escorias EAF en las instalaciones de la planta siderúrgica SIDERPERU en la ciudad de Chimbote



Peso de la muestra de Escorias EAF retenida en el tamiz 1/2" correspondiente al ensayo de Análisis Granulométrico



Tamizado de la muestra de Escorias EAF para realizar el ensayo de Análisis Granulométrico



Peso de la muestra de Escorias EAF para realizar el ensayo de Peso Específico



Secado superficial de la muestra de Escorias EAF correspondiente al ensayo de Peso Específico



Peso de las Escorias EAF en función al porcentaje planteado en esta investigación con las muestras de suelos arcillosos de las Calicatas C-1, C2 y C-3



Almacenado con las muestras de suelos arcillosos de las Calicatas C-1, C2 y C-3 con las Escorias EAF en sus diferentes dosificaciones, hasta el momento de utilizar



Proceso de homogenización para el posterior compactado de las muestras de Suelo con Escorias EAF para realizar el ensayo de CBR de Suelos



Toma de especímenes para determinar la humedad correspondiente al ensayo de CBR



Preparación de moldes con la carga para el ensayo de CBR de Suelos



Muestra sumergida en agua por un periodo de 4 días para determinar el valor de CBR de las muestras con adición de Escorias EAF en sus diferentes porcentajes



Medición de la expansión por 96 h para determinar el valor de CBR de las muestras con adición de Escorias EAF en sus diferentes porcentajes



Proceso de penetración a las muestras de la C-1, C-2 y C-3 como fase final para determinar el valor de CBR de las muestras con adición de Escorias EAF en sus diferentes porcentajes

Anexo 4. Resultados de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Llatas Contreras Jhamir Alessander
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022
 Calicata : C-1
 Nivel freático : No se encontro

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra Nº	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.10	A C I E L O A B I E R T O	M - 1		CL A-7-6 (14)	Arcilla de Baja Plasticidad con Arena Limite liquido : 43.7% Limite plástico : 20.2% Índice de plasticidad : 23.5% Humedad natural : 19.9%
1.50					

Observaciones:
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante


TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



Solicitante : Llatas Contreras Jhamir Alessander
Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Entrega : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Calicata : C-2
Nivel freático : No se encontro

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.10	A C I E L O A B I E R T O	M - 1		CH A-7-6 (18)	Limo de Alta Plasticidad con Arena Limite liquido : 51.3% Limite plástico : 22.8% Índice de plasticidad : 28.5% Humedad natural : 21.0%
3.00					

Observaciones:
Muestreo e identificación realizados por el solicitante

TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Llatas Contreras Jhamir Alessander
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Calicata : C-3
 Nivel freático : No se encontro

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra Nº	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.10	A C I E L O A B I E R T O	M - 1		CL A-7-6 (15)	Arcilla de Baja Plasticidad con Arena Limite liquido : 45.1% Limite plástico : 20.5% Índice de plasticidad : 24.7% Humedad natural : 19.7%
3.00					

Observaciones:
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante

TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA

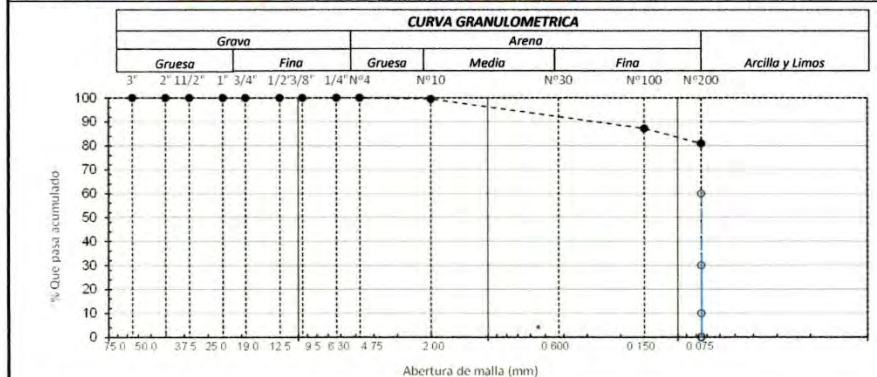


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESIS : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107
 Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 500.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 95.06 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 500.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 43.7 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 20.18 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 23.54 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (14)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº10	2.360	2.49	0.5	0.5	99.5	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	5.67	1.1	1.6	98.4	P.S.Seco 500 P.S.Lav 95 (%) 200 81.0
Nº40	0.600	5.31	1.1	2.7	97.3	% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº50	0.300	7.35	1.5	4.2	95.8	
Nº100	0.150	43.01	8.6	12.8	87.2	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	31.23	6.2	19.0	81.0	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	404.94	81.0	100.0	0.0	Coef. Curvatura



TÉCNICO DE LABORATORIO  TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA 
--	--



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



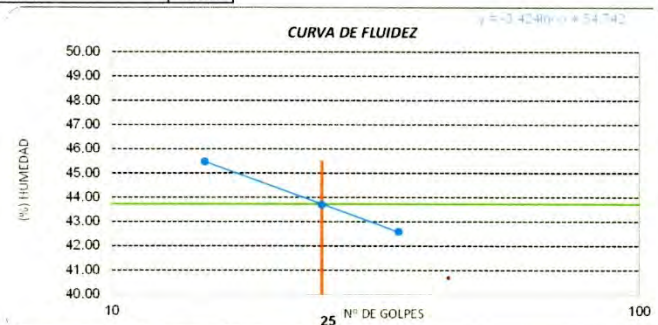
Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESIS : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111

Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-1	P-32	P-31		
N° de tarro				2	
N° de golpes	35	25	15		
Tarro + suelo húmedo	38.53	34.86	26.98	11.08	
Tarro + suelo seco	31.81	29.15	20.75	10.4	
Agua	6.72	5.71	6.23	0.68	
Peso del tarro	16.03	16.08	7.05	7.03	
Peso del suelo seco	15.78	13.07	13.7	3.37	
Porcentaje de humedad	42.59	43.69	45.47	20.18	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	43.72
Límite Plástico	20.18
Índice de Plasticidad	23.54



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Lugar : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107
 : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111
 : N.T.P. 399.127: 1998 - MTC E 108

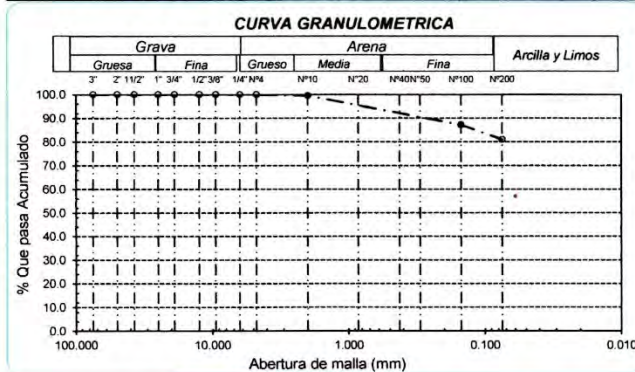
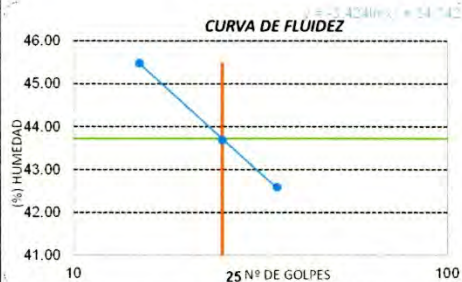
Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.5	99.5
N° 20	0.850	1.6	98.4
N° 50	0.300	4.2	95.8
N° 100	0.150	12.8	87.2
N° 200	0.075	19.0	81.0

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G. F %	A.G %
	0.0	0.0	0.0
			0.5
% Arena	A.M %	A.F %	
	2.2	16.3	19.0
% Arcilla y Limo			81.0
Total			100.0

Contenido de Humedad	
	19.9

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	43.72 (%)
Límite Plástico (LP)	20.18 (%)
Índice Plástico (IP)	23.54 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad con arena
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (14)
Descripción	MALO



TÉCNICO DE LABORATORIO TESIISTA



Handwritten signature in green ink.



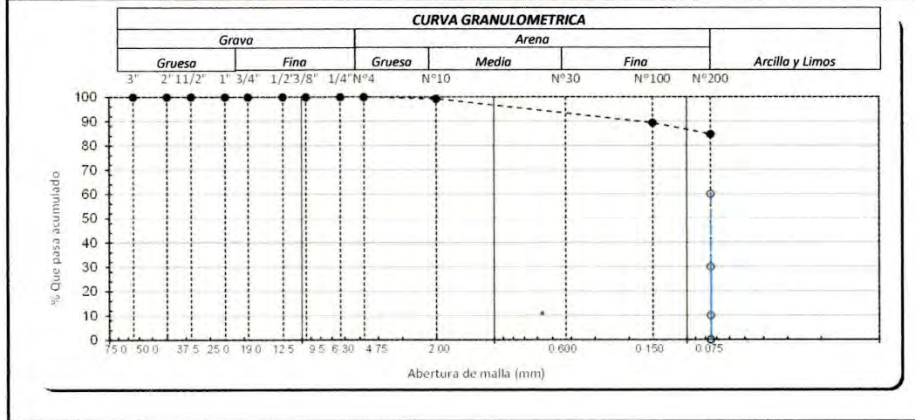
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESISTA : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107

Calicata: C-02 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 500.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 76.27 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 500.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 51.3 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 22.83 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 28.45 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (18)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CH
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	Arcilla de alta plasticidad con arena
Nº10	2.360	3.38	0.7	0.7	99.3	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	3.91	0.8	1.5	98.5	
N40	0.600	4.62	0.9	2.4	97.6	% HUMEDAD
Nº50	0.300	8.12	1.6	4.0	96.0	
Nº100	0.150	32.92	6.6	10.6	89.4	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	23.32	4.7	15.3	84.7	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	423.73	84.7	100.0	0.0	Coef. Curvatura



TÉCNICO DE LABORATORIO TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
--	--------------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



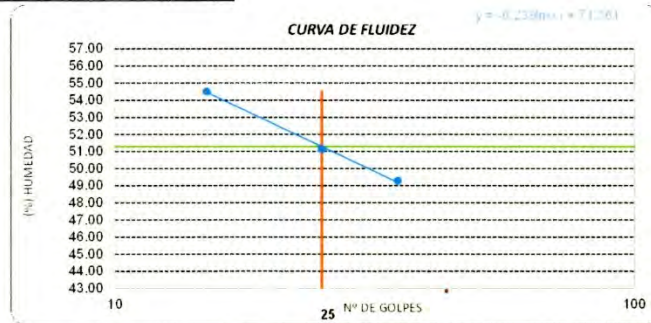
Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESISISTA : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111

Calicata: C-02 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	P-10	P-27	P-25		
N° de tarro				2	
N° de golpes	35	25	15		
Tarro + suelo húmedo	18.64	21.24	18.51	16.29	
Tarro + suelo seco	14.91	16.46	14.45	15.5	
Agua	3.73	4.78	4.06	0.79	
Peso del tarro	7.34	7.11	7	12.04	
Peso del suelo seco	7.57	9.35	7.45	3.46	
Porcentaje de humedad	49.27	51.12	54.50	22.83	

CONSISTENCIA FISIÇA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	51.28
Límite Plástico	22.83
Índice de Plasticidad	28.45



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos
 Lugar : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107
 : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111
 : N.T.P. 339.127: 1998 - MTC E 108

Calicata: C-02

Muestra: M-1

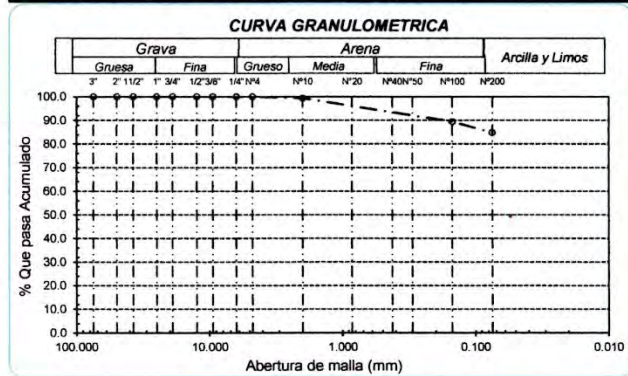
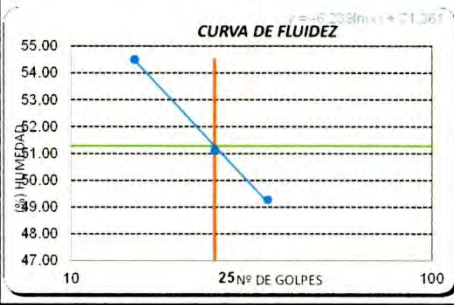
Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	100.0
Nº 10	2.000	0.7	99.3
Nº 20	0.850	1.5	98.5
Nº 50	0.300	4.0	96.0
Nº 100	0.150	10.6	89.4
Nº 200	0.075	15.3	84.7

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
	0.0	0.0	0.0
% Arena	A.M. %	A.F. %	
	1.7	12.9	15.3
% Arcilla y Limo	84.7		84.7
Total	100.0		100.0

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	51.28 (%)
Límite Plástico (LP)	22.83 (%)
Índice Plástico (IP)	28.45 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CH
Descripción del suelo	Arcilla de alta plasticidad con arena
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (18)
Descripción	MALO

Contenido de Humedad	
	21.0



TÉCNICO DE LABORATORIO TESISTA



[Handwritten signature]

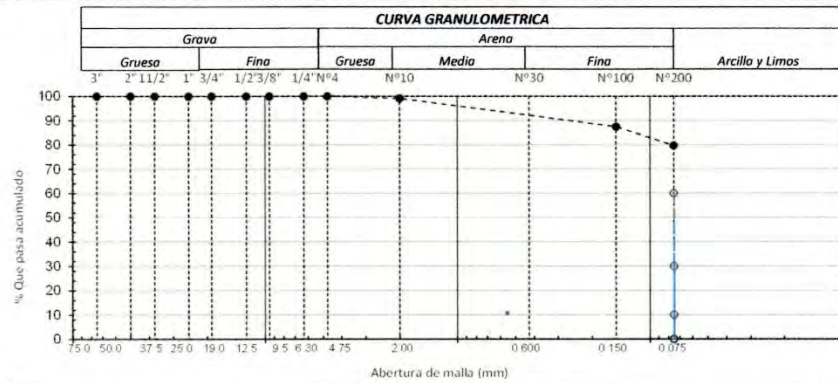


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESIS : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107
 Calicata: C-03 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 500.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 101.93 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 500.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 45.1 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 20.47 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 24.66 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (15)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº10	2.360	4.70	0.9	0.9	99.1	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	4.04	0.8	1.7	98.3	
Nº40	0.600	3.85	0.8	2.5	97.5	% HUMEDAD
Nº50	0.300	6.21	1.2	3.7	96.3	
Nº100	0.150	44.02	8.8	12.5	87.5	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	39.11	7.8	20.3	79.7	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	398.07	79.6	99.9	0.1	Coef. Curvatura



TÉCNICO DE LABORATORIO 	TESISTA
---------------------------------------	--------------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



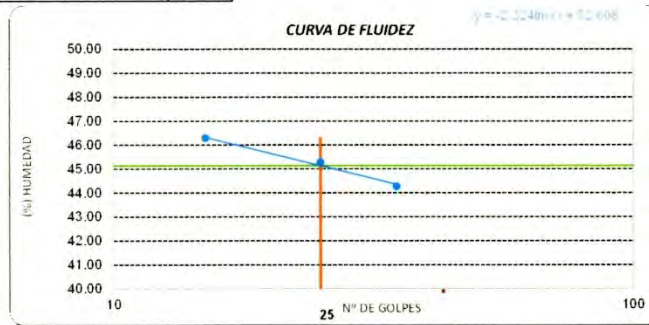
Solicitante : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESIS : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 TESIS : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111

Calicata: C-03 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	P-10	P-27	P-25		
N° de tarro				2	
N° de golpes	35	25	15		
Tarro + suelo húmedo	20.07	21.35	17.49	18.72	
Tarro + suelo seco	16.14	16.94	14.25	17.58	
Agua	3.93	4.41	3.24	1.14	
Peso del tarro	7.26	7.2	7.25	12.01	
Peso del suelo seco	8.88	9.74	7	5.57	
Porcentaje de humedad	44.26	45.28	46.29	20.47	

CONSISTENCIA FISIÇA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	45.13
Límite Plástico	20.47
Índice de Plasticidad	24.66



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos
 Lugar : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999 - MTC E 107
 : N.T.P. 399.131 - MTC E 110 - MTC E 111
 : N.T.P. 339.127: 1998 - MTC E 108

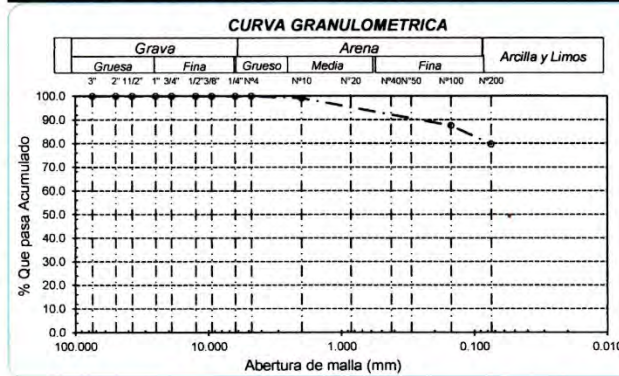
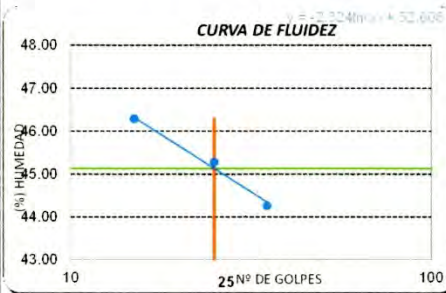
Calicata: C-03 Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	100.0
Nº 10	2.000	0.9	99.1
Nº 20	0.850	1.7	98.3
Nº 50	0.300	3.7	96.3
Nº 100	0.150	12.5	87.5
Nº 200	0.075	20.3	79.7

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
	0.0	0.0	0.9
% Arena	A.M. %	A.F. %	Total
	1.6	17.8	20.3
% Arcilla y Limo	79.7	79.7	79.7
Total	100.0	100.0	100.0

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	45.13 (%)
Límite Plástico (LP)	20.47 (%)
Índice Plástico (IP)	24.66 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad con arena
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (15)
Descripción	MALO

Contenido de Humedad	
Contenido de Humedad (%)	19.7



TÉCNICO DE LABORATORIO _____ TESISTA _____



Handwritten signature in green ink



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



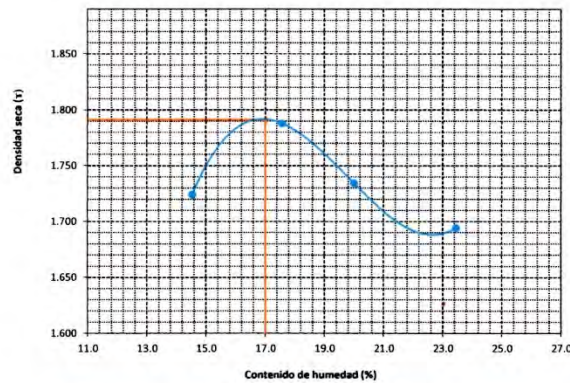
SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5720	5840	5820	5830
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1862	1982	1962	1972
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.975	2.102	2.081	2.091
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	219.77	194.91	188.63	180.24
Peso del suelo seco + tara	g.	195.48	170.00	161.95	151.30
Peso de tara	g.	28.35	28.21	28.51	27.86
Peso de agua	g.	24.29	24.91	26.68	28.94
Peso de suelo seco	g.	167.13	141.79	133.44	123.44
Contenido de agua	%	14.5	17.6	20.0	23.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.724	1.788	1.734	1.694
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.791	g/cm ³		
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		17.00	%		

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo	13264	13450	12808	13242	12984	13294	8746	8746	8704	8704	8918	8918		
Peso de molde (g)	4518	4704	4104	4538	4066	4376	2120	2120	2112	2113	2113	2113		
Peso del suelo húmedo (g)	2.131	2.219	1.943	2.149	1.924	2.071	2.131	2.219	1.943	2.149	1.924	2.071		
Volumen del molde (cc)	17.30	21.49	18.29	29.04	20.03	27.78	17.30	21.49	18.29	29.04	20.03	27.78		
Densidad húmeda (g/cc)	1.817	1.826	1.643	1.665	1.603	1.621	1.817	1.826	1.643	1.665	1.603	1.621		
% de humedad	17.30		21.49		18.29		29.04		20.03		27.78			
Densidad seca (g/cc)	17.30		21.49		18.29		29.04		20.03		27.78			
HUMEDAD														
Tarro Nº	212.7		4704		190.0		4538		213.4		4376.0			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	185.4	185.4	4518	4518	165.0	165.0	4104	4104	182.5	182.5	4066.0	4066.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	27.3	27.3	186.0	186.0	25.0	25.0	434.0	434.0	30.9	30.9	310.0	310.0		
Peso del Agua (gr.)	27.83	27.83	0	0	28.35	28.35	0	0	28.52	28.52	0	0		
Peso del tarro (gr.)	157.6	157.6	4437.4	4437.4	136.6	136.6	4037.7	4037.7	154.0	154.0	4001.8	4001.8		
Peso del suelo seco (gr.)	17.30	17.30	21.49	21.49	18.29	18.29	29.04	29.04	20.03	20.03	27.78	27.78		
% de humedad	17.30		21.49		18.29		29.04		20.03		27.78			
Promedio de Humedad (%)	17.30		21.49		18.29		29.04		20.03		27.78			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0.38	0	0	1.7	0	0	1.55	0	0			
16/10/2022	14.3	24	4.52	0.113		4.85	0.121		5.64	0.146				
17/10/2022	14.3	48	6.13	0.153		6.94	0.174		7.26	0.182				
18/10/2022	14.3	72	7.11	0.178		8.03	0.201		7.29	0.182				
19/10/2022	14.3	96	8.34	0.209		8.66	0.214		7.4	0.185				
			4.57	total	4.57	4.57	total	4.69	4.57	total	4.05			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	35	15			21	10			16	8		
1.270	0.050	1'00"	95	38			52	22			42	18		
1.910	0.075	1'30"	124	49			78	32			62	26		
2.540	0.100	2'00"	204	80	50.6	5.1	96	38	33.9	3.4	84	34	31.6	3.2
3.810	0.150	3'00"	234	91			104	41			110	44		
5.080	0.200	4'00"	264	99	97.5	6.5	142	56	58.2	3.9	124	49	50.3	3.4
6.350	0.250	5'00"	308	120			167	65			134	53		
7.620	0.300	6'00"	324	126			211	82			165	65		
10.160	0.400	8'00"	341	133			248	97			184	72		
12.700	0.500	10'00"	364	138			283	110			210	82		



Handwritten signature in green ink.



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CAUCATA : C-1
 MUESTRA : M-1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

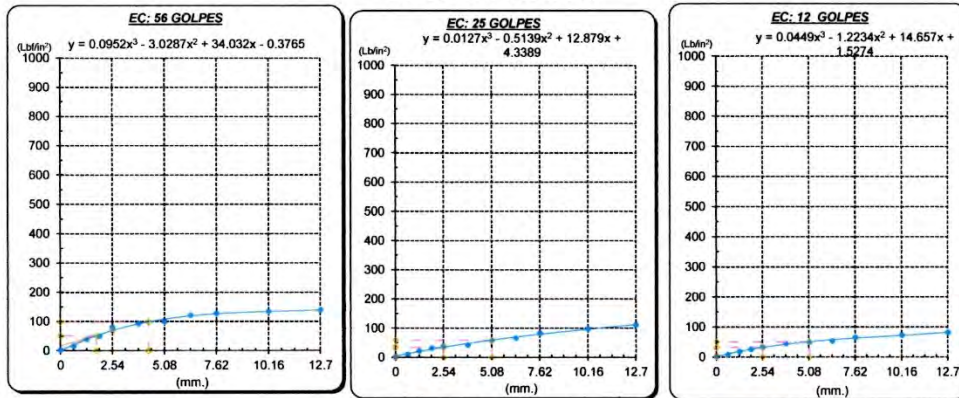


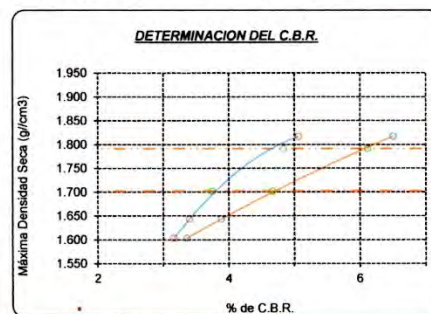
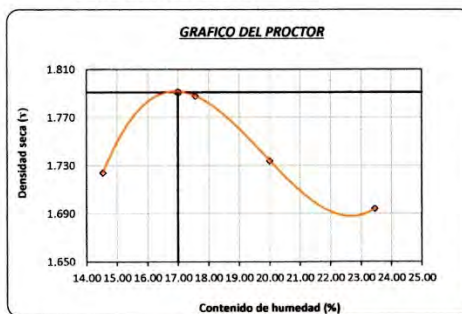
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.791 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.701 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	17.00 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	6 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	5 %



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
 TÉCNICO DE LABORATORIO	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

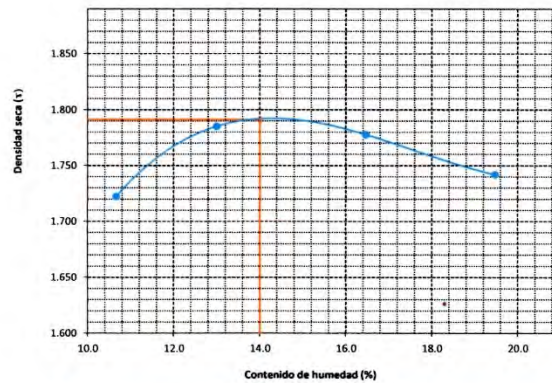
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5655	5760	5810	5820
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1797	1902	1952	1962
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.906	2.017	2.070	2.081

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	320.10	245.50	265.50	236.50
Peso del suelo seco + tara	g.	292.00	220.50	232.00	202.50
Peso de tara	g.	28.35	28.21	28.51	27.86
Peso de agua	g.	28.1	25	33.5	34
Peso de suelo seco	g.	263.65	192.29	203.49	174.64
Contenido de agua	%	10.7	13.0	16.5	19.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.722	1.785	1.777	1.742

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.791	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.00	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Testista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALCATA : C-1
MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF
PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde	A-1				A-2				A-3							
Nº Capa	5				5				5							
Nº Golpes por capa	56				25				12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	13034	13220	12850	13242	11990	12276										
Peso de molde (g)	8710	8710	8704	8704	8654	8654										
Peso del suelo húmedo (g)	4324	4510	4146	4538	3336	3622										
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2112	2112	2113	2113										
Densidad húmeda (g/cc)	2.040	2.127	1.963	2.149	1.579	1.714										
% de humedad	13.44	17.82	14.69	24.30	14.77	23.46										
Densidad seca (g/cc)	1.798	1.806	1.712	1.729	1.376	1.388										
HUMEDAD																
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	234.0	234.0	451.0	451.0	190.0	190.0	453.8	453.8	219.6	219.6	3622.0	3622.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)	209.6	209.6	432.4	432.4	169.3	169.3	414.6	414.6	195.0	195.0	3336.0	3336.0				
Peso del Agua (gr.)	24.4	24.4	186.0	186.0	20.7	20.7	392.0	392.0	24.6	24.6	286.0	286.0				
Peso del tarro (gr.)	28.26	28.26	0	0	28.35	28.35	0	0	28.14	28.14	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)	181.4	181.4	4247.6	4247.6	140.9	140.9	4076.2	4076.2	166.9	166.9	3290.7	3290.7				
% de humedad	13.44	13.44	17.82	17.82	14.69	14.69	24.30	24.30	14.77	14.77	23.46	23.46				
Promedio de Humedad (%)	13.44		17.82		14.69		24.30		14.77		23.46					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
16/10/2022	14.3	24	423	10.575		146	3.625		341	8.525						
17/10/2022	14.3	48	524	13.100		345	8.625		489	12.225						
18/10/2022	14.3	72	624	15.600		425	10.625		677	16.925						
19/10/2022	14.3	96	781	19.525		520	13.000		738	18.450						
				total	77.16		total	80.82		total	85.56					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2		0	2					
0.840	0.025	0'30"	36	15			23	11		33	15					
1.270	0.050	1'00"	132	52			66	27		26	12					
1.910	0.075	1'30"	178	70			98	39		78	32					
2.540	0.100	2'00"	1000	265	103	57.2	5.7	116	46	56.1	5.6	102	41	44.0	4.4	
3.810	0.150	3'00"		290	113			219	85			175	68			
5.080	0.200	4'00"	1500	310	121	116.6	7.8	260	101	93.8	6.3	206	80	76.7	5.1	
6.350	0.250	5'00"		350	137			275	107			226	88			
7.620	0.300	6'00"		360	141			290	113			250	97			
10.160	0.400	8'00"		380	148			310	121			260	101			
12.700	0.500	10'00"		410	160			350	137			270	105			



Handwritten signature in green ink.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

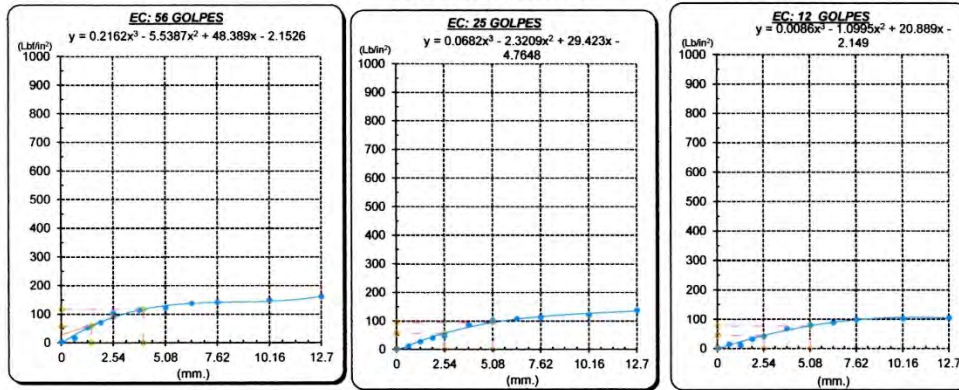


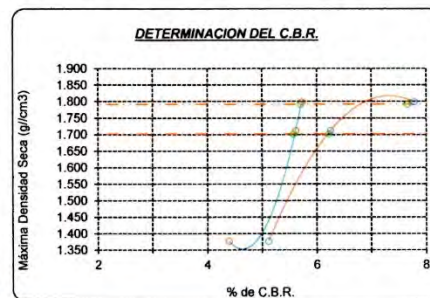
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.791 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.701 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.00 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	6 %



TÉCNICO DE LABORATORIO TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
--	-------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

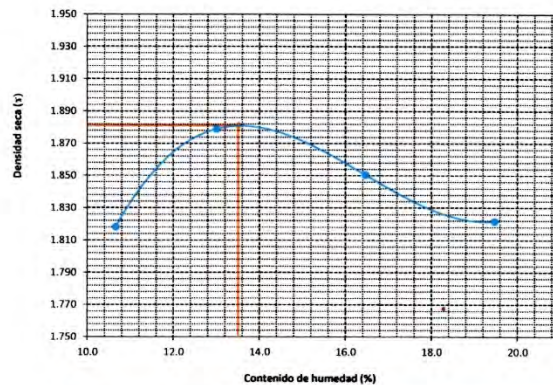
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5755	5860	5890	5910
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1897	2002	2032	2052
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.012	2.123	2.155	2.176

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	320.10	245.50	265.50	236.50
Peso del suelo seco + tara	g.	292.00	220.50	232.00	202.50
Peso de tara	g.	28.35	28.21	28.51	27.86
Peso de agua	g.	28.1	25	33.5	34
Peso de suelo seco	g.	263.65	192.29	203.49	174.64
Contenido de agua	%	10.7	13.0	16.5	19.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.818	1.879	1.850	1.822

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.881	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.50	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>USAT LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES</p>	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CAUCATA : C-1
MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF **PROFUNDIDAD** : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde	A-1				A-2				A-3							
Nº Capa	5				5				5							
Nº Golpes por capa	56				25				12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	13462	13684	12720	13292	12362	13160	8916	8916	8704	8704	8610	8610				
Peso de molde (g)	4546	4768	4016	4588	3752	4550	2120	2120	2120	2120	2120	2120				
Peso del suelo húmedo (g)	2.144	2.249	1.894	2.164	1.770	2.146	12.85	17.82	13.07	27.55	13.08	34.68				
Volumen del molde (cc)	1.900	1.909	1.675	1.697	1.565	1.594										
Densidad húmeda (g/cc)	HUMEDAD															
% de humedad	Tarro Nº															
Densidad seca (g/cc)	Tarro + Suelo húmedo (gr.)															
	Tarro + Suelo seco (gr.)															
	Peso del Agua (gr.)															
	Peso del tarro (gr.)															
	Peso del suelo seco (gr.)															
	% de humedad															
	Promedio de Humedad (%)															
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
16/10/2022	14.3	24	359	8.975	175	4.375	578	14.450								
17/10/2022	14.3	48	592	14.800	365	9.125	982	21.550								
18/10/2022	14.3	72	659	16.475	465	11.625	948	23.700								
19/10/2022	14.3	96	697	17.425	560	14.000	989	24.725								
			total	72.84		total	82.97		total	88.58						
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2				
0.640	0.025	0'30"	44	19			45	19			47	20				
1.270	0.050	1'00"	82	33			83	33			85	34				
1.910	0.075	1'30"	125	49			110	44			90	36				
2.540	0.100	2'00"	215	84	65.2	6.5	120	47	48.0	4.8	105	42	38.1	3.8		
3.810	0.150	3'00"	256	100			180	70			112	44				
5.080	0.200	4'00"	365	143	122.1	8.1	220	86	97.2	6.5	145	57	88.2	4.5		
6.350	0.250	5'00"	380	148			312	122			215	84				
7.620	0.300	6'00"	391	153			385	150			275	107				
10.160	0.400	8'00"	444	174			460	175			310	121				
12.700	0.500	10'00"	466	179			462	177			350	137				



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

GRAFICO CARGA - PENETRACION

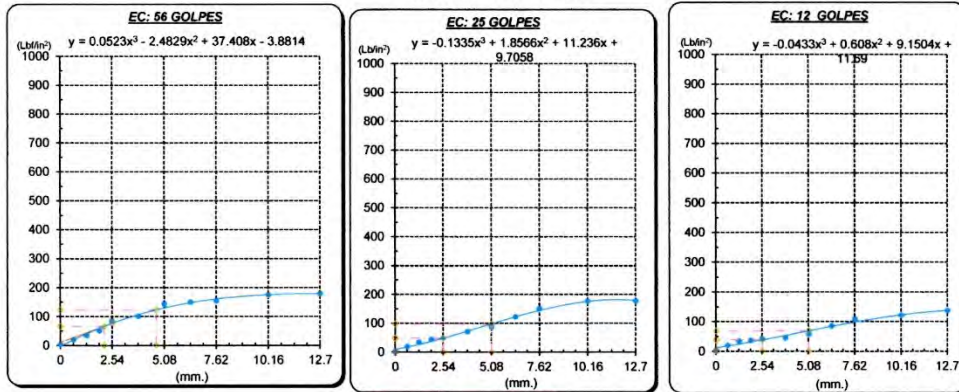
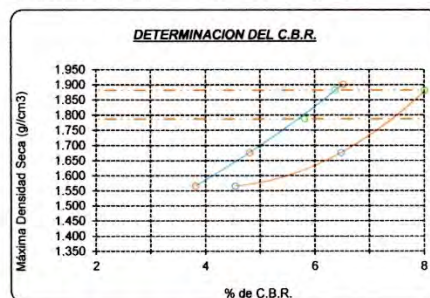
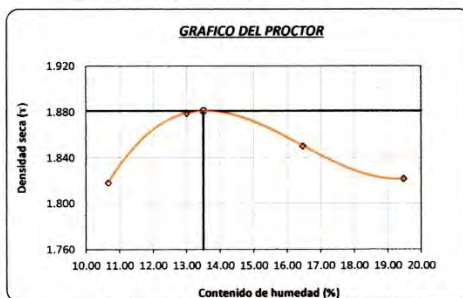


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR
 DENSIDAD SECA AL 100% : 1.881 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% : 1.787 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD : 13.50 %

VALOR DEL C.B.R.
 2.54 cm. 5.08 cm.
 C.B.R. AL 100 % M.D.S. : 6.4 % 8.0 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S. : 5.8 % 8.4 %



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
 TÉCNICO DE LABORATORIO	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

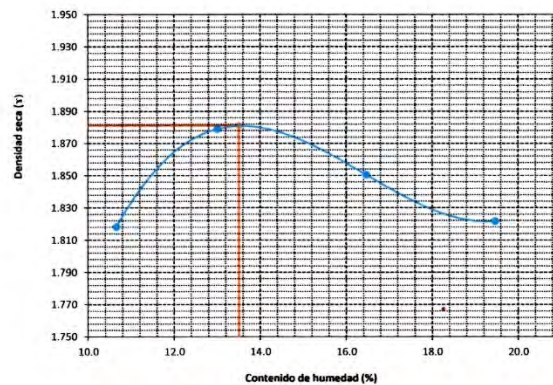
CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5755	5860	5890	5910
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1897	2002	2032	2052
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.012	2.123	2.155	2.176

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	320.10	245.50	265.50	236.50
Peso del suelo seco + tara	g.	292.00	220.50	232.00	202.50
Peso de tara	g.	28.35	28.21	28.51	27.86
Peso de agua	g.	28.1	25	33.5	34
Peso de suelo seco	g.	263.65	192.29	203.49	174.64
Contenido de agua	%	10.7	13.0	16.5	19.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.818	1.879	1.850	1.822

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.881	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.50	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CAUCATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13462	13684	12720	13292	12362	13160	12362	13160	12362	13160	12362	13160		
Peso de molde (g)	8916	8916	8704	8704	8610	8610	8610	8610	8610	8610	8610	8610		
Peso del suelo húmedo (g)	4546	4768	4016	4588	3752	4550	3752	4550	3752	4550	3752	4550		
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120		
Densidad húmeda (g/cc)	2.144	2.249	1.894	2.164	1.770	2.146	1.770	2.146	1.770	2.146	1.770	2.146		
% de humedad	12.85	17.82	13.07	27.55	13.08	34.68	13.08	34.68	13.08	34.68	13.08	34.68		
Densidad seca (g/cc)	1.900	1.909	1.675	1.697	1.565	1.594	1.565	1.594	1.565	1.594	1.565	1.594		
HUMEDAD														
Tarro Nº	194.3		194.3		4768		4768		210.0		210.0			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	176.6	176.6	4546	4546	189.0	189.0	4016	4016	186.0	186.0	4550.0	4550.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	17.8	17.8	222.0	222.0	21.0	21.0	572.0	572.0	19.1	19.1	798.0	798.0		
Peso del Agua (gr.)	38.26	38.26	0	0	28.35	28.35	0	0	39.68	39.68	0	0		
Peso del tarro (gr.)	138.3	138.3	4461.2	4461.2	160.7	160.7	3949.8	3949.8	146.4	146.4	3694.2	3694.2		
Peso del suelo seco (gr.)	12.85	12.85	17.82	17.82	13.07	13.07	27.55	27.55	13.08	13.08	34.68	34.68		
% de humedad	12.85	12.85	17.82	17.82	13.07	13.07	27.55	27.55	13.08	13.08	34.68	34.68		
Promedio de Humedad (%)	12.85	12.85	17.82	17.82	13.07	13.07	27.55	27.55	13.08	13.08	34.68	34.68		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/10/2022	14.3	24	359	8.975	175	4.375	878	14.450	878	14.450	14.450			
17/10/2022	14.3	48	592	14.800	365	9.125	862	21.550	862	21.550	21.550			
18/10/2022	14.3	72	659	16.475	465	11.625	948	23.700	948	23.700	23.700			
19/10/2022	14.3	96	697	17.425	560	14.000	989	24.725	989	24.725	24.725			
			total	72.84	total	82.97	total	88.58	total	88.58	88.58			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	44	19	45	19	47	20	47	20	47	20		
1.270	0.050	1'00"	82	33	83	33	86	34	86	34	86	34		
1.910	0.075	1'30"	125	49	110	44	90	36	90	36	90	36		
2.540	0.100	2'00"	1000	215	84	65.2	6.5	120	47	48.0	4.8	105	42	
3.810	0.150	3'00"	256	100	180	70	112	44	112	44	112	44		
5.080	0.200	4'00"	1500	365	143	122.1	8.1	220	86	97.2	6.5	145	57	
6.350	0.250	5'00"	380	148	312	122	215	84	215	84	215	84		
7.620	0.300	6'00"	391	153	385	150	275	107	275	107	275	107		
10.180	0.400	8'00"	444	174	450	176	310	121	310	121	310	121		
12.700	0.500	10'00"	456	179	452	177	350	137	350	137	350	137		



Handwritten signature in green ink.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

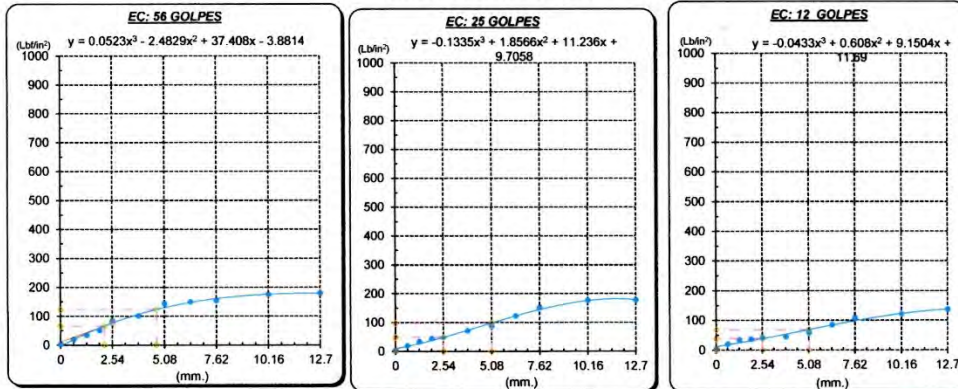
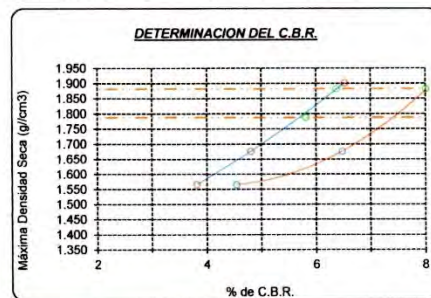


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR		VALOR DEL C.B.R.	
DENSIDAD SECA AL 100%	1.881 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.787 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6.4 % 8.0 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.50 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5.8 % 8.4 %



TÉCNICO DE LABORATORIO TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
--	-------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CAUCATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

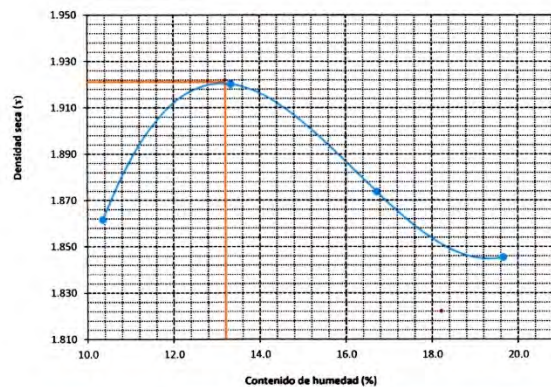
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5795	5910	5920	5940
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1937	2052	2062	2082
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.054	2.176	2.187	2.208

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	289.50	275.60	234.50	312.20
Peso del suelo seco + tara	g.	265.00	246.50	205.00	265.50
Peso de tara	g.	28.35	28.21	28.51	27.86
Peso de agua	g.	24.5	29.1	29.5	46.7
Peso de suelo seco	g.	236.65	218.29	176.49	237.64
Contenido de agua	%	10.4	13.3	16.7	19.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.861	1.920	1.874	1.845

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.921	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo	13552	13784	13120	13392	12662	13160	8916	8916	8704	8704	8610	8610		
Peso de molde (g)	4636	4868	4416	4688	4052	4550	2120	2120	2120	2120	2120	2120		
Peso del suelo húmedo (g)	2.187	2.296	2.083	2.211	1.911	2.146	13.51	18.61	14.52	20.79	15.42	27.92		
Volumen del molde (cc)	1.927	1.936	1.819	1.831	1.656	1.678								
Densidad húmeda (g/cc)	HUMEDAD													
% de humedad	-													
Densidad seca (g/cc)	-													
Tarro Nº		-												
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	210.5	210.5	4868	4868	265.0	265.0	4688	4688	245.5	245.5	4550.0	4550.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	190.0	190.0	4636	4636	235.0	235.0	4416	4416	218.0	218.0	4052.0	4052.0		
Peso del Agua (gr.)	20.5	20.5	232.0	232.0	30.0	30.0	272.0	272.0	27.5	27.5	498.0	498.0		
Peso del tarro (gr.)	38.26	38.26	0	0	28.35	28.35	0	0	39.68	39.68	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	151.7	151.7	4548.4	4548.4	206.7	206.7	4337.1	4337.1	178.3	178.3	3986.0	3986.0		
% de humedad	13.51	13.51	18.61	18.61	14.52	14.52	20.79	20.79	15.42	15.42	27.92	27.92		
Promedio de Humedad (%)	13.51		18.61		14.52		20.79		15.42		27.92			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/10/2022	14.3	24	259	6.475	256	6.400	420	10.500						
17/10/2022	14.3	48	385	9.625	380	9.500	536	13.400						
18/10/2022	14.3	72	425	10.625	510	12.750	645	16.125						
19/10/2022	14.3	96	510	12.750	680	14.500	780	19.500						
total				54.09	total				69.83	total		77.59		
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	45	19	45	19	47	20						
1.270	0.050	1'00"	95	38	83	33	74	30						
1.910	0.075	1'30"	135	53	105	42	86	35						
2.540	0.100	2'00"	310	121	89.8	9.0	245	95	76.0	7.6	125	49	45.9	4.6
3.810	0.150	3'00"	365	143	275	107	150	59						
5.080	0.200	4'00"	420	164	168.3	11.2	340	133	141.1	9.4	198	77	77.7	5.2
6.350	0.250	5'00"	520	205	480	176	225	88						
7.620	0.300	6'00"	570	225	490	193	275	107						
10.160	0.400	8'00"	610	242	520	205	310	121						
12.700	0.500	10'00"	612	242	536	211	350	137						



Handwritten signature in green ink.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
GRAFICO CARGA - PENETRACION

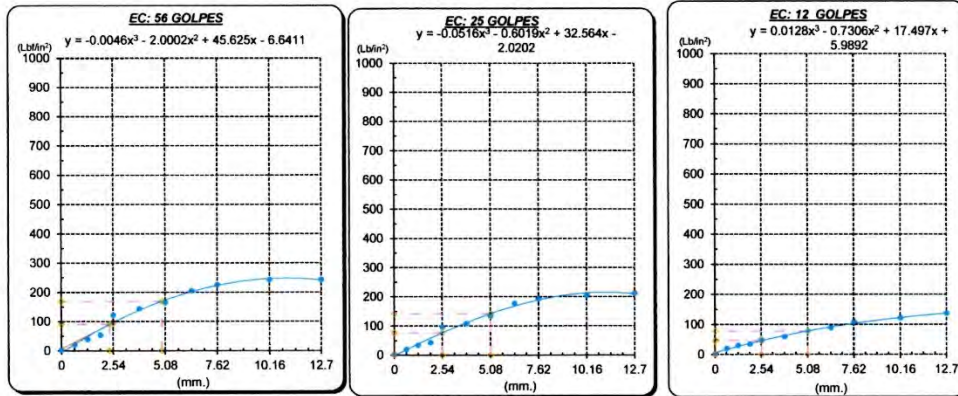


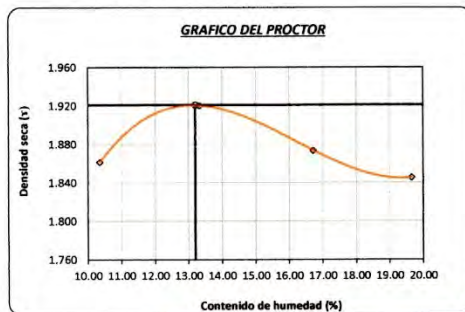
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.921 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.825 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.20 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8.9 %	11.1 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.7 %	9.6 %



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
TÉCNICO DE LABORATORIO	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



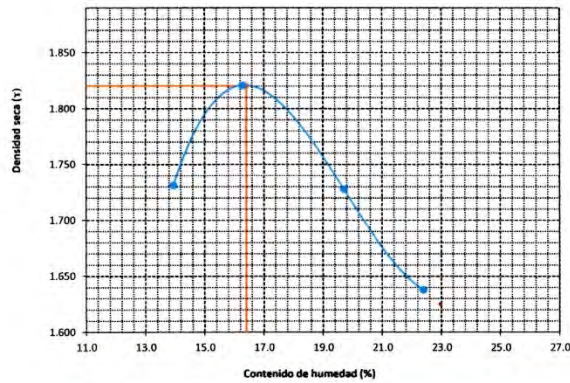
SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5718	5854	5808	5748
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1860	1996	1950	1890
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.973	2.117	2.068	2.004
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	362.90	176.21	215.96	173.08
Peso del suelo seco + tara	g.	324.61	156.92	185.08	148.39
Peso de tara	g.	50.02	38.34	28.33	38.10
Peso de agua	g.	38.29	19.29	30.88	24.69
Peso de suelo seco	g.	274.59	118.58	156.75	110.29
Contenido de agua	%	13.9	16.3	19.7	22.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.731	1.821	1.728	1.638
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.820	g/cm ³		
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		16.40	%		

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>USAT LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALCATA : C-2
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde	A-1				A-2				A-3							
Nº Capa	5				5				5							
Nº Golpes por capa	56				25				12							
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	13290	13498	13258	13490	12828	13190	12828	13190	12828	13190						
Peso de molde (g)	8790	8790	8836	8836	8778	8778	8778	8778	8778	8778						
Peso del suelo húmedo (g)	4500	4708	4422	4654	4050	4412	4050	4412	4050	4412						
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120						
Densidad húmeda (g/cc)	2.123	2.221	2.086	2.195	1.910	2.081	1.910	2.081	1.910	2.081						
% de humedad	16.35	21.06	17.05	22.39	17.26	26.34	17.26	26.34	17.26	26.34						
Densidad seca (g/cc)	1.824	1.834	1.782	1.794	1.629	1.647	1.629	1.647	1.629	1.647						
HUMEDAD																
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	158.1	158.1	4708	4708	186.5	186.5	4654	4654	187.8	187.8	4412.0	4412.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)	140.8	140.8	4500	4500	165.1	165.1	4422	4422	165.8	165.8	4050.0	4050.0				
Peso del Agua (gr.)	17.3	17.3	208.0	208.0	21.4	21.4	232.0	232.0	22.0	22.0	362.0	362.0				
Peso del tarro (gr.)	34.88	34.88	0	0	39.7	39.7	0	0	38.27	38.27	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)	105.9	105.9	4419.4	4419.4	125.4	125.4	4344.6	4344.6	127.5	127.5	3985.1	3985.1				
% de humedad	16.35	16.35	21.06	21.06	17.05	17.05	22.39	22.39	17.26	17.26	26.34	26.34				
Promedio de Humedad (%)	16.35		21.06		17.05		22.39		17.26		26.34					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
15/10/2022	14.3	0	1.42	0	0	2.38	0	0	5.27	0	0					
16/10/2022	14.3	24	3.5	0.088		5.4	0.135		8.95	0.224						
17/10/2022	14.3	48	4.93	0.123		7.66	0.192		12.89	0.315						
18/10/2022	14.3	72	4.55	0.114		8.35	0.209		13.22	0.331						
19/10/2022	14.3	96	6.2	0.155		8.98	0.225		13.66	0.342						
			4.57	total	3.39	4.57	total	4.92	4.57	total	7.48					
PENETRACION																
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2				
0.640	0.025	0'30"	29	13			24	11			20	10				
1.270	0.050	1'00"	85	34			40	17			34	15				
1.910	0.075	1'30"	135	53			82	33			45	19				
2.540	0.100	2'00"	178	70	39.9	4.0	86	35	35.1	3.5	86	23	23.0	2.3		
3.810	0.150	3'00"	184	72			104	41			75	30				
5.080	0.200	4'00"	196	77	78.7	5.2	142	56	56.3	3.8	86	35	35.4	2.4		
6.350	0.250	5'00"	241	94			175	68			95	38				
7.620	0.300	6'00"	296	115			180	70			112	44				
10.160	0.400	8'00"	355	139			184	72			124	49				
12.700	0.500	10'00"	365	143			210	82			136	54				



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
GRAFICO CARGA - PENETRACION

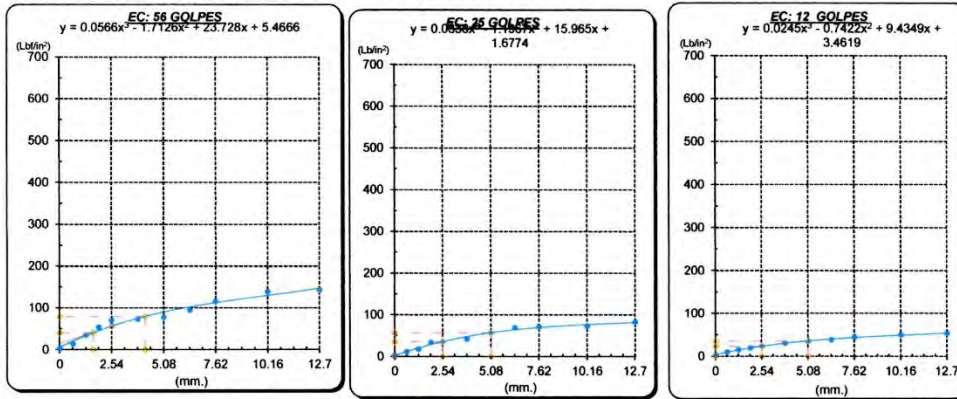


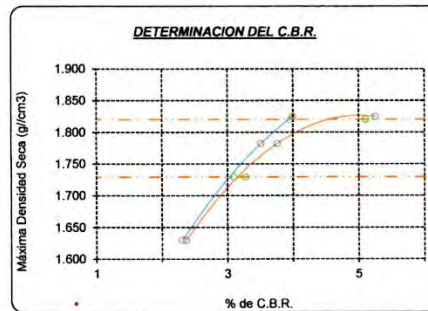
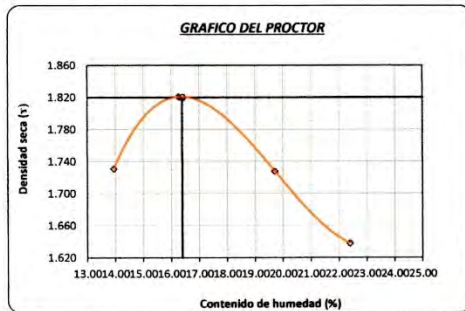
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.820 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.729 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.40 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3 %	3 %



<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p> <p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	<p>TESISTA</p>
---	----------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

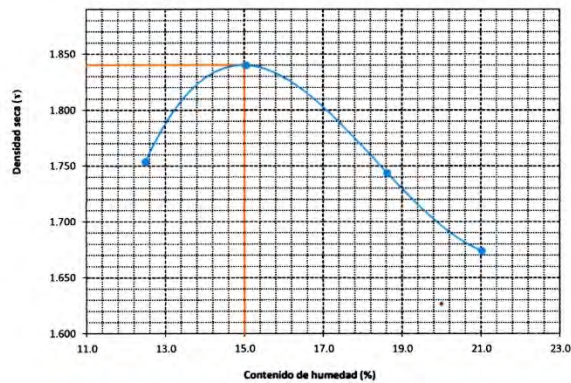
CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5718	5854	5808	5768
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1860	1996	1950	1910
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.973	2.117	2.068	2.026

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	298.60	241.60	324.50	265.50
Peso del suelo seco + tara	g.	271.00	215.00	278.00	226.00
Peso de tara	g.	50.02	38.34	28.33	38.10
Peso de agua	g.	27.6	26.6	46.5	39.5
Peso de suelo seco	g.	220.98	176.66	249.67	187.9
Contenido de agua	%	12.5	15.1	18.6	21.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.754	1.840	1.743	1.674

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.840	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.00	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13086	13344	13088	13410	12726	13098	8594	8594	8790	8790	8572	8572		
Peso de molde (g)	4492	4750	4298	4620	4154	4526	2120	2120	2120	2120	2120	2120		
Peso del suelo húmedo (g)	2.119	2.241	2.027	2.179	1.959	2.135	15.02	20.87	15.03	22.66	15.17	24.27		
Volumen del molde (cc)	1.842	1.854	1.762	1.777	1.701	1.718								
Densidad húmeda (g/cc)	HUMEDAD													
Tarro Nº	-													
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	214.5	214.5	4750	4750	186.5	186.5	4620	4620	207.9	207.9	4526.0	4526.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	190.1	190.1	4492	4492	167.3	167.3	4298	4298	184.3	184.3	4154.0	4154.0		
Peso del Agua (gr.)	24.3	24.3	258.0	258.0	19.2	19.2	322.0	322.0	23.6	23.6	372.0	372.0		
Peso del tarro (gr.)	28.11	28.11	0	0	39.7	39.7	0	0	28.5	28.5	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	162.0	162.0	4410.7	4410.7	127.6	127.6	4223.6	4223.6	155.8	155.8	4084.5	4084.5		
% de humedad	15.02	15.02	20.87	20.87	15.03	15.03	22.66	22.66	15.17	15.17	24.27	24.27		
Promedio de Humedad (%)	15.02		20.87		15.03		22.66		15.17		24.27			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/10/2022	14.3	24	71	1.775		86	2.150		170	4.250				
17/10/2022	14.3	48	300	7.500		320	8.000		437	10.925				
18/10/2022	14.3	72	384	9.850		410	10.250		533	13.325				
19/10/2022	14.3	96	470	11.750		500	12.500		590	14.975				
				total	85.62		total	88.69		total	91.90			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	35	15			24	11			8	5		
1.270	0.050	1'00"	95	38			40	17			27	12		
1.910	0.075	1'30"	178	70			82	33			74	30		
2.540	0.100	2'00"	254	99	61.8	6.2	124	49	52.5	5.2	109	43	44.8	
3.810	0.150	3'00"	286	111			210	82			183	72		
5.080	0.200	4'00"	320	125	118.9	7.9	258	101	89.2	5.9	206	80	78.8	
6.350	0.250	5'00"	350	137			241	94			235	92		
7.620	0.300	6'00"	380	148			290	113			260	101		
10.160	0.400	8'00"	427	167			310	121			270	105		
12.700	0.500	10'00"	430	168			360	141			310	121		



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

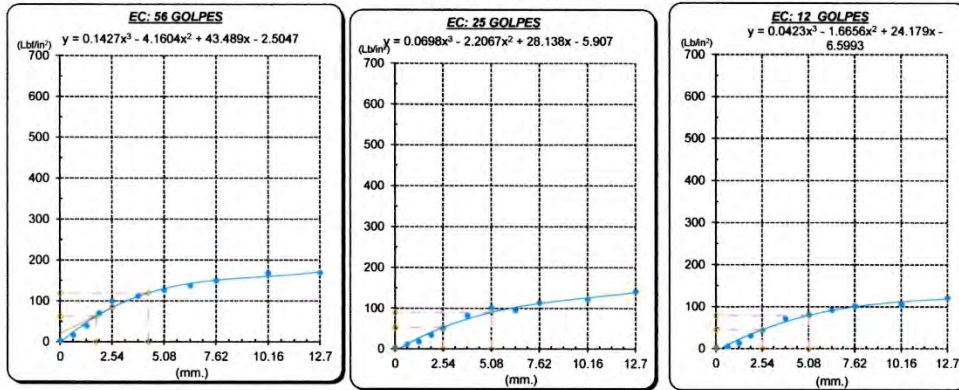


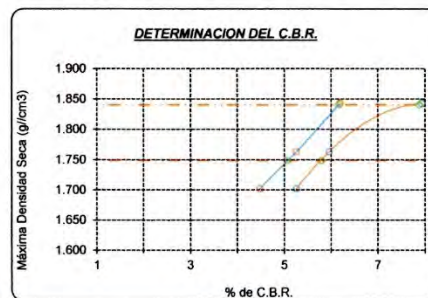
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% : 1.840 g./cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% : 1.748 g./cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD : 15.00 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %



TÉCNICO DE LABORATORIO TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
--	-------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF
 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

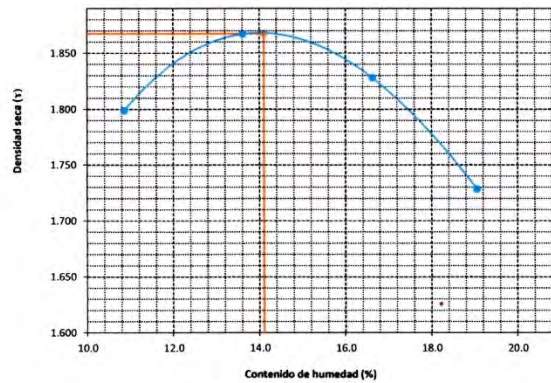
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5738	5858	5868	5798
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1880	2000	2010	1940
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.994	2.121	2.132	2.057

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	310.50	287.90	298.50	310.60
Peso del suelo seco + tara	g.	285.00	258.00	260.00	267.00
Peso de tara	g.	50.02	38.34	28.33	38.10
Peso de agua	g.	25.5	29.9	38.5	43.6
Peso de suelo seco	g.	234.98	219.66	231.67	228.9
Contenido de agua	%	10.9	13.6	16.6	19.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.799	1.867	1.828	1.728

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.867	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.10	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13188	13288	13088	13390	12662	12950	8718	8718	8718	8718	8718			
Peso de molde (g)	8672	8672	8790	8790	8718	8718	8718	8718	8718	8718	8718			
Peso del suelo húmedo (g)	4516	4616	4298	4600	3944	4232	3944	4232	3944	4232	4232			
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120			
Densidad húmeda (g/cc)	2.130	2.177	2.027	2.170	1.860	1.996	1.860	1.996	1.860	1.996	1.996			
% de humedad	14.01	16.27	14.14	21.29	14.60	22.02	14.60	22.02	14.60	22.02	22.02			
Densidad seca (g/cc)	1.868	1.873	1.776	1.789	1.623	1.636	1.623	1.636	1.623	1.636	1.636			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	197.8	197.8	4616	4616	186.5	186.5	4600	4600	204.6	204.6	4232.0	4232.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	176.9	176.9	4516	4516	168.3	168.3	4298	4298	182.1	182.1	3944.0	3944.0		
Peso del Agua (gr.)	20.8	20.8	100.0	100.0	18.2	18.2	302.0	302.0	22.5	22.5	288.0	288.0		
Peso del tarro (gr.)	28.26	28.26	0	0	39.7	39.7	0	0	28.14	28.14	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	148.7	148.7	4433.2	4433.2	128.6	128.6	4223.0	4223.0	153.9	153.9	3881.0	3881.0		
% de humedad	14.01	14.01	16.27	16.27	14.14	14.14	21.29	21.29	14.60	14.60	22.02	22.02		
Promedio de Humedad (%)	14.01		16.27		14.14		21.29		14.60		22.02			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/10/2022	14.3	24	253	6.325	86	2.150	89	2.225	89	2.225	11.475			
17/10/2022	14.3	48	456	11.400	360	9.000	459	11.475	459	11.475	13.100			
18/10/2022	14.3	72	523	13.075	480	12.000	524	13.100	524	13.100	13.325			
19/10/2022	14.3	96	565	16.625	520	13.000	533	13.325	533	13.325	95.12			
				total	88.41	total	92.97	total	95.12	total	95.12			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lb/in2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	11	6	13	7	12	7	12	7	12	7		
1.270	0.050	1'00"	29	13	30	14	33	15	33	15	33	15		
1.910	0.075	1'30"	160	63	96	38	74	30	74	30	74	30		
2.540	0.100	2'00"	275	107	72.5	7.3	216	84	64.1	6.4	124	49	47.8	4.8
3.810	0.150	3'00"	295	115	243	95	185	72	185	72	185	72		
5.080	0.200	4'00"	350	137	132.4	8.8	286	111	110.0	7.3	236	92	86.9	5.8
6.350	0.250	5'00"	380	148	310	121	265	103	265	103	265	103		
7.620	0.300	6'00"	425	166	345	135	290	113	290	113	290	113		
10.160	0.400	8'00"	480	188	390	152	310	121	310	121	310	121		
12.700	0.500	10'00"	510	201	421	165	342	133	342	133	342	133		



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTCE 132
GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

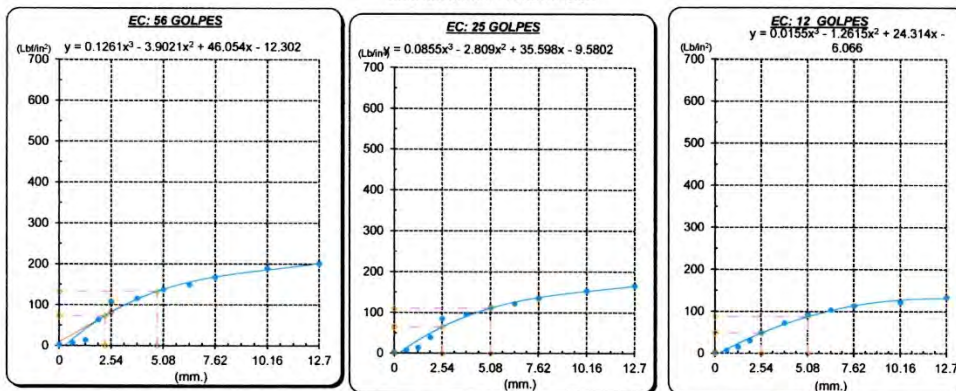


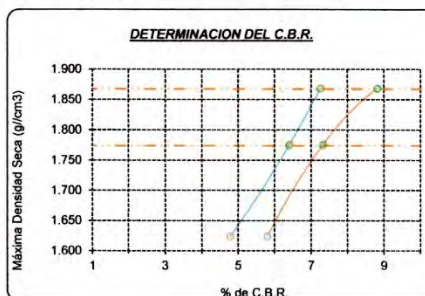
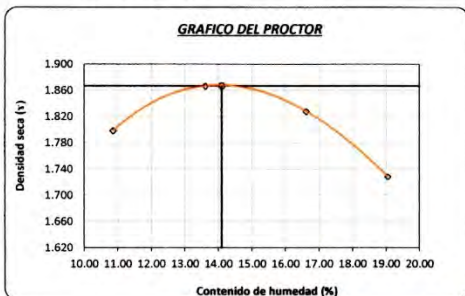
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.867 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 96%	1.774 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.10 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	7 %	9 %
C.B.R. AL 96 % M.D.S.	6 %	7 %



TÉCNICO DE LABORATORIO TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
--	-------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

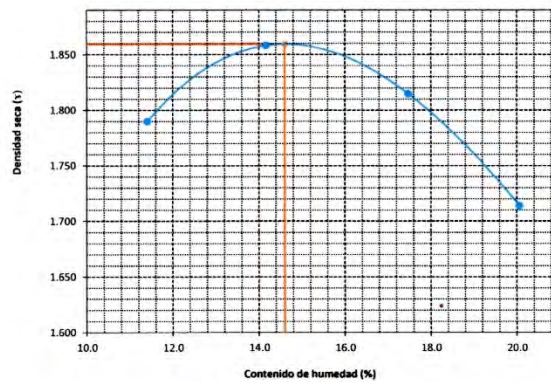
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5738	5858	5868	5798
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1880	2000	2010	1940
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.994	2.121	2.132	2.057

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	289.50	301.20	275.80	292.50
Peso del suelo seco + tara	g.	265.00	268.60	239.00	250.00
Peso de tara	g.	50.02	38.34	28.33	38.10
Peso de agua	g.	24.5	32.6	36.8	42.5
Peso de suelo seco	g.	214.98	230.26	210.67	211.9
Contenido de agua	%	11.4	14.2	17.5	20.1
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.790	1.858	1.815	1.714

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.859	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13236	13326	13218	13490	12436	12684	8368	8368	8368	8368	8368			
Peso de molde (g)	8732	8732	8790	8790	8368	8368	8368	8368	8368	8368	8368			
Peso del suelo húmedo (g)	4504	4594	4428	4700	4068	4316	4068	4316	4068	4316	4316			
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120			
Densidad húmeda (g/cc)	2.125	2.167	2.089	2.217	1.919	2.036	1.919	2.036	1.919	2.036	2.036			
% de humedad	13.97	16.01	14.77	21.03	14.57	20.77	14.57	20.77	14.57	20.77	20.77			
Densidad seca (g/cc)	1.864	1.868	1.820	1.832	1.675	1.686	1.675	1.686	1.675	1.686	1.686			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	183.9	183.9	4594	4594	214.5	214.5	4700	4700	173.5	173.5	4316.0	4316.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	166.1	166.1	4504	4504	192.0	192.0	4428	4428	156.5	156.5	4068.0	4068.0		
Peso del Agua (gr.)	17.9	17.9	90.0	90.0	22.5	22.5	272.0	272.0	17.0	17.0	248.0	248.0		
Peso del tarro (gr.)	38.26	38.26	0	0	39.7	39.7	0	0	39.68	39.68	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	127.8	127.8	4421.6	4421.6	152.3	152.3	4348.9	4348.9	116.8	116.8	4001.0	4001.0		
% de humedad	13.97	13.97	16.01	16.01	14.77	14.77	21.03	21.03	14.57	14.57	20.77	20.77		
Promedio de Humedad (%)	13.97		16.01		14.77		21.03		14.57		20.77			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/10/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/10/2022	14.3	24	328	8.200	95	2.375	59	1.475	59	1.475	1.475			
17/10/2022	14.3	48	510	12.750	280	7.000	298	7.450	298	7.450	7.450			
18/10/2022	14.3	72	567	14.175	360	9.000	372	9.300	372	9.300	9.300			
19/10/2022	14.3	96	598	14.950	410	10.250	405	10.125	405	10.125	10.125			
			total	57.94	total	67.48	total	74.12	total	74.12	74.12			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lb/in2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
0.640	0.025	0'30"	23	11	13	7	18	9	18	9	18	9	18	9
1.270	0.050	1'00"	198	77	86	35	58	24	58	24	58	24	58	24
1.910	0.075	1'30"	362	141	189	74	121	48	121	48	121	48	121	48
2.540	0.100	2'00"	475	186	265	103	198	77	198	77	198	77	198	77
3.810	0.150	3'00"	480	188	290	113	242	94	242	94	242	94	242	94
5.080	0.200	4'00"	500	197	342	133	279	108	279	108	279	108	279	108
6.350	0.250	5'00"	520	205	360	141	310	121	310	121	310	121	310	121
7.620	0.300	6'00"	538	211	390	152	325	127	325	127	325	127	325	127
10.160	0.400	8'00"	540	213	410	160	360	141	360	141	360	141	360	141
12.700	0.500	10'00"	563	222	432	169	345	135	345	135	345	135	345	135



[Handwritten signature]



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CAUCATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

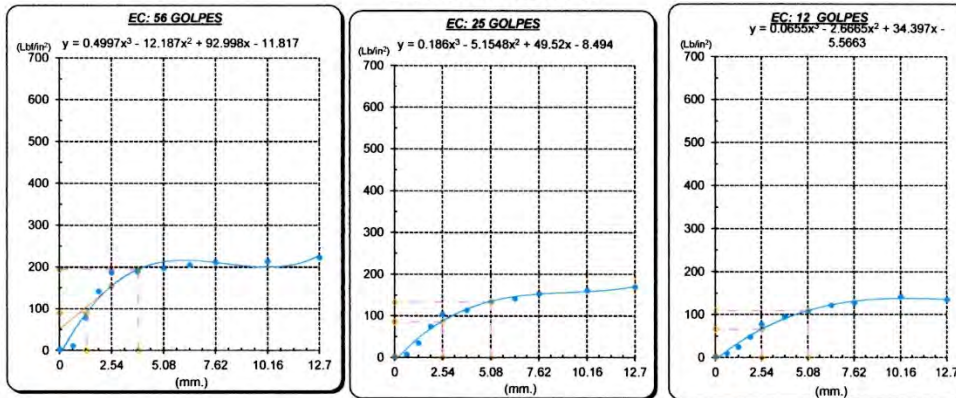


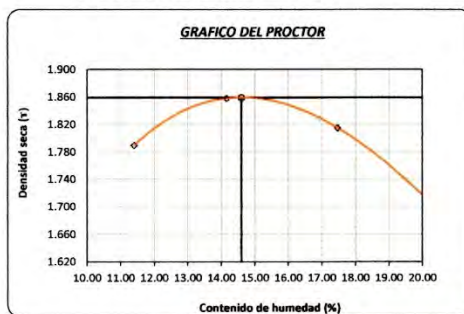
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.859 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.766 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	8 %



<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p> <p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	<p>TESISTA</p>
---	----------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

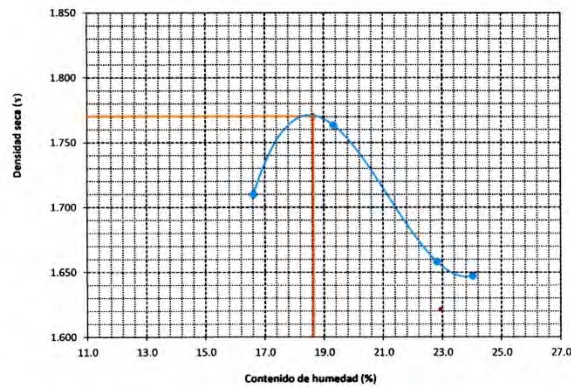
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5738	5842	5778	5784
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1880	1984	1920	1926
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.994	2.104	2.036	2.043

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	151.87	187.18	139.34	226.73
Peso del suelo seco + tara	g.	135.69	161.44	119.94	190.51
Peso de tara	g.	38.28	28.20	34.90	39.70
Peso de agua	g.	16.18	25.74	19.4	36.22
Peso de suelo seco	g.	97.41	133.24	85.04	150.81
Contenido de agua	%	16.6	19.3	22.8	24.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.710	1.763	1.658	1.647

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.770	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	18.65	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
 TÉCNICO DE LABORATORIO	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
		A-1				A-2				A-3					
		5				5				5					
Nº Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		13502	13610	13170	13328	12778	12998								
Peso de molde (g)		9020	9020	8794	8794	8600	8600								
Peso del suelo húmedo (g)		4482	4590	4376	4534	4178	4398								
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2120	2120	2120	2120								
Densidad húmeda (g/cc)		2.114	2.165	2.064	2.139	1.971	2.075								
% de humedad		18.28	20.73	19.90	23.58	17.75	23.10								
Densidad seca (g/cc)		1.787	1.793	1.721	1.731	1.674	1.685								
HUMEDAD															
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		212.2	212.2	4590	4590	229.5	4534	216.9	216.9	4398.0	4398.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)		183.8	183.8	4482	4482	196.1	4376	188.5	188.5	4178.0	4178.0				
Peso del Agua (gr.)		28.4	28.4	108.0	108.0	33.4	158.0	28.4	28.4	220.0	220.0				
Peso del tarro (gr.)		28.43	28.43	0	0	28.28	28.28	0	0	28.49	28.49	0			
Peso del suelo seco (gr.)		155.3	155.3	4403.3	4403.3	167.9	4301.9	160.0	160.0	4109.2	4109.2				
% de humedad		18.28	18.28	20.73	20.73	19.90	23.58	17.75	17.75	23.10	23.10				
Promedio de Humedad (%)		18.28	20.73	19.90	23.58	17.75	23.10								
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%		
15/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16/09/2022	14.3	24	294	7.350		72	1.800		154	3.850					
17/09/2022	14.3	48	535	13.375		365	9.125		431	10.775					
18/09/2022	14.3	72	597	14.925		429	10.700		561	14.025					
19/09/2022	14.3	96	663	16.575		474	11.850		601	15.025					
				total	79.53		total	86.64		total	96.34				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Hr.	Lb/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	0			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		20	10			26	12			17	9		
1.270	0.050	1'00"		71	29			65	27			60	25		
1.910	0.075	1'30"		143	56			135	53			124	49		
2.540	0.100	2'00"	1000	186	73	60.8	6.1	174	68	34.5	3.4	165	65	25.3	2.5
3.810	0.150	3'00"		236	92			210	82			198	77		
5.080	0.200	4'00"	1500	282	110	116.5	7.8	252	98	72.4	4.8	232	90	49.1	3.3
6.350	0.250	5'00"		357	139			285	111			262	102		
7.620	0.300	6'00"		421	165			321	125			280	109		
10.160	0.400	8'00"		477	187			350	137			321	125		
12.700	0.500	10'00"		480	188			365	143			342	133		



Handwritten signature in green ink



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

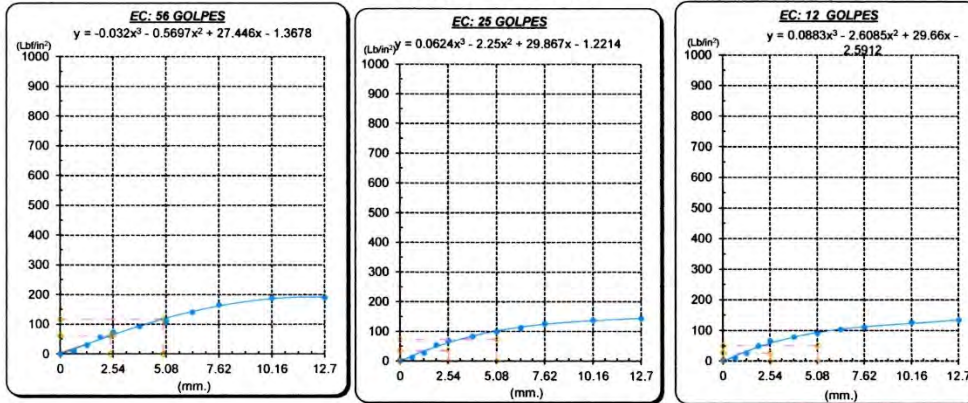


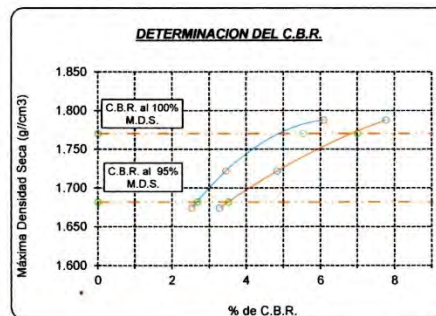
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.770 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.682 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	18.65 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3 %	4 %



<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p> <p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	<p>TESISTA</p>
---	----------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

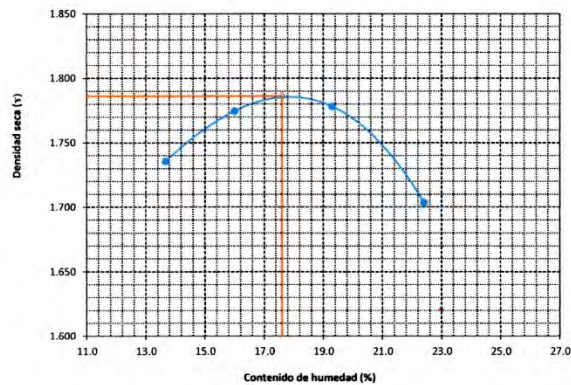
CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5718	5799	5858	5824
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1860	1941	2000	1966
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.973	2.058	2.121	2.085

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	256.20	224.00	236.50	363.20
Peso del suelo seco + tara	g.	230.00	197.00	203.90	304.00
Peso de tara	g.	38.28	28.20	34.90	39.70
Peso de agua	g.	26.20	27	32.6	59.2
Peso de suelo seco	g.	191.72	168.8	169	264.3
Contenido de agua	%	13.7	16.0	19.3	22.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.735	1.775	1.778	1.703

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.786	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	17.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>USAT LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF
PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-1				A-2				A-3						
Nº Capa		5				5				5						
Nº Golpes por capa		56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo		13350	13442	13070	13328	10844	11170									
Peso de molde (g)		8920	8920	8794	8794	6652	6652									
Peso del suelo húmedo (g)		4430	4522	4276	4534	4192	4518									
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2120	2120	2120	2120									
Densidad húmeda (g/cc)		2.090	2.133	2.017	2.139	1.977	2.131									
% de humedad		17.25	19.36	17.48	23.61	17.51	25.42									
Densidad seca (g/cc)		1.782	1.787	1.717	1.730	1.683	1.699									
HUMEDAD																
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		175.6	175.6	4522	4522	229.5	229.5	4534	4534	182.8	182.8					
Tarro + Suelo seco (gr.)		155.1	155.1	4430	4430	199.6	199.6	4276	4276	161.2	161.2					
Peso del Agua (gr.)		20.5	20.5	92.0	92.0	29.9	29.9	258.0	258.0	21.6	21.6					
Peso del tarro (gr.)		36.41	36.41	0	0	28.28	28.28	0	0	38.1	38.1					
Peso del suelo seco (gr.)		118.7	118.7	4352.4	4352.4	171.3	171.3	4203.8	4203.8	123.1	123.1					
% de humedad		17.25	17.25	19.36	19.36	17.48	17.48	23.61	23.61	17.51	17.51					
Promedio de Humedad (%)		17.25	17.25	19.36	19.36	17.48	17.48	23.61	23.61	17.51	17.51					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
15/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
16/09/2022	14.3	24	160	4.000		72	1.800		219	5.475						
17/09/2022	14.3	48	323	8.075		265	6.625		342	8.550						
18/09/2022	14.3	72	377	9.425		340	8.500		480	12.000						
19/09/2022	14.3	96	405	10.125		390	9.750		560	14.000						
				total	52.80		total	68.53		total	73.49					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	0			0	2		0	2					
0.640	0.025	0'30"	22	11			26	12		12	7					
1.270	0.050	1'00"	88	35			75	30		25	12					
1.910	0.075	1'30"	146	57			101	40		63	26					
2.540	0.100	2'00"	196	77	65.2	6.5	136	54	56.6	5.7	102	41	37.4	3.7		
3.810	0.150	3'00"	240	94			210	82		136	54					
5.080	0.200	4'00"	336	131	121.7	8.1	265	103	102.1	6.8	186	73	69.6	4.6		
6.350	0.250	5'00"	375	146			310	121		221	86					
7.620	0.300	6'00"	420	164			356	139		236	92					
10.160	0.400	8'00"	436	171			362	141		270	108					
12.700	0.500	10'00"	460	180			380	148		315	123					



Handwritten signature in green ink.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 5% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

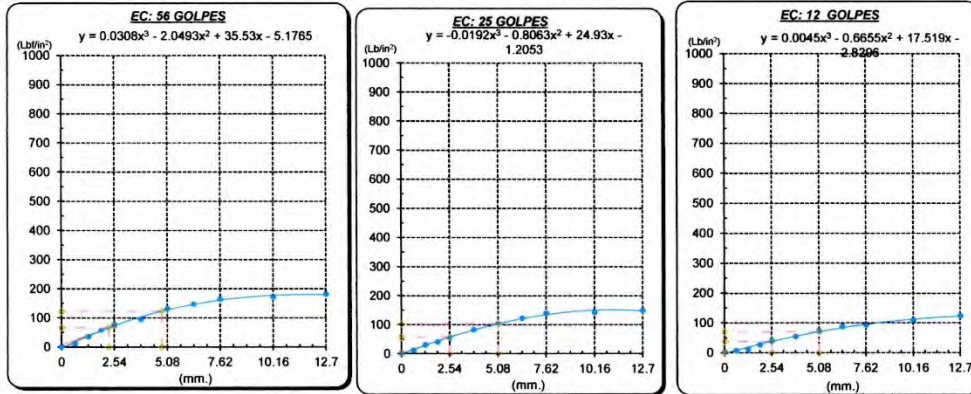


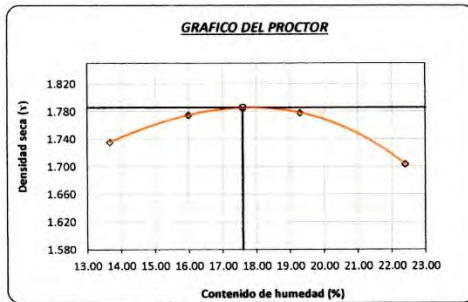
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% : 1.786 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% : 1.697 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD : 17.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	7 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %



<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p> <p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	<p>TESISTA</p>
---	----------------



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

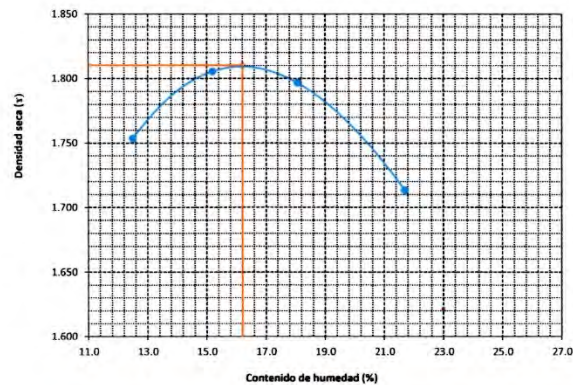
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5718	5819	5858	5824
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1860	1961	2000	1966
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.973	2.080	2.121	2.085

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	310.20	286.00	286.50	396.00
Peso del suelo seco + tara	g.	280.00	252.00	248.00	332.50
Peso de tara	g.	38.28	28.20	34.90	39.70
Peso de agua	g.	30.20	34	38.5	63.5
Peso de suelo seco	g.	241.72	223.8	213.1	292.8
Contenido de agua	%	12.5	15.2	18.1	21.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.753	1.805	1.796	1.713

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.810	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-1				A-2				A-3						
	5				5				5						
Nº Capa	56				25				12						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		13194		13388		13050		13358		12710		12954			
Peso de molde (g)		8736		8736		8794		8794		8692		8692			
Peso del suelo húmedo (g)		4458		4652		4256		4564		4018		4262			
Volumen del molde (cc)		2120		2120		2120		2120		2120		2120			
Densidad húmeda (g/cc)		2.103		2.194		2.008		2.153		1.895		2.010			
% de humedad		15.75		20.18		16.12		23.48		16.38		22.55			
Densidad seca (g/cc)		1.817		1.826		1.729		1.743		1.629		1.640			
HUMEDAD															
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	186.1	186.1	4652	4652	229.5	229.5	4564	4564	207.7	207.7	4262.0	4262.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	164.6	164.6	4458	4458	201.6	201.6	4256	4256	182.5	182.5	4018.0	4018.0			
Peso del Agua (gr.)	21.5	21.5	194.0	194.0	27.9	27.9	308.0	308.0	25.2	25.2	244.0	244.0			
Peso del tarro (gr.)	28.11	28.11	0	0	28.28	28.28	0	0	28.5	28.5	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	136.5	136.5	4378.5	4378.5	173.3	173.3	4183.7	4183.7	154.0	154.0	3953.6	3953.6			
% de humedad	15.75	15.75	20.18	20.18	16.12	16.12	23.48	23.48	16.38	16.38	22.55	22.55			
Promedio de Humedad (%)	15.75	15.75	20.18	20.18	16.12	16.12	23.48	23.48	16.38	16.38	22.55	22.55			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
15/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
16/09/2022	14.3	24	72	1.800		72	1.800		81	1.525					
17/09/2022	14.3	48	202	5.050		265	6.625		423	10.575					
18/09/2022	14.3	72	242	6.050		340	8.500		478	11.950					
19/09/2022	14.3	96	263	6.575		390	9.750		489	12.225					
				total	41.16		total	68.53		total	92.24				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3				
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
mm.	pulg.	Lb/in2													
0.000	0.000	0'00"	0	0			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	124	49			26	12			36	16			
1.270	0.050	1'00"	185	72			86	35			54	23			
1.910	0.075	1'30"	352	137			125	49			86	35			
2.540	0.100	2'00"	1000	410	160	79.9	8.0	145	57	60.0	6.0	95	38	39.0	3.9
3.810	0.150	3'00"		485	182			210	82			124	49		
5.080	0.200	4'00"	1500	490	193	180.6	12.0	260	101	101.5	6.8	156	61	64.0	4.3
6.350	0.250	5'00"		521	205			310	121			198	77		
7.620	0.300	6'00"		532	210			324	126			210	82		
10.160	0.400	8'00"		556	219			365	143			215	84		
12.700	0.500	10'00"		568	224			390	152			224	87		



Handwritten signature in green ink



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 15% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132
 GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

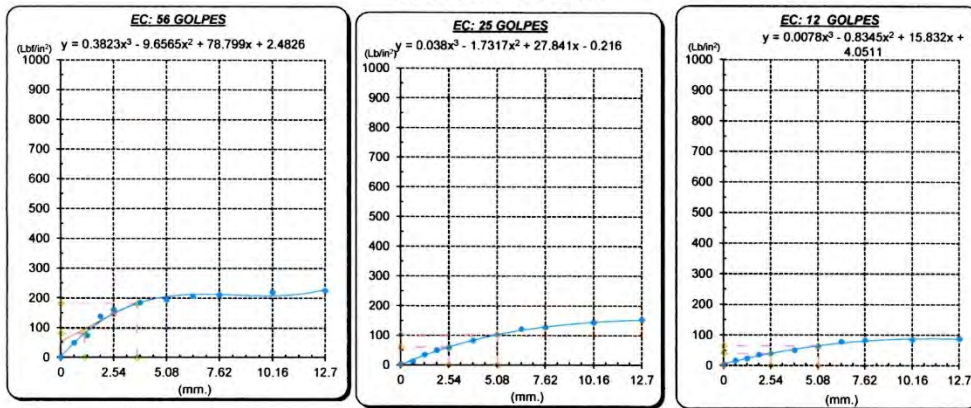


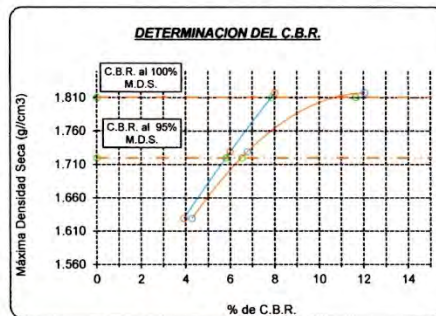
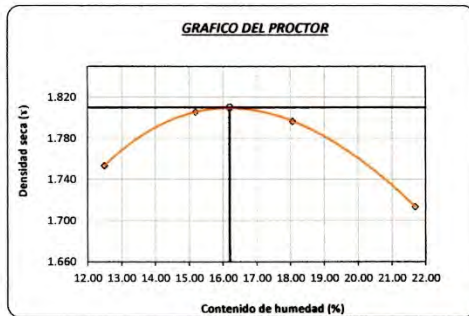
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.810 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.720 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.20 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	7 %



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557 MTC E 115

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

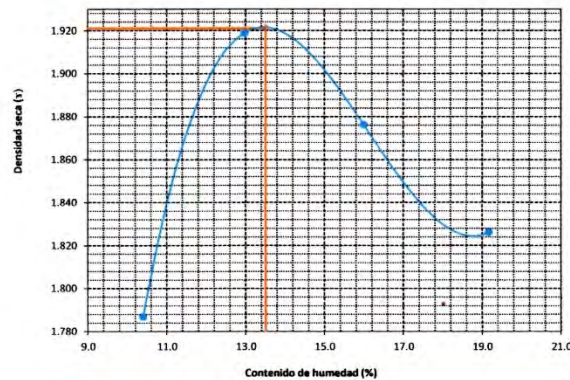
CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5718	5902	5910	5910
Peso del molde	g.	3858	3858	3858	3858
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1860	2044	2052	2052
Volumen del molde	cm ³	942.96	942.96	942.96	942.96
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.973	2.168	2.176	2.176

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	298.50	276.50	284.50	296.50
Peso del suelo seco + tara	g.	274.00	248.00	250.10	255.20
Peso de tara	g.	38.28	28.20	34.90	39.70
Peso de agua	g.	24.50	28.5	34.4	41.3
Peso de suelo seco	g.	235.72	219.8	215.2	215.5
Contenido de agua	%	10.4	13.0	16.0	19.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.787	1.919	1.876	1.826

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.921	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.50	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC E 132

Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-1				A-2				A-3				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		13240	13404	13245	13478	10695	11188							
Peso de molde (g)		8604	8604	8794	8794	6790	6790							
Peso del suelo húmedo (g)		4636	4800	4451	4684	3905	4398							
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2120	2120	2120	2120							
Densidad húmeda (g/cc)		2.187	2.264	2.100	2.209	1.842	2.075							
% de humedad		13.07	16.68	14.14	14.14	19.48	14.56							
Densidad seca (g/cc)		1.934	1.941	1.839	1.849	1.608	1.629							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		211.5	211.5	4800	4800	229.5	4684	4684	201.6	201.6	4398.0	4398.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		190.3	190.3	4636	4636	204.6	4451	4451	179.6	179.6	3905.0	3905.0		
Peso del Agua (gr.)		21.2	21.2	164.0	164.0	24.9	233.0	233.0	22.0	22.0	493.0	493.0		
Peso del tarro (gr.)		28.36	28.36	0	0	28.28	28.28	0	28.52	28.52	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)		162.0	162.0	4548.0	4548.0	176.3	4370.6	4370.6	151.1	151.1	3843.2	3843.2		
% de humedad		13.07	13.07	16.68	16.68	14.14	19.48	19.48	14.56	14.56	27.39	27.39		
Promedio de Humedad (%)		13.07	13.07	16.68	16.68	14.14	19.48	19.48	14.56	14.56	27.39	27.39		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
15/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/09/2022	14.3	24	89	2.225		72	1.800		98	2.450				
17/09/2022	14.3	48	212	5.300		265	6.625		296	7.400				
18/09/2022	14.3	72	258	6.450		340	8.500		380	9.500				
19/09/2022	14.3	96	292	7.300		390	9.750		426	10.650				
				total	43.75		total	68.53		total	70.69			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	0			0	+ 2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	98	39			42	18			36	16		
1.270	0.050	1'00"	196	77			92	37			86	35		
1.910	0.075	1'30"	245	95			131	52			121	48		
2.540	0.100	2'00"	386	151	91.6	9.2	232	90	78.0	7.8	145	57	57.5	
3.810	0.150	3'00"	489	192			285	103			196	73		
5.080	0.200	4'00"	510	201	184.6	12.3	310	121	119.5	8.0	230	90	88.6	
6.350	0.250	5'00"	530	209			335	131			256	100		
7.620	0.300	6'00"	545	215			346	135			260	101		
10.160	0.400	8'00"	556	219			365	143			274	107		
12.700	0.500	10'00"	570	225			410	160			286	111		



Handwritten signature



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : LLATAS CONTRERAS JHAMIR ALESSANDER
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

CALICATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 25% de Escoria EAF

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTCE 132
GRAFICO CARGA - PENETRACION

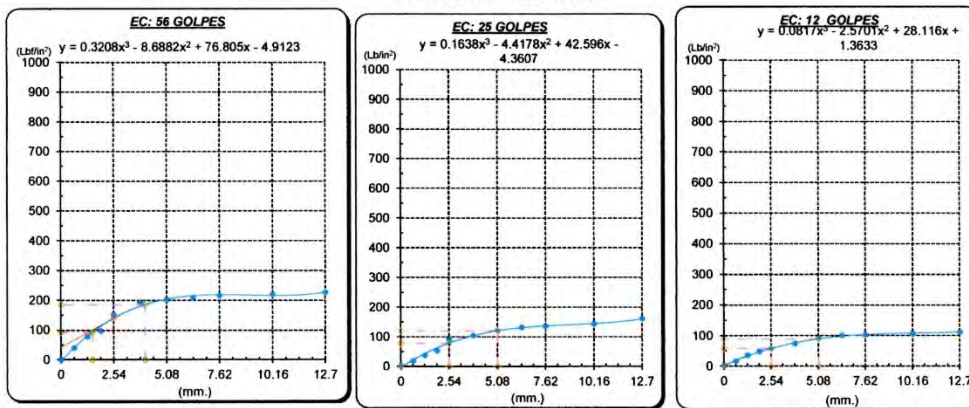


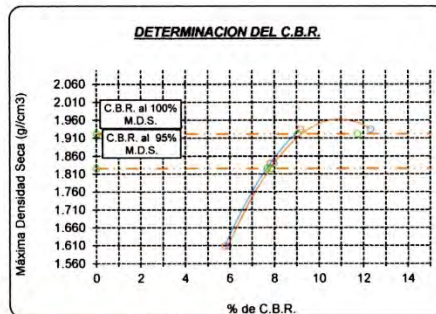
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.921 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.825 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	8 %



TÉCNICO DE LABORATORIO	TESISTA
<p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO</p>	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Llatas Contreras Jhamir Alessander
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : 18/05/2023

CALECATA :
 MUESTRA : **75% Escorias EAF + 25% SUELO** PROFUNDIDAD : -

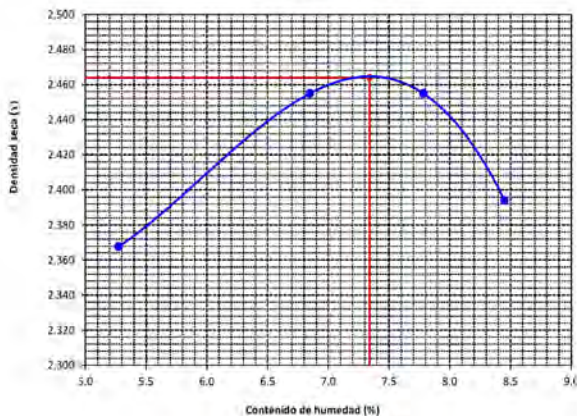
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	11802	12055	12111	12011
Peso del molde	g	6782	6782	6782	6782
Peso del suelo húmedo compactado	g	5020	5283	5329	5229
Volumen del molde	cm ³	2014	2014	2014	2014
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.493	2.623	2.646	2.596

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	546.00	434.00	226.00	276.00
Peso del suelo seco + tara	g	521.00	409.00	213.00	258.00
Peso de tara	g	47.00	44.00	46.00	45.00
Peso de agua	g	25	25	13	18
Peso de suelo seco	g	474	365	167	213
Contenido de agua	%	5.3	6.8	7.8	8.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.368	2.455	2.455	2.394

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.464	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.34	%

GRAFICO DEL PROCTOR



TÉCNICO DE LABORATORIO: 	TESISTA:
-----------------------------	--------------

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Llatas Contreras Jhamir Alessander
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : 19/05/2023

CALICATA : 0
 MUESTRA : 75% Escorias EAF + 25% SUELO PROFUNDIDAD : -

COMPACTACIÓN																
Nº Molde	1				2				3							
Nº Capa	5				5				5							
Nº Golpes por capa	56				25				12							
CONDICION DE LA MUESTRA																
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	13425		13513		13193		13312		12737		12871					
Peso de molde (g)	8067		8067		8072		8072		8159		8159					
Peso del suelo húmedo (g)	5358		5446		5121		5240		4578		4712					
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2112		2112		2113		2113					
Densidad húmeda (g/cc)	2.527		2.569		2.425		2.461		2.167		2.230					
% de humedad	7.02		7.31		6.50		6.82		6.05		6.43					
Densidad seca (g/cc)	2.361		2.394		2.277		2.323		2.043		2.095					
HUMEDAD																
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	304.0	304.0	273	273	260.0	260.0	303	303	412.0	412.0	338.0	338.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)	287.0	287.0	258	258	247.0	247.0	287	287	391.0	391.0	321.0	321.0				
Peso del Agua (gr.)	17.0	17.0	15.0	15.0	13.0	13.0	16.0	16.0	21.0	21.0	17.0	17.0				
Peso del tarro (gr.)	45	45	46	46	47	47	47	47	44	44	44	44				
Peso del suelo seco (gr.)	242.0	242.0	5234.4	5234.4	200.0	200.0	5007.0	5007.0	347.0	347.0	4486.3	4486.3				
% de humedad	7.02	7.02	7.31	7.31	6.50	6.50	6.82	6.82	6.05	6.05	6.43	6.43				
Promedio de Humedad (%)	7.02		7.31		6.50		6.82		6.05		6.43					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
19/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
20/05/2023	14.3	24	0.05	0.001	0.046	0.001	0.035	0.001	0.035	0.001						
21/05/2023	14.3	48	0.053	0.001	0.047	0.001	0.036	0.001	0.036	0.001						
22/05/2023	14.3	72	0.055	0.001	0.048	0.001	0.038	0.001	0.038	0.001						
23/05/2023	14.3	96	0.056	0.001	0.049	0.001	0.039	0.001	0.039	0.001						
			4.57	total 0.03	4.57	total 0.03	4.57	total 0.03	4.57	total 0.03	0.02					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%	Lect. Dial	Kgf/ pulg2	kgf/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2				
0.640	0.025	0'30"	45	19			25	12			12	7				
1.270	0.050	1'00"	66	27			45	19			24	11				
1.910	0.075	1'30"	101	40			78	32			44	19				
2.540	0.100	2'00"	244	95	287.1	28.71	123	49	185.3	18.5	76	32	77.1	7.7		
3.810	0.150	3'00"	367	143			231	90			98	39				
5.080	0.200	4'00"	478	188	569.9	37.99	322	126	374.2	24.9	121	48	204.2	13.6		
6.350	0.250	5'00"	677	269			456	179			143	56				
7.620	0.300	6'00"	671	351			578	228			344	134				
10.160	0.400	8'00"	981	399			643	255			467	183				
12.700	0.500	10'00"	1087	446			789	316			534	210				



[Handwritten signature]

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Llatas Contreras Jhamir Alessander
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : "Uso de Escorias Siderúrgicas como alternativa para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Subrasantes en Suelos Arcillosos"
 Ubicación : Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : 45065

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

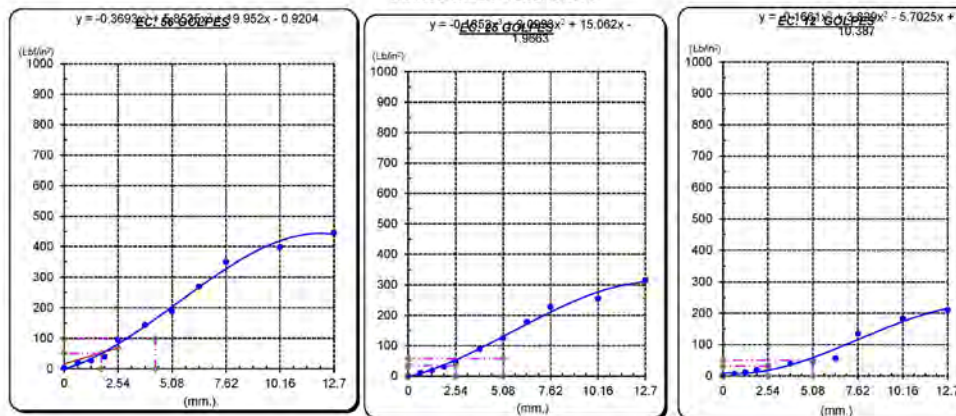


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

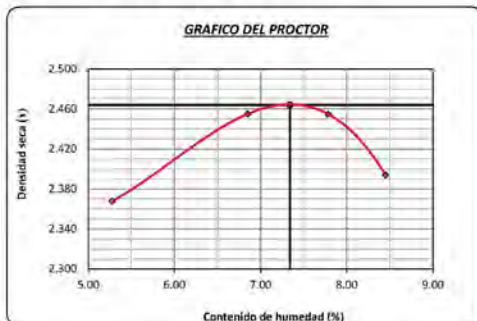
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.464 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	2.341 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	7.34 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	34.81 %	52.80 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	20.44 %	26.95 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	USO DE ESCORIAS SIDERURGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARGILLOSOS	MUESTREO POR:	SOLICITANTE:
UBICACIÓN:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAEQUE	ENSAYADO POR:	J.L.S.A
CONSULTOR:		NORMATIVA:	NTP 339.172
SOLICITANTE:	JHAMIR ALESSANDER LLATAS		NTP 339.177 (NTP 339.178)
FECHA DE ENSAYO:	marzo, 06 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	00125-2023/LLIFIELL

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	
----------	-----	-------	-----	------------	--

SALES SOLUBLES

	Muestra		A	B	PROM
2	Peso de muestra	g	50	50	--
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	--
4	Número de beaker		--	--	--
5	Peso de beaker	g	27.89	27.44	--
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	28.05	27.59	--
7	Volumen de solución evaporada	ml	50	50	--
8	Relación muestra suelo - agua destilada		5.00	5.00	--
9	Residuo de sales	g	0.16	0.15	--
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	16000	15000	15500
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.60%	1.50%	1.55%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Número de ensal		3
4	Peso del ensal	g	55.19
5	Peso del ensal + residuo de sulfatos	g	55.294
6	Peso del residuo de sulfatos	g	0.10
7	Volumen de solución tomada	ml	35
8	Peso de muestra en volumen de solución	g	50
9	Concentración de los sulfatos	ppm	2080
10	Contenido de sulfatos	%	0.208%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Volumen de solución tomada	ml	50
4	Titulación de la solución de nitrato de plata	l	0.073
5	Consumo de solución de nitrato de plata	ml	50
6	Peso de muestra en volumen de solución	g	34
7	Contenido de cloruros	ppm	3042
8	Contenido de cloruros	%	0.304%

GRUPO LLIFIELL

TECNICO
Nombre y firma:
 JÓRGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma:
 ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 161037

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	USO DE ESCORIAS SIDERURGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARCILLOSOS	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE
UBICACION:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.L.S.A
CONSULTOR:		NORMATIVA:	NTP 339.152
SOLICITANTE:	JHAMIR ALESSANDER LLATAS		NTP 339.177 / NTP 339.178
FECHA DE ENSAYO:	varias, 06 de octubre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00125-2023/CLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	
----------	-----	-------	-----	------------	--

SALES SOLUBLES

	Muestra		A	B	PROM
1	Muestra				
2	Peso de muestra	g	50	50	-
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	-
4	Número de beaker	-	-	-	-
5	Peso de beaker	g	27.89	27.44	-
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	28.03	27.55	-
7	Volumen de solución evaluado	ml	50	50	-
8	Relación mezcla suelo - agua destilada	-	5.00	5.00	-
9	Residuo de sales	g	0.14	0.11	-
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	14000	11000	12500
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.40%	1.10%	1.25%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Número de crisol		3
4	Peso del crisol	g	55.19
5	Peso del crisol + residuo de sulfatos	g	55.287
6	Peso del residuo de sulfatos	g	0.10
7	Volumen de solución tomada	ml	35
8	Peso de muestra en volumen de solución	g	50
9	Concentración de ión sulfato	ppm	1940
10	Contenido de sulfatos	%	0.194%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Volumen de solución tomada	ml	50
4	Titulación de la solución de nitrato de plata	t	0.071
5	Consumo de solución de nitrato de plata	ml	50
6	Peso de muestra en volumen de solución	g	24
7	Contenido de cloruros	ppm	2958
8	Contenido de cloruros	%	0.296%

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma:
 JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma:
 ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 161037

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLLifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	USO DE ESCORIAS SIDERURGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARCILLOSOS	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE:
UBICACION:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	JL S.A
CONSULTOR:		NORMATIVA:	NTP 330.152
SOLICITANTE:	HAMIR ALEJANDER LLATAS		NTP 330.177 (NTP 330.178)
FECHA DE ENSAYO:	Cuzco, 09 de octubre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00125-2023/CL/LLIFI

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	
----------	-----	-------	-----	------------	--

SALES SOLUBLES

N°	Muestra	Unidad	A	B	REFERENCIA
1	Muestra				
2	Peso de muestra	g	50	50	
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	
4	Número de beaker	-	-	-	
5	Peso de beaker	g	27.89	27.44	
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	28.00	27.55	
7	Volumen de solución evaporado	ml	50	50	
8	Relación mezcla suelo - agua destilada	-	5.00	5.00	
9	Residuo de sales	g	0.11	0.11	
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	11000	11000	11000
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.10%	1.10%	1.10%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Número de ensal	1	1
4	Peso del ensal	g	55.19
5	Peso del ensal + residuo de sulfatos	g	55.283
6	Peso del residuo de sulfatos	g	0.09
7	Volumen de solución tomada	ml	75
8	Peso de muestra en volumen de solución	g	50
9	Concentración de los sulfatos	ppm	1900
10	Contenido de sulfatos	%	0.190%

1	Volumen de agua destilada	ml	250
2	Peso de suelo seco	g	50
3	Volumen de solución tomada	ml	50
4	Tubocon de la solución de nitrato de plata	l	0.372
5	Consumo de solución de nitrato de plata	ml	30
6	Peso de muestra en volumen de solución	g	29
7	Contenido de cloruros	ppm	3000
8	Contenido de cloruros	%	0.300%

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma
ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 101037

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLLifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA PARA SU USO EN CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	USO DE ESCORIAS SIDERURGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARCILLOSOS	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE
UBICACION:	CHICLAYO-CHICLAYO-LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.L.S.A
CONSULTOR:		NORMATIVA:	NTP 339.152
SOLICITANTE:	JHAMIR ALESSANDER LLATAS		NTP 339.177 (NTP 339.178)
FECHA DE ENSAYO:	Pruebas, 06 de octubre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00125-2023/CLLEIRL

MUESTRA:	AGUA POTABLE	CAPA:	-	UBICACIÓN:	-
----------	--------------	-------	---	------------	---

MUESTRA: PROPIA DE AGUA POTABLE

PARAMETROS	UNIDADES	MUESTRA	NTP 339.088	
PH	-	7.82	5.5 - 8.0	1
SALES SOLUBLES TOTALES	ppm	711.0	1500.00	1
CLORUROS	ppm	27.35	300.00	1
SULFATOS	ppm	20.400	300.00	1
MATERIA ORGANICA EN SUSPENSION	ppm	1.87	46.00	

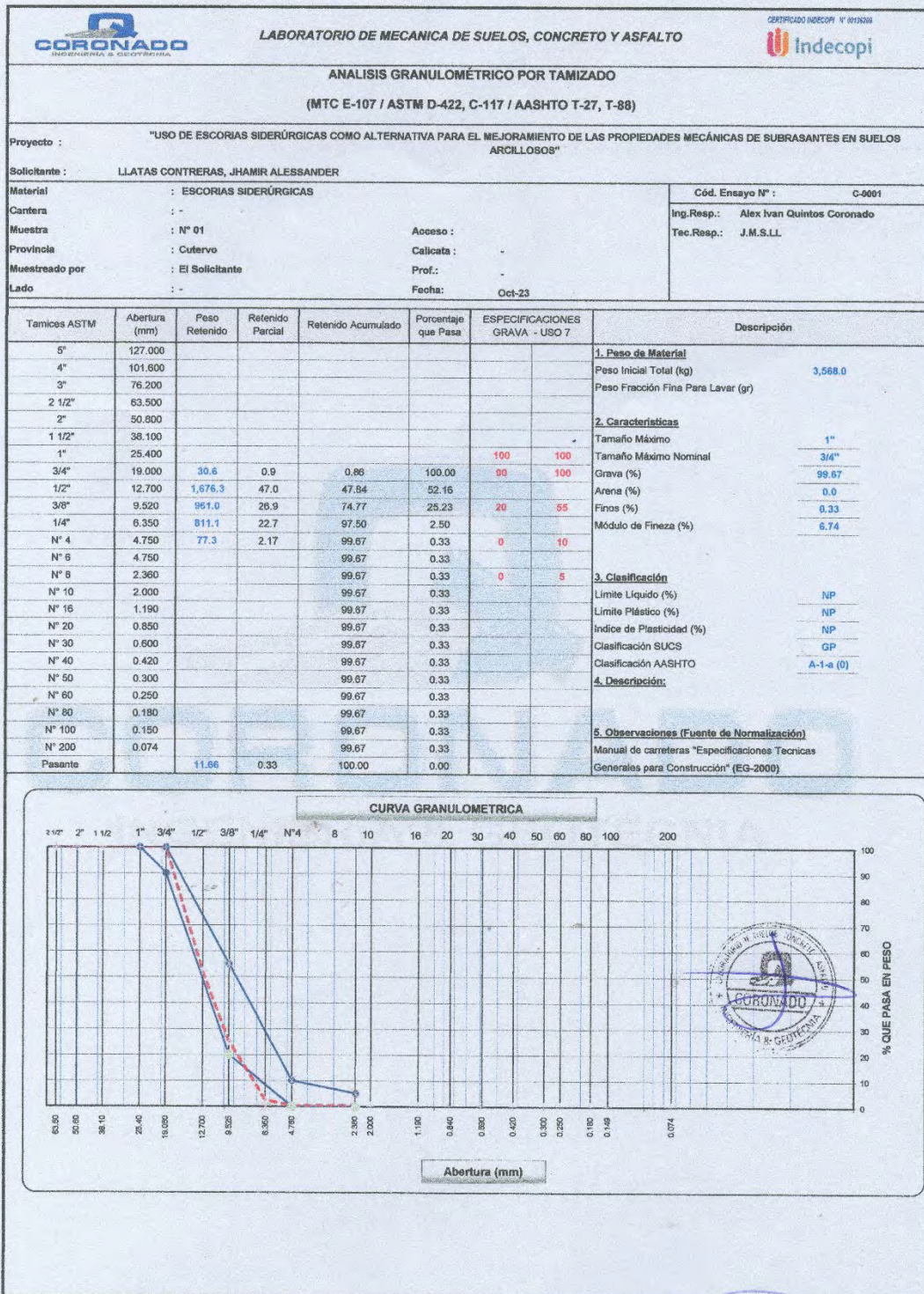
GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:
 JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma:
 ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 161037



GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



QUINTOS I&C EARL
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA
Jhamir Llatas
Jhamir Mijael Salas Llatas
TEC. LE. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO
DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EARL
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA
Alex Ivan Quintos
Ing. Alex Ivan Quintos Coronado
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO
INGENIERO CIVIL
REG.CIP.210481

CORONADO INGENIERÍA Y GEOTECNIA		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00136289 Indecopi	
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN							
(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)							
Proyecto : "USO DE ESCORIAS SIDERÚRGICAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTES EN SUELOS ARCILLOSOS"							
Solicitante : LLATAS CONTRERAS, JHAMIR ALESSANDER							
Material : ESCORIAS SIDERÚRGICAS				Cód. Ensayo N° : C-0002			
Cantera : -				Ing.Resp.: Alex Ivan Quintos Coronado			
Muestra : N° 01				Tec.Resp.: J.M.S.LL			
Provincia : Cutervo		Via : -					
Muestreado por : El Solicitante		Prof.: -					
Lado : -		Fecha: Oct-23					
DATOS			1	2	3	4	
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	gr.	2437.3	2389.0			
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr.	0.0	0.0			
3	Peso de la muestra saturada+peso canastilla dentro del agua	gr.	1683.0	1645.0			
4	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	gr.	1683.0	1645.0			
5	Peso de la tara	gr.	504.3	504.3			
6	Peso de la tara + muestra seca	gr.	2381.7	2353.1			
7	Peso de la muestra seca (A)	gr.	1877.4	1848.8			
RESULTADOS							PROMEDIO
8	Peso Especifico de masa		2.489	2.485			2.487
9	Peso Especifico de masa saturada superficie seco		3.231	3.211			3.221
10	Peso especifico aparente		9.657	9.072			9.365
11	Porcentaje de absorción	%	29.82	29.22			29.521
OBSERVACIONES :							
 QUINTOS I&C E.I.R.L. CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA Jhadin Mijael Salas Llatas TEC. LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO DNI N° 73007702				 QUINTOS I&C E.I.R.L. CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA Ing. Alex Iván Quintos Coronado JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO INGENIERO CIVIL REG.CIP.210481			