



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Estabilización de subrasante mediante la combinación óptima de
cemento y escoria de cobre, Tramo Los Ángeles – Yacango,
Moquegua, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Tala Mejía, Elizabeth Yulisa (ORCID:0000-0001-5885-4736)

ASESOR:

Ing. Jorge Olarte Pinares (ORCID:0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta dedicado primero a Dios, de manera especial a mis Abuelos por guiarme siempre al camino académico y ser un ejemplo en mi vida, a mis padres por haberme aconsejado nunca rendirme, a mi esposo e hija que me acompañaran a lo largo de mi carrera y a todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se logre.

Agradecimiento

A mi asesor por el tiempo dedicado conocimientos brindados y a sus exigencias para lograr nuestro objetivo, a mis docentes y compañeros de la Universidad por sus enseñanzas y aportes a mi carrera.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	14
2.1.2. Antecedentes internacionales	15
2.1.3. Artículos científicos internacionales.....	16
2.1.4. Artículos científicos en otros idiomas	17
2.2. TEORIAS	18
2.2.1. Variable 1: Propiedades Mecánicas de la Subrasante	18
2.2.2. Variable 2: Estabilización con Escoria y Cemento	21
2.3. ENFOQUES CONCEPTUALES	27
2.3.1 Variable 1: Mejoramiento de la subrasante	27
La Subrasante.....	27
Ensayos de Laboratorio	28
2.3.2. Variable 2: Estabilización con escoria y cemento.	30
Escoria de Cobre.....	30
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	32
3.1.1 Tipo de Investigación.....	32
3.1.2. Enfoque de Investigación.....	32
3.1.3. El diseño de la Investigación	32
3.1.4. El nivel de la investigación	32
3.2. Variables y operacionalización.....	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.6. Método de análisis de datos	47
3.7. Aspectos éticos	47

IV. RESULTADOS	48
4.1. Descripción de la zona de estudio	48
4.2. Objetivo específico 1	49
4.3. Objetivo específico 2	51
4.4. Objetivo específico 3	54
4.5. Objetivo específico 4	55
4.6. Contrastación de hipótesis	56
V. DISCUSIÓN	60
VI. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla N° 1. Propiedades Físicas.....	25
Tabla N° 2. Categorías de la Subrasante.....	27
Tabla N° 3. Composición química de la Escoria de Cobre.....	30
Tabla N° 4. Tamices empleados para el ensayo	35
Tabla N° 5. Relación entre Potencial de Hinchamiento y índice plástico	39
Tabla N° 6. Combinaciones Escoria de Cobre y Cemento.	43
Tabla N° 7. Resultados de CBR.	49
Tabla N° 8. Resultados de CBR al 95%.....	50
Tabla N° 9. Rango de Cemento requerido en estabilización suelo– cemento.	51
Tabla N° 10. Porcentaje de Cemento y EC utilizados.	52
Tabla N° 11. Porcentaje de EC y Cemento Vs. Porcentaje de CBR al 95%.....	52
Tabla N° 12. Producción de cobre 2020	55
Tabla N° 13. Producción de cobre 2020	59
Tabla N° 14. CBR de la muestra del suelo Vs. máximo valor de CBR alcanzando en 5ta combinación.....	59
Tabla 15. CBR al 95% MDS.....	61
Tabla 16. CBR al 95% MDS.....	61

Índice de figuras

Figura 1. SUCS para suelos de grano grueso.....	19
Figura 2. SUCS para suelos de grano fino.....	19
Figura 3. Tabla de plasticidad del suelo según sistema SUCS.....	20
Figura 4. Tabla Clasificación AASHTO.....	20
Figura 5. Estabilización Mecánica con Equipo Pesado.....	22
Figura 6. Estabilización con Cal.....	23
Figura 7. Estabilización Suelo Cemento.	24
Figura 8. Estabilización Química del Suelo.....	24
Figura 9. Aplicación de material bituminoso.	25
Figura 10. Proceso pirometalúrgico del cobre	31
Figura 11. Selección de Calicatas	35
Figura 12. Excavación de Calicatas.	35
Figura 13. Cuarteo de Muestral.	36
Figura 14. Tamizado en Laboratorio	37
Figura 15. Limite Líquido - Copa de Casagrande	38
Figura 16. Limite Líquido - Equipos utilizados para el ensayo	38
Figura 17. Limite Plástico. (Fuente Propia)	39
Figura 18. Carta de Plasticidad Casagrande.....	40
Figura 19. Ensayo Proctor de la Subrasante	41
Figura 20. Ensayo Proctor de la Subrasante	42
Figura 21. Ensayo CBR – Inmersión.....	43
Figura 22. Ensayo de Proctor Modificado Combinaciones EC y Cemento.....	45
Figura 23. Ensayo de CBR Combinaciones N° 2 Cemento y Escoria de Cobre.....	47
Figura 24. Ubicación de la Zona de Estudio	48
Figura 25. Mejoramiento de Propiedades con Escoria de Cobre y Cemento.....	49
Figura 26. Ensayo de CBR para determinar el mejoramiento de sus propiedades..	50
Figura 27. Ejemplo de aplicación de cemento para estabilización	51
Figura 28. Ejemplo de fisuración en Suelo – Cemento	52
Figura 29. Escoria de cobre a Orillas de Mar Ilo, Moquegua	55
Figura 30. Escoria de cobre a Orillas de Mar Ilo, Moquegua.....	55

Resumen

La presente investigación busca mejorar las propiedades del suelo de la Carretera Los Ángeles – Yacango ubicada en la región Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento Moquegua, cuenta con una extensión de 10.00 Km y es considerada una carretera de tercera clase según el MTC, se busca lograr mayor transitabilidad para los pobladores del valle de Yacango a la ciudad de Moquegua, proponiendo la estabilización del suelo mediante la adición de Cemento y Escoria de Cobre, este último aditivo es un residuo industrial que se encuentra en la Región Moquegua en grandes cantidades.

Las Escorias de Cobre para la experimentación fueron tomadas de depósitos ubicados a orillas del Mar en la ciudad de Ilo, generados por la refinería de la Empresa Southern Perú, estas Escorias de Cobre actualmente constituyen una contaminación ambiental, por lo cual se propone su reutilización y así hacer más sostenible el siguiente estudio.

De los ensayos realizados se pudieron comprobar las hipótesis, teniendo como CBR de la muestra del suelo natural 4.9% considerado según el MTC como un suelo de subrasante pobre o inadecuada, se realizaron 05 combinaciones determinando como la más conveniente la 5ta combinación realizada con 25% de Escoria y 5% de Cemento donde se obtuvo un CBR de 18.10% el cual se consideró como el más óptimo ya que se puede ver el incremento de su valor a un suelo bueno, con este valor obtenido se plantea un diseño adecuado para la estabilización.

Palabras clave: Estabilización de suelo, escoria de cobre, mejoramiento, suelo.

Abstract

The present investigation seeks to improve the soil properties of the Los Angeles - Yacango Highway located in the Moquegua region, Mariscal Nieto province, Moquegua department, has an extension of 10.00 km and is considered a third class highway according to the MTC, it is sought achieve greater transitivity for the inhabitants of the Yacango valley to the city of Moquegua, proposing soil stabilization through the addition of Cement and Copper Slag, this last additive is an industrial waste that is found in the Moquegua Region in large quantities.

The Copper Slags for the experimentation were taken from deposits located on the shores of the Sea in the city of Ilo, generated by the refinery of the Southern Peru Company, these Copper Slags currently constitute an environmental contamination, for which their reuse and thus making the following study more sustainable.

From the tests carried out, the hypotheses could be verified, having as CBR of the soil sample 4.9% considered according to the MTC as a poor or inadequate subgrade soil, 05 combinations were made, determining as the most convenient the 5th combination made with 25% of Slag and 5% of Cement where a CBR of 18.10% was obtained, which was considered the most optimal since it can be seen the increase in its value to a good soil, with this value obtained, an adequate design for stabilization is proposed.

Keywords: Soil stabilization, copper slag, improvement, soil.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú las vías están clasificadas según su demanda; en autopistas de primera y segunda clase, carreteras de primera, segunda y tercera clase y por último se encuentran las trochas carrozables, según el Centro de Comercio Exterior el 16% se encuentran pavimentadas y el 84% restante en afirmado o trocha. La vía que tomaremos como base estudio se encuentra situada al Sur de Perú en la Región Moquegua, designada Carretera Los Ángeles – Yacango y considerada como una carretera de tercera clase, ya que posee un IMDA menor a 400 veh/día, estas vías son conocidas como básicas o económicas y consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos según el MTC, por ser de bajo tránsito tienen destinado poco presupuesto, lo que muchas veces impide realizar un mejoramiento adecuado. La Carretera Los Ángeles-Yacango en la actualidad presenta una serie de deformaciones y fallas, durante los meses de abril a noviembre no se presentan lluvias es así que se generan nubes densas de polvo que reducen la visibilidad de la vía generando accidentes y durante la presencia de lluvias esporádicas los suelos se deforman debido al tránsito de camiones de carga.

Por otro lado, tenemos el cobre actualmente considerado como uno de los metales más utilizados en el mundo. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, en el 2020 se produjeron 20 millones de toneladas de cobre en el mundo, considerando a Southern Copper Company con una producción de 1 millón de toneladas en el quinto lugar de las compañías mineras de cobre a nivel mundial, esta empresa maneja instalaciones de minería en México y Perú, teniendo centrales de operación en los campos de Toquepala (Tacna) y Cuajone (Moquegua) en Perú.

En la presente investigación tomaremos como recurso la escoria de cobre, que se considera un desecho industrial del grupo de las escorias no ferrosas y se genera durante la producción de ánodos de cobre, los hornos primarios modernos producen entre 2,2 y 3 toneladas de escoria de cobre por cada

tonelada de producción de cobre, la reutilización de estos residuos puede traer beneficios económicos y ambientales a las zonas donde se generan, la escoria de cobre se vende en los sectores de minería y construcción, ahora se utiliza principalmente como material para rellenos y materiales abrasivos (Murari et al., 2015). Las escorias de cobre en Perú las podemos encontrar cerca a refinerías mineras como desperdicios ya que es inevitable su incremento debido a la producción de cobre, el cual puede ser considerado como un agente potencial de contaminación ambiental.

La Región de Moquegua es considerada como una zona Minera debido a la cantidad de cobre que se produce ubicándonos en el 5to lugar a nivel mundial, esta producción genera diversidad de residuos, siendo uno de ellos las escorias de cobre de altos hornos. Actualmente la Refinería propiedad de la Empresa Souther Perú se encuentra ubicada en la Ciudad de Ilo, Región Moquegua y es quien viene generando estos residuos industriales en enormes cantidades, además se considera que este material vendría en aumento progresivo debido a un nuevo proyecto minero que tiene programado el inicio de sus operaciones productivas en el presente año 2022, por la empresa Anglo American.

Teniendo en cuenta estas consideraciones es que se propone evaluar la viabilidad técnico-económico de la incorporación de tal residuo como estabilizante del suelo en combinación con el cemento, con este propósito se realizó la toma de muestra, donde se pudo observar las escorias de cobre depositada a orillas de Mar, lo cual además de la contaminación visual por su color negruzco viene generando contaminación del Agua, Aire y Suelo, como se pudo observar en la visita a campo.

La presente investigación tiene como **Justificación Teórica**, proponer mejorar las características físico-mecánicas del suelo de subrasante de la Carretera Los Ángeles - Yacango esta vía une dos Distritos importante de la Ciudad (Moquegua-Torata), lo cual se lograría mediante la reutilización de la combinación óptima de cemento y escoria de cobre como aditivo para la estabilización. Su **Justificación Social** está fundamentada en el desarrollo

económico y agrícola del Valle de Yacango mediante el transporte de sus productos a la Ciudad por la Trocha Carrozable Los Ángeles - Yacango, debido al mal estado de esta vía los pobladores optan por utilizar la Carretera Interoceánica Sur que se localiza a mayor distancia y tiene gran afluencia vehicular por ser un Corredor Vial Inter Provincial. **Justificación Económica**, la Escoria de Cobre es un desperdicio generado por las Minas de cobre, este recurso va en aumento progresivo en la Región debido a los nuevos proyectos Mineros, al proponer su reutilización como aditivo para la estabilización del suelo y no tener ningún costo nos permite optimizar técnica - económicamente el uso de este recurso. **Justificación Ambiental**, debido a la contaminación que vienen generando los depósitos de las escorias de altos hornos, podemos concluir que su reutilización nos traerá beneficios medio ambientales significativos a la Región Moquegua. La necesidad de una construcción más sostenible esta desencadenando una búsqueda intensiva de materiales alternativos para reemplazar lo aditivos comerciales y contribuir con los recursos naturales, es así que está propuesta de reutilización de escorias de cobre es interesante para la Región.

Esta Tesis nace con el objetivo de darle una solución al Tramo de la Carretera Los Ángeles-Yacango que actualmente viene presentando fallas, lo cual ha generado menor transitabilidad de vehículos, reducción de la velocidad por el encalaminado viéndose afectados los pobladores de la zona. Por lo tanto, se plantea el mejoramiento del suelo mediante la estabilización con cemento y escoria de cobre de altos hornos con un diseño adecuado y óptima combinación de aditivos, además se considera fundamental la reutilización de la escoria de cobre y hacer más sostenible la presente investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Torres (2019). Se plantea como objetivo determinar el porcentaje de escoria de cobre para la estabilización de un suelo de tipo cohesivo arcilloso y propone utilizarlo como capa de subrasante en pavimentos. La metodología empleada fue cuantitativa y experimental. La muestra fue extraída del acceso al centro poblado de Shicut, distrito de San Juan de Jarpa, Provincia de Chupaca, Departamento de Junín, muestra tomada de tres calicatas, las escorias de cobre se extrajeron del depósito de mineral de relaves de la refinería de DOE RUN en la Oroya, con la finalidad de determinar si al combinarlo con un suelo cohesivo este eleva su valor de CBR. Los resultados de los ensayos de laboratorio demuestran que a medida que se incrementa la escoria de cobre en las mezclas aumenta su CBR, concluyendo que es viable su uso como estabilizador del suelo cohesivo y se puede ser utilizado como aditivo para mejorar la subrasante.

Velásquez (2018) plantea como principal objetivo evaluar la influencia del cemento portland tipo I al estabilizar el suelo arcilloso de la subrasante. Fue un estudio de tipo explicativa-correlacional, experimental. La población de estudio estuvo conformada por la Av. Dinamarca, sector La Molina, la muestra fue en la Av. Dinamarca y el muestreo fue no probabilístico. Los instrumentos empleados fueron las fichas de recolección de datos; bibliográficos. El principal resultado que hubo fue la reducción del índice de plasticidad del suelo arcilloso más desfavorable de 36%, 23% y 15% al adicionar cemento Portland Tipo I en porcentajes de 1%, 3% y 5% respectivamente. La conclusión principal fue el incremento del porcentaje de CBR, reducción del índice de plasticidad y del índice de contracción.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Alonso (2021) El principal objetivo es obtener materiales nuevos reciclados, con mejores propiedades para la construcción eficientes energéticamente. Fue un estudio de tipo cuantitativa y experimental. La población Burgos, muestreo realizado en el Departamento de Construcciones y del departamento de la Universidad de Burgos. Los instrumentos empleados fueron Análisis de Laboratorio de Suelos. Los principales resultados señalan que las mezclas diseñadas con sus respectivas dosificaciones, complementadas con aditivo y sin él, alcanzan valores significativos de resistencia mecánica a la flexión y compresión. De los resultados se concluye que el uso de escorias blancas de Horno Cuchara LF para elaboración de eco morteros en la construcción es técnicamente viable, así como una buena práctica del punto de vista medioambiental ya que se daría gestión al uso de material de desecho, como las Escorias blancas provenientes de industria siderúrgica.

Pérez (2017), consideró como objetivo principal demostrar el beneficio de la escoria de cobre como agregado pétreo para tratamientos superficiales simples, mediante ensayos de laboratorio comparativos con áridos tradicionales de la Región de Valparaíso, y mediante análisis físicos y químicos de su composición respecto de la normativa ambiental, ofreciendo una alternativa sostenible en el diseño de caminos básicos. Fue un estudio de tipo semi- cuantitativo y experimental. Su población Región de Valparaíso. Se obtuvo como resultado que el uso de las escorias de cobre representa una alternativa más sustentable en la construcción de caminos básicos para la Región de Valparaíso. No se observó en ninguna de las dosificaciones desprendimiento de agregado ni exudación, concluyendo que la fórmula de dosificación tiene buen funcionamiento para el uso de escoria de cobre, no se requerirá ningún tipo de factor de corrección, además como árido para tratamientos superficiales, cumplió con el Volumen 5 del Manual de Carreteras y todos los requisitos establecidos, convirtiéndose en una alternativa viable para este tipo de solución básica.

2.1.3. Artículos científicos internacionales

Muños, Villegas (2017), proponen la reutilización de residuos de las fundiciones de cobre, para darles un nuevo uso como aditivo en la construcción mediante el reemplazo de áridos naturales por material a base de escorias de fundición. Se considera su población el País de Chile, se concluyó que el Plan de Gestión presentado evidencia mejoras que pueden realizarse a través de la reducción en el origen, y muestra las utilidades que pueden mostrar los pasivos ambientales para la producción de materiales de construcción.

Díaz, Gonzáles, Días (2020), su objetivo es la caracterización de escoria de cobre secundaria y evaluación de su actividad puzolánica, Fue un estudio de tipo experimental cuantitativo, la población el Valle del Cauca (Colombia). Se obtuvo como resultado que la EC contiene un alto porcentaje de reactivo, siendo un material permisible para usarse como aditivo en la fabricación de cemento, obteniendo un porcentaje de fase amorfa de 45,8%. De acuerdo a los análisis de la Escoria de Cobre se concluye que el material es apto para usarse como aditivo en la industria cementera, sobresaliendo la finura del material se encuentra sobre el nivel del cemento y es posible potencializar el efecto químico al hacer molienda conjunta a nivel industrial.

García, Pabón, Sicacha (2020), propone el mejoramiento de subrasantes arcillosas con la adición de escorias de acero. Fue un estudio de tipo experimental cuantitativo. La población en estudio fueron los suelos de la sabana de Bogotá. Obteniendo como resultado el aumento de los valores de CBR cuando se incrementa escoria debido a sus propiedades mecánicas, convirtiéndose en una opción para la estabilización de suelos arcillosos. Concluyendo que la escoria de acero funciona en materiales cohesivos reduciendo su plasticidad y aumentando el CBR, siendo considerado como un excelente complemento en la mejora de sus propiedades físico-mecánica de un suelo con subrasante arcilla caolinita.

2.1.4. Artículos científicos en otros idiomas

Shahiri, Ghasemi (2017), Propone la estabilización de subrasante en carreteras mediante la utilización de cemento y escoria de cobre, se realizaron pruebas de compresión no confinada para investigar los impactos de la escoria de cobre en las características mecánicas del cemento estabilizado y del suelo no estabilizado. Fue un estudio de tipo experimental cuantitativo. La ubicado en población Kerman, Irán. Obteniendo como resultado que la escoria de cobre condujo al óptimo contenido de humedad y aumento de la densidad seca, además de mejorar las propiedades del suelo permitiría dar un paso para proteger y preservar el medio ambiente.

Rasayan J. Chem (2018), Este artículo busca identificar como el porcentaje óptimo de escoria de cobre y GGBS (escoria de alto horno granulada molida) aumenta la resistencia del suelo arcilloso. Fue un estudio tipo experimental cuantitativo, nivel explicativo, población Tamilnadu (India). Obtuvo como resultado de la combinación Suelo arcilloso más Cobre al 0, 10%, 20 %, 30 % los CBR 5.75%, 6.89%, 9.21%, 11.26%, respectivamente. Concluyendo que se puede ver una notable mejora en el contenido de humedad, máxima densidad seca y aumentando el CBR reduciendo así los costes de mejora de suelo.

Ashokbhai, Rajubhai, Amarabhai, Chavda (2018), El objetivo principal de este proyecto es investigar el uso de escoria de cobre en aplicaciones geotécnicas y de transporte, clasificar estos materiales como factores importantes por su disponibilidad, aplicación, impacto ambiental y costo. Este proyecto involucra varios componentes. Fue un estudio tipo experimental cuantitativo, nivel explicativo, población Rajkot (India). Se realizaron las siguientes combinaciones 10% de EC + 90% Suelo, 20% de EC + 80% Suelo, 30% de EC + 70% Suelo, 40% de EC + 60% Suelo, teniendo un CBR inicial del suelo patrón de 1.73% se obtuvieron los siguientes resultados respectivamente al adicional utilizar escoria de cobre para su estabilización 2.83%, 4.34%, 8.75%, 11.71%. Concluyendo que la distribución de tamaño de grano se altera por la adición de la escoria de Cobre, se observa es un material granular con bastante ángulo,

la mezcla de escoria de cobre y suelo (40:60) tiene un valor de CBR de 11,71% al utilizar esta mezcla podemos evitar problemas de hinchamiento y contracción del suelo expansivo, considerando económicamente viable y una solución alternativa para la construcción vial, resolvería los problemas de eliminación de las industrias y resulta económicamente atractivo en regiones cercanas a las áreas donde se obtienen subproductos de desecho.

2.2. TEORIAS

2.2.1. Variable 1: Propiedades Mecánicas de la Subrasante

El Suelo

Son mezclas compuestas por minerales, material orgánico, organismos vegetales y animales, aire y agua. El tamaño de las partículas minerales que forma el suelo establece sus propiedades físicas textura, estructura, porosidad y el color. Las partículas que componen el suelo se clasifican en arena, arcilla y limo, la mayoría de suelos son una combinación de los tres. El color del suelo esta influenciado por su mineralogía, que nos dice que hay un suelo específico. Aquellos suelos que tienen alto contenido de materia orgánica son marrones oscuro o negro.

Clasificación del Suelo

Se conocen dos métodos más usados en la clasificación de los suelos; Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se basa en la clasificación de acuerdo al desarrollado por Casagrande, en la Segunda Guerra Mundial, con algunas modificaciones se aprobó en EE.UU. en el 1952, en la actualidad está estandarizado como la norma ASTM D-2487-93. Se distingue los suelos gruesos de los finos, al pasar menos del 50% del suelo por la malla N° 200 es considerado grano grueso, por lo contrario, si es más del 50% pasa por la malla n°200, el suelo es de grano fino.

COARSE-GRAINED SOILS
(more than 50% of material is larger than No. 200 sieve size.)

GRAVELS More than 50% of coarse fraction larger than No. 4 sieve size	Clean Gravels (Less than 5% fines)		
		GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
		GP	Poorly-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
	Gravels with fines (More than 12% fines)		
		GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
		GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
SANDS 50% or more of coarse fraction smaller than No. 4 sieve size	Clean Sands (Less than 5% fines)		
		SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines
		SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines
	Sands with fines (More than 12% fines)		
		SM	Silty sands, sand-silt mixtures
		SC	Clayey sands, sand-clay mixtures

Figura 2. SUCS para suelos de grano grueso. (Borselli, 2021)

FINE-GRAINED SOILS
(50% or more of material is smaller than No. 200 sieve size.)

SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50%		ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity
SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or greater		MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
HIGHLY ORGANIC SOILS		PT	Peat and other highly organic soils

Figura 2. SUCS para suelos de grano fino. (Borselli, 2021)

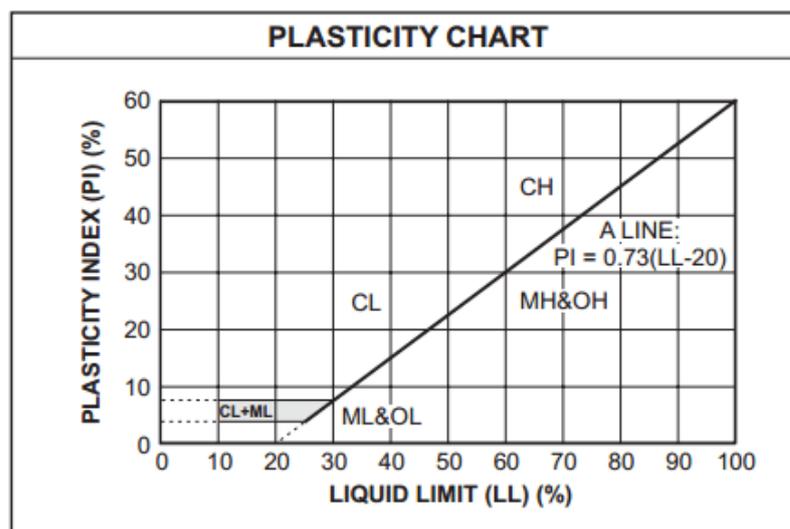


Figura 3. Tabla de plasticidad del suelo según sistema SUCS. (Jamal, 2019)

El segundo método propuesto por la American Association of State Highway and Transportation Officials el cual luego de varias revisiones se adoptó el sistema de clasificación de suelos, donde se agrupan en función de su comportamiento como capa de soporte, siendo el más utilizado en la clasificación de suelos para vías. En este sistema el suelo se clasifica en 07 grupos (A-1, A-2, A-3, ... A-7), según su granulometría y plasticidad. En función del porcentaje que pase por los tamices N° 200, 40 y 10.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Figura 4. Tabla Clasificación AASHTO

Propiedades Mecánicas de la Subrasante

El espesor de un pavimento es variable este depende en gran parte de la calidad de la subrasante, sea un pavimento rígido o flexible. Para esta capa se utiliza la capacidad de soporte como parámetro de evaluación. Se debe tener en cuenta la susceptibilidad del suelo a la humedad, tanto en términos de resistencia como de posibles cambios de volumen en suelos de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños. El CBR es uno de los ensayos más utilizados, con el cual se evalúa la calidad del suelo de subrasante basado en su resistencia, pudiendo medir su resistencia al esfuerzo cortante.

2.2.2. Variable 2: Estabilización con Escoria y Cemento

Estabilización del suelo

La estabilización de suelos es un proceso muy común para mejorar las características físico-mecánicas de los suelos naturales con baja resistencia, lo cual se logra mezclando este con otros tipos de suelos de diferentes grados, agregando aditivos químicamente activos, en la estabilización es importante tener conocimiento de las propiedades de los materiales involucrados en la mezcla para poder obtener mejores resultados.

Según el MTC define la estabilización de suelos como el mejoramiento de sus propiedades físicas mediante procedimientos mecánicos de incorporar productos químicos naturales o sintéticos. Conjuntamente considera que la estabilización de suelos consiste en “dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.” (MTC, 2013)

En la actualidad existen diferentes métodos para estabilizar un suelo, basados en estudios con fundamentos científico corroborado por medio de la

experimentación, entre los más conocidos tenemos método físico y mecánico, químico, entre otros que desarrollaremos.

Tipos de Estabilización

Par poder elegir el método de estabilización a realizarse debemos verificar diversos parámetros que nos ayudarán a definir el tipo de estabilización más apropiada. Los parámetros más importantes a considerarse deberán ser el tipo de suelo, tipo de vía, antecedentes con el estabilizador, antigüedad del proyecto, presupuesto destinado y evaluación ambiental.

Estabilización Mecánica

El método mecánico de estabilización de suelos para mejorar las propiedades cambiando su gradación, es realizado mediante la combinación de dos o más materiales con la compactación de equipo mecánico como rodillos, apisonadores, entre otros, hasta lograr las especificaciones requeridas.



Figura 5. Estabilización Mecánica con Equipo Pesado. (Interempresas, 2020)

Estabilización con Cal

Este método se desarrolla mediante la utilización de Cal viva, su aplicación puede modificar casi todos los suelos de grano fino hasta cierto punto, principalmente en los suelos arcillosos con alta plasticidad.

Mediante la estabilización del suelo con cal podemos obtener mayor resistencia, reducción de la plasticidad, reducción del volumen de retención de humedad. La estabilización con Cal no es difícil de realizar después de realizar el diseño de la mezcla y las pruebas adecuadas, generalmente se usa en suelos con índice alto de plasticidad.



Figura 6. Estabilización con Cal (Horcalsa,2020)

Estabilización con Cemento

Consiste en la estabilización con la adición de una cantidad pequeña de Cemento para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas del suelo. La aplicación del cemento prolonga la vida útil de un pavimento ya que proporcionara un soporte uniforme mediante la subrasante, mejorando su estabilidad, rigidez, resistencia del suelo y haciéndolo menos expansivo. Inicialmente la capa superior del suelo se afloja escarificando, este proceso debe repetirse hasta que no haya grumos de tierra en el suelo, en esta etapa permitirá una mezcla uniforme para la estabilización, luego se procede a mezclar el suelo con el cemento y posteriormente se rocía agua sobre el suelo

mezclado, finalmente se procede a compactar con un rodillo para garantizar una compactación uniforme y lograr la densidad seca requerida para el suelo.



Figura 7. Estabilización Suelo Cemento. (Asocem, 2018)

Estabilización Química

Los estabilizadores químicos también conocidos como aglutinantes proporcionan una estabilización temporal al suelo. Este proceso se realiza mediante la adición de productos químicos para mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo. Entre los productos químicos más comunes que se utilizan para la estabilización se encuentran el cloruro de sodio, cloruro de calcio y silicato de sodio, polímeros siliconitas, aminas entre otros. Las ventajas de este tipo de estabilización es el aumento de la densidad del suelo, mejora a permeabilidad, aumento de la resistencia y control del tiempo de fraguado y curado.



Figura 8. Estabilización Química del Suelo. (Rincón, 2020)

Estabilización Bituminosa

Este tipo de estabilización es un proceso por el cual material bituminoso es mezclado con el suelo para mejorar las propiedades, formando una base estable, generalmente se usa cemento asfáltico, asfalto diluido o emulsión asfáltica. La estabilización bituminosa puede ser utilizada en suelos cohesivos o no cohesivos mejorando la impermeabilización, capacidad de carga y flexibilidad de los suelos estabilizados.



Figura 9. Aplicación de material bituminoso. (Asfaltos Rabbi, 2021)

Estabilización con Escoria

En la actualidad las escorias de altos hornos son utilizados a nivel mundial en carreteras donde los suelos no son aptos para la construcción. Las escorias de cobre pueden mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con características desfavorables, este residuo también se puede mezclar con cenizas volantes y cemento para mejorar su fuerza y eficacia. Además, este tipo de estabilización fomenta el uso de residuos industriales en la construcción de pavimentos a bajo costo. En el Perú no es muy utilizado en comparación al resto de estabilizantes, debido a que no se cuenta con diversos estudios, siendo un residuo que genera contaminación y se encuentra en grandes volúmenes en los centros mineros del País.

Estabilización con Escoria de Cobre: las escorias de cobre son un subproducto extraído durante el proceso de fundición, en este proceso las impurezas se vuelven escorias y flotan en la superficie superior del metal fundido que se apagara en agua produciendo gránulos angulares los cuales se disponen como desechos. Las escorias de cobre tienen un color negrozco con menos del 1% de humedad, gravedad específica 3,2 y en su mayor parte su tamaño es de 2,36 mm y 1.18 mm. Este residuo es utilizado en diferentes proporciones para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

La escoria de cobre es una partícula vítrea negra y de naturaleza granular y tiene un rango de tamaño de partícula similar al de la arena.

Tabla N°1. Propiedades Físicas

PROPIEDADES FISICAS	ESCORIA DE COBRE
FORMA DE PARTICULA	IRREGULAR
APARIENCIA	NEGRO VIDRIOSO
TIPO	AIRE ENFRIADO
GRAVEDAD ESPECIFICA	3.20
PORCENTAJE DE VACIOS	43.20%
DENSIDAD	2.08 g/cc
MODULO DE FINURA	3.43
ABSORCION DE AGUA	0.3 – 0.4 %
MODULO DE FINURA	0.1 %

Fuente: Elaboración Propia

Diversos estudios han determinado que la estabilización con escoria de cobre de altos hornos mejora las propiedades de los suelos arcillosos.

2.3. ENFOQUES CONCEPTUALES

2.3.1 Variable 1: Mejoramiento de la subrasante

La Subrasante

- La subrasante es el material in situ sobre el cual se coloca el pavimento, aunque tiene tendencia a considerar el desempeño del pavimento en términos de estructura del pavimentos y diseño de la mezcla únicamente, la subrasante a menudo puede ser el factor predominante en un desempeño de pavimento.
- Una subrasante se compone de suelos nativos compactados para soportar las cargas que se encuentran sobre ellas. Es una capa requerida en muchas estructuras como pavimentos y losas, aunque necesita tener ciertas características. Una subrasante puede necesitar estructuras de drenaje especiales para permitir el paso del agua si está compuesta de suelo impermeable.

Capacidad de Soporte del Suelo

- La importancia de la resistencia del suelo de la subrasante tiene un papel importante en la optimización del diseño de las capas estructurales subyacentes. Asimismo, es un factor importante en el diseño, la construcción y el rendimiento de los pavimentos de las carreteras
- De la capacidad de soporte que presenta el suelo en estado natural, podemos obtener un valor mediante el ensayo de CBR el cual esta categorizado según el MTC como se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla N°2. Categorías de la Subrasante.

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR > 3%

S1: Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR \geq 30%

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos de Laboratorio

Tamaño de Partículas

Se diferencian tres principales tamaños de partículas del suelo; arena, limo y arcilla; la arena con partículas más grandes (2.0 mm-0.05mm), el limo con tamaño intermedio (0.05 mm-0.002 mm) y las partículas más pequeñas las arcillas (menor de 0.002 mm). Los granos mayores a 2 mm son denominados grava y no son considerados como material de suelo.

Granulometría

La composición granulométrica se determina mediante análisis granulométrico. La composición granulométrica del suelo permite juzgar sus propiedades técnicas para la construcción, mientras que la composición granulométrica de los suelos permite determinar sus características estructurales, que en gran medida determinan la fertilidad del suelo.

Límite de Atterberg

Su nombre proviene de su promotor Albert Mauritz Atterberg, considerado actualmente un ensayo básico en la caracterización de los suelos finos, permitiendo determinar el índice de consistencia y fluidez.

Atterberg definió tres límites: el de retracción o consistencia, el límite plástico (Wp) y el límite líquido (WL).

Límite Líquido

El límite líquido de un suelo es el contenido de agua en el que un suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido, se puede medir con el dispositivo desarrollado por Casagrande o con el método del cono.

Límite Plástico

El contenido de humedad del suelo en el que cualquier aumento en el contenido de humedad hará que un suelo semisólido se vuelva plástico. El límite se define como el contenido de humedad en el que un hilo de suelo se desmorona cuando se extiende con cuidado hasta un diámetro de 1/8 de pulgada.

Proctor Modificado

Esta prueba es usada para obtener el contenido de agua óptimo y la densidad seca máxima de compactación. Se utiliza un molde cilíndrico de 2.320 cm³ de capacidad y masa de 4.535 Kg, la cual se deja caer de 457 mm de altura. Se compactan 5 capas dando 25 golpes por capa., los resultados se verán reflejados en la curva de compactación, para poder determinar los valores de humedad requeridos.

California Bearing Ratio (CBR)

Se define como la relación de fuerza por unidad de área que se requiere para penetrar una masa de suelo con el pistón circular estándar a una velocidad de 1,25 mm por minuto, esta prueba es utilizada para evaluar la capacidad de soporte de los suelos. Los resultados obtenidos del laboratorio se utilizan con las curvas empíricas para determinar el espesor del pavimento y las capas que debe componer.

2.3.2. Variable 2: Estabilización con escoria y cemento.

Escoria de Cobre

Las Escorias de Cobre (EC) son considerados un material de desecho producido durante el proceso de extracción de cobre en las plantas de refinera, son residuos compuestos principalmente de silicato ferroso ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$, MgO , SiO_2 y magnetita). La EC de color negro opaco y apariencia vidriosa han sido enfriadas por aire y las EC granuladas son más porosas y tienen menor gravedad específica.

Actualmente se generan 2.2 ton. de EC por cada tonelada de Cobre producido, un residuo primario este compuesto por 30% a 40% de hierro, 35% a 40% sílice menos de 10% calcio oxidado y alúmina y 1% de cobre. Su uso es considerado un beneficio al medio ambiente ya que mediante la reutilización permite mitigar los efectos negativos que puede causar al estar en contacto con el aire, suelo o agua.

Este recurso es una alternativa económica y bien aceptada por los agregados naturales, su aceptación es cada vez mayor por parte de fabricantes de concreto premezclado y en proyectos viales en varios países, desempeñando un papel importante ante la disminución de gases de efecto invernadero y al calentamiento global.

Se puede observar que cada año se generan enormes cantidades de Escoria de Cobre en todo el mundo, en el que la eliminación de dichos desechos es una tarea enorme.

Tabla N° 3. Composición química de la Escoria de Cobre

N°	Elementos	%
1	CaO	9.9
2	SiO_2	33.09
3	Al_2O_3	2.61
4	Fe_2O_3	54.14

Fuente: Elaboración Propia

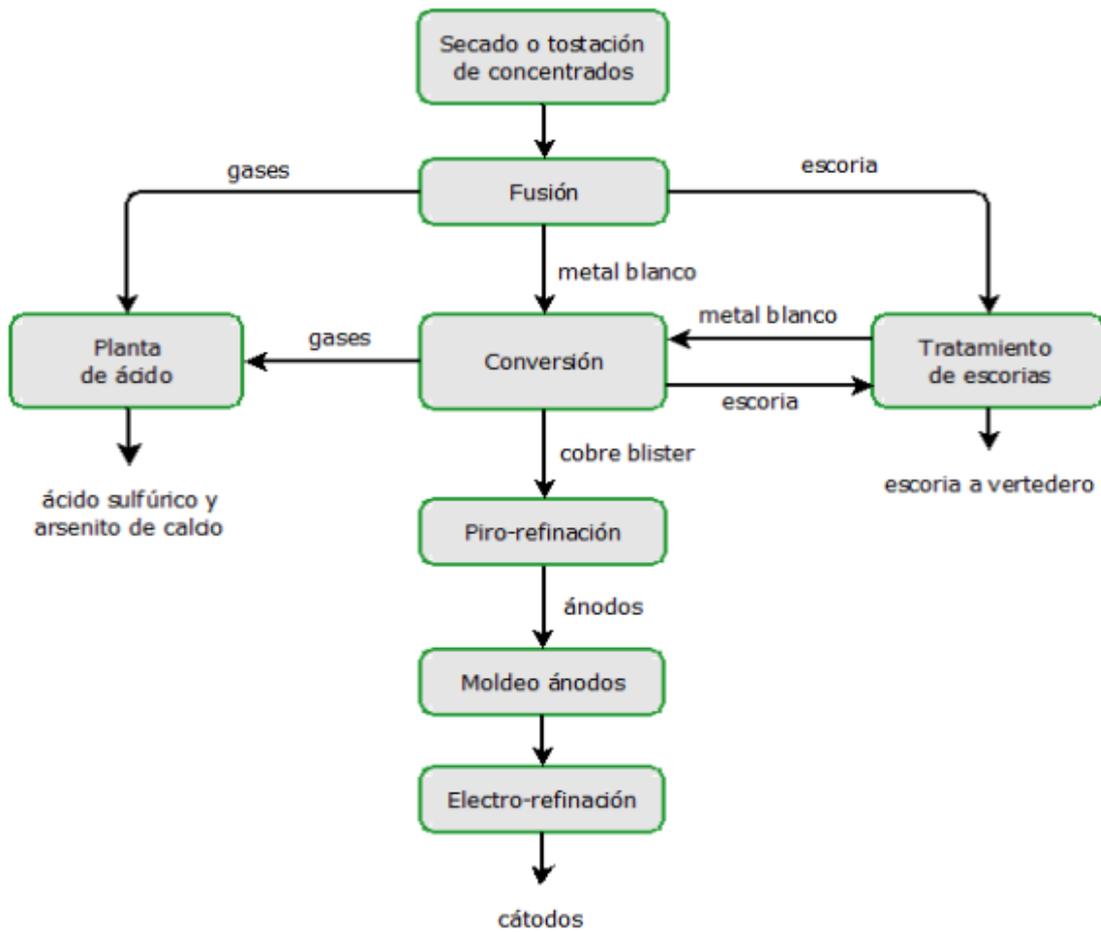


Figura 10. Proceso pirometalúrgico del cobre (Atacama, 2010)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

Se proyecta como fin mejorar las características físico-mecánicas de los suelos de Subrasante de la Carretera Los Ángeles - Yacango, con la combinación óptima de Cemento y Escoria de Cobre. Por este motivo se puede decir que es aplicada, de acuerdo con SABINO (p.58), se considera como una investigación aplicada ya que persigue fines más directos e inmediatos, como el caso de estudios que planteen evaluar los recursos humanos o naturales con que cuenta una zona para lograr un mejor aprovechamiento.

3.1.2. Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación en Cuantitativo debido a que se realizan ensayos de laboratorio para poder determinar las propiedades físico - mecánicas del Suelo. Sampieri R. et al (2004), señala que el enfoque cuantitativo se fundamenta en un esquema deductivo y lógico que plantea preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlas.

3.1.3. El diseño de la Investigación

Se define de diseño cuasi experimental por considerar la manipulación de variables para comprobar las hipótesis planteadas, demostrando la misma causa – efecto en el comportamiento de sus variables (Borja, 2012). Se plantea evaluar el comportamiento que presenta la combinación de Cemento con Escoria de Cobre en suelos de la subrasante de la Carretera Los Ángeles – Yacango, Moquegua.

3.1.4. El nivel de la investigación

Es de nivel explicativo debido a que se busca la combinación más óptima de Cemento y Escoria de Cobre para los Suelos de subrasante de la Carretera Los

Ángeles – Yacango, lo cual se lograra realizando prueba error en laboratorio, para obtener el porcentaje más adecuado de ambos aditivos, así como la evaluación de los antecedentes nacionales e internacionales.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable Dependiente; Propiedades mecánicas de la subrasante.

- a) Definición conceptual, El CBR (California Bearing Ratio) es uno de los ensayos más utilizados, con el cual se evalúa la calidad del suelo de subrasante basado en su resistencia. Este ensayo mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.
- b) Definición Operacional, esta variable se operacionalizará mediante su dimensión Resistencia del Suelo, la cual se determina el % de CBR.

3.2.2. Variable Independiente; Estabilización con escoria y cemento.

- a) Definición conceptual, La estabilización con escoria se define como la adición de este residuo al suelo para lograr mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, al utilizar la combinación de este material en conjunto con el cemento se puede lograr aun mejores resultados.
- b) Definición Operacional, esta variable se operacionalizará mediante pruebas de laboratorio, basados en pruebas en diferentes porcentajes hasta determinar la combinación óptima.

3.3. Población, muestra y muestreo

TAMAYO-TAMAYO (1994, p, 117) define a la población como el total del objeto a estudiar, considerando que las unidades de población tienen una característica común para estudiarla y dar origen a los datos de la investigación. La población en estudio está conformada por 10.500 Km de carretera que tiene como inicio el Km 00+000 en Los Ángeles y el Km 10+500 en el Valle de Yacango.

La muestra, es la unidad de objeto de estudio que forma un grupo que representa a una población con características iguales o similares (Borja, 2012). En la presente investigación se consideró como muestra 02 Calicatas las cuales se realizarán el Km 04+500 al Km 05+500, para el estudio del suelo de subrasante de la carretera los Ángeles – Yacango, Moquegua.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas serán los ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físico - mecánicas del Suelo de la Carretera en estudio, con el propósito de alcanzar datos correctos y reales de sus resultados y propiedades (Borja, 2012).

Para poder determinar los antecedentes de la Contaminación debido a la presencia de Escorias de Cobre en la Ciudad de Ilo, se propusieron entrevistas a los usuarios, según TAMAYO (1994, P123) las entrevistas permiten obtener información a través de una relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio, para obtener de los individuos o grupos, testimonios reales.

Referente a la Validez del instrumento el autor CHAVEZ (1994, p.173) señala que posterior a la elaboración del instrumento, debemos crear otro para establecer la validez del contenido por parte de los jueces que validaron el mismo.

3.5. Procedimientos

Para obtener los objetivos planteados se realizará la exploración de la población y muestra, seleccionando el más adecuado para el estudio así se procederá a efectuar diversos ensayos de laboratorio, donde se determinarán inicialmente las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante natural y posteriormente con diferentes combinaciones de Cemento y Escoria de cobre.

Se inicio con el reconocimiento de la zona, considerando población de diez kilómetros y nuestra muestra de 02 kilómetros situados del 4+500 al 6+500 de la carretera Los Ángeles – Yacango, donde se realizó 03 calicatas en los Km 4+900, Km 5+480 y Km 6+420 con una profundidad de 1.50 mt , estas muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio de suelos.



Figura 11. Selección de Calicatas. (Fuente Propia)



Figura 12. Excavación de Calicatas. (Fuente Propia)

Análisis Granulométrico - Subrasante

Se procedió a realizar el análisis granulométrico por medio del tamizado, utilizando material de las 03 calicatas al ser homogéneo se realizó un ensayo

para las muestras seleccionadas. Se procede a preparar la muestra, se mezcló el material y realizo el cuarteo, se debe tomar la masa suficiente para el secado, una vez seca se pasa por las mallas haciendo movimiento de un lado a otro con el juego de tamices y se va tomando nota de los pesos retenidos resultados del pesaje. Una vez obtenidos estos pesos se determina el porcentaje retenido en cada tamiz, con estos datos se grafica los resultados en escala semilogarítmica del % pasante acumulado Vs. Longitud de abertura. El ensayo se determina basado en la norma ASTM D6913/D6913M.



Figura 13. Cuarteo de Muestral. (Fuente Propia)

Equipos utilizados para el ensayo:

- Balanza
- Serie de Tamices
- Tamiz de lavado N° 200
- Horno de secado
- Vasijas
- Bandeja
- Brocha
- Pipeta

Tabla N °4. Tamices empleados para el ensayo

TAMICES DE ACUERDO A NORMA E11			
Alternativo	Estándar	Alternativo	Estándar
3 in	75.0 mm	N° 10	2.00 mm
2 in	50.0 mm	N° 20	0.850 mm (850 μm)
1 ½ in	37.5 mm	N° 40	0.425 mm (425 μm)
1 in	25.0 mm	N° 60	0.250 mm (250 μm)
¾ in	19.0 mm	N° 100	0.150 mm (150 μm)
3/8 in	9.5 mm	N° 140	0.106 mm (106 μm)
N° 4	4.75 mm	N° 200	0.075 mm (75 μm)

Fuente: Norma ASTM D6913



Figura 14. Tamizado en Laboratorio. (Fuente Propia)

Límites de Atterberg – Subrasante

Iniciamos con el ensayo de Limite Líquido (LL), procedemos a preparar la muestra seca, separándola con el mortero y pasada por la malla N° 40 obteniendo una muestra aproximada de 250 gr., humedecemos la muestra y mezclamos con la espátula para obtener una mezcla uniforme y pegante, una vez obtenido este resultado se sitúa la muestra en el centro de la copa y se pasó el acanalador por el centro hasta apreciarse la ranura que debe separar la masa en dos partes, al girar la manivela y aplicar los golpes necesarios se

pone en movimiento la cazuela, cuando se cierre la ranura se registra la cuantos golpes se efectuaron , se toma la muestra de la parte central de la masa para posteriormente determinar la humedad, debemos repetir el proceso con tres muestras más.



Figura 15. Limite Líquido - Copa de Casagrande (Fuente Propia)

Equipos utilizados para el ensayo:

- Copa de Casagrande
- Taras
- Espátulas
- Acanalador
- Recipientes para mezclado
- Balanza pequeña



Figura 16. Limite Liquido - Equipos utilizados para el ensayo (Fuente Propia)

El siguiente ensayo a realizar fue el de Limite Plástico (LP) con el cual hallaremos la humedad correspondiente, donde el suelo se cuartea al formar pequeños cilindros. Se toma una muestra de 20gr del material preparado anteriormente para el límite líquido, procedemos a amasar el suelo y se deja que pierda humedad para poder enrollarlo sin que se pegue a las manos, los cilindros se adelgazan hasta llegar al diámetro de 1/8 pulg. y empiece a cuartearse, se procede a pesar para determinar su contenido de humedad.



Figura 17. Limite Plástico. (Fuente Propia)

Equipos utilizados para el ensayo:

- Balanza
- Placa de vidrio
- Horno para mantener temperatura
- Espátula de acero
- Vasija
- Taras

Para determinar el Índice Plástico se calcula la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Índice de plasticidad (IP)

$$IP = LL - LP$$

Tabla N° 5. Relación entre Potencial de Hinchamiento y índice plástico

ÍNDICE PLÁSTICO	POTENCIAL DE HINCHAMIENTO
0 - 15	BAJO
10 - 35	MEDIO
20 - 55	ALTO
35 o más	MUY ALTO

Fuente: Seed, Woodward, Luddgren, 1962

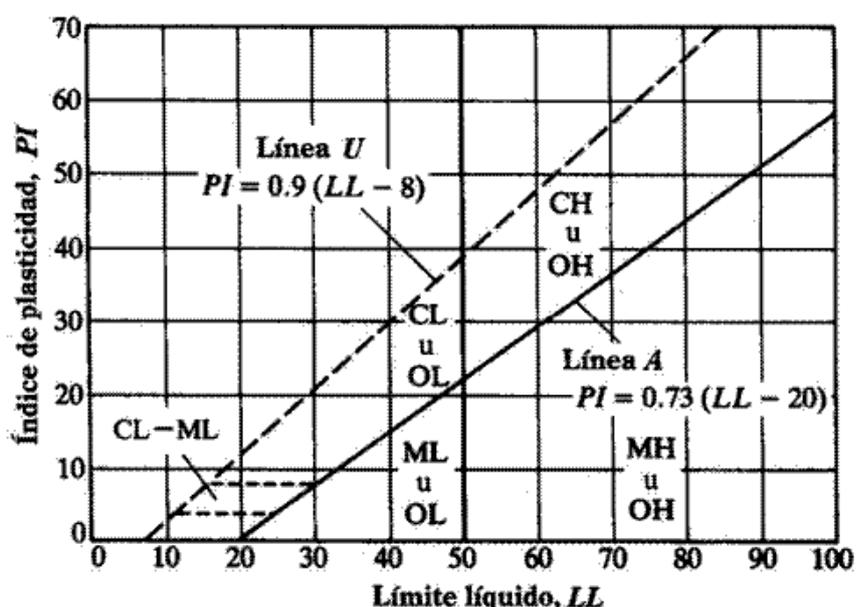


Figura 18. Carta de Plasticidad Casagrande (Olavarría, 2021)

Proctor Modificado - de la Subrasante

Para este ensayo iniciamos preparando la muestra pasada por el tamiz N° 4, se prepararon 04 ejemplares de 6 Kg cada uno, en una bandeja se procede a mezclar la primera muestra con un contenido de agua cercano al óptimo, elegimos el contenido de agua para el resto de los ejemplares, añadimos poco a poco el agua y mezclamos el suelo uniformemente, para la compactación se debe anotar la masa del molde y posteriormente se procede a compactar en

cinco capas con el pistón manualmente. Después removemos el collar y procedemos a pesar, finalmente comparamos los pesos unitario húmedos verificando el patrón deseado de óptimo contenido de humedad.



Figura 19. Ensayo Proctor de la Subrasante. (Fuente Propia)

Equipos utilizados para el ensayo:

- Moldes para Proctor de 6 pulg.
- Collar de extensión para molde
- Pisón manual
- Balanza
- Horno de secado
- Regla
- Tamices
- Paletas, espátulas
- Bandeja
- Brocha



Figura 20. Ensayo Proctor de la Subrasante. (Fuente Propia)

CBR - Subrasante

El procedimiento realizado se detalla, preparamos las muestras 6 Kg por cada molde para CBR, se toma la cantidad necesario para el ensayo, conocido ya el Proctor Modificado, se pesa el molde con su base y procedemos a colocar el collar y espaciador, una vez preparado se compacta aplicando diferentes cantidades de golpes , se utilizó 03 moldes y se realizó en golpes de 12, 26 y 55, terminado este procedimiento se pasa un enrasado y se procede a pesar, se tomó este dato y se realiza la inmersión de las muestras durante 04 días, terminado este periodo se toma lectura del trípode del deformímetro y se procede a sacar los moldes del tanque. Para la penetración se aplicó una sobrecarga para producir una intensidad de carga igual, se utilizó mecanismo manual y se fueron tomando las lecturas.



Figura 21. Ensayo CBR - Inmersión. (Fuente Propia)

Equipos utilizados para el ensayo:

- Prensa para forzar la penetración
- Moldes para CBR de 6 pul
- Placa perforada por molde
- Pesas
- Pisón manual
- Balanza
- Horno de secado
- Regla
- Tamices
- Paletas, espátulas
- Bandejas
- Brocha

Ensayos de las Combinaciones Escoria y Cemento

Se realizaron 05 combinaciones, para poder determinar cuáles serían las dosificaciones a realizar se tomó en cuenta los antecedentes obtenidos y se prosiguió a realizando prueba – error, para poder hallar la combinación más

óptima según el Tipo de Suelo en este caso un Suelo Areno Arcilloso (SC). A continuación, se presenta Tabla N° 5 con dosificaciones de Escoria y Cemento con las que se realizaron los ensayos de Proctor Modificado y CBR.

Tabla N° 6. Combinaciones Escoria de Cobre y Cemento.

DESCRIPCIÓN	COMBINACIONES
1ra Combinación	50% Escoria + 1 % Cemento
2da Combinación	40% Escoria + 1.5 % Cemento
3ra Combinación	30% Escoria + 2 % Cemento
4ta Combinación	25 % Escoria + 4 % Cemento
5ta Combinación	25 % Escoria + 5 % Cemento

Fuente: Elaboración Propia

Proctor Modificado – Combinaciones

Para este ensayo iniciamos preparando la muestra pasada del Suelo, Cemento y Escoria de acuerdo al porcentaje como se verifica en la Tabla N° 5, se prepararon 04 ejemplares de 6 Kg cada uno, en una bandeja se procede a mezclar la primera muestra con un contenido de agua cercano al óptimo, elegimos el contenido de agua para el resto de los ejemplares, añadimos poco a poco el agua y mezclamos el suelo uniformemente en conjunto con la Escorias y Cemento ya dosificado según el porcentaje para cada combinación , para la compactación se debe anotar la masa del molde y posteriormente proceder a compactar en cinco capas con el pistón manualmente. Después removemos el collar y procedemos a pesar, finalmente comparamos los pesos unitarios húmedos verificando el patrón deseado de óptimo contenido de humedad.

Equipos utilizados para el ensayo:

- Moldes para Proctor de 6 pulg.
- Collar de extensión para molde
- Pisón manual
- Balanza
- Horno de secado
- Regla
- Tamices
- Paletas, espátulas
- Bandeja



Figura 22. Ensayo de Proctor Modificado Combinaciones Cemento y Escoria de Cobre.
(Fuente Propia)

CBR – Combinaciones

Inicialmente preparamos las muestras de 6 Kg por cada molde para CBR, se debe seleccionar y pesar los aditivos el Cemento y la Escoria de Cobre según las dosificaciones por cada ensayo, ya conocido el Proctor Modificado de cada combinación, se procede con el ensayo de CBR , la muestra de suelo , escoria y cemento se deben mezclar uniformemente según las dosificaciones indicadas

en la Tabla N° 5, pesamos el molde con su base y procedemos a colocar el collar y espaciador, una vez preparado se compacta aplicando diferentes cantidades de golpes , se utilizó 03 moldes y se realizó en golpes de 12, 26 y 55 correspondientemente para cada una de las 05 combinaciones, terminado este procedimiento se pasa un enrasado y se procede a pesar, se tomó este dato y se realiza la inmersión de las muestras durante 04 días, terminado este periodo se toma lectura del trípode del deformímetro y se procede a sacar los moldes del tanque. Para la penetración se aplicó una sobrecarga para producir una intensidad de carga igual, se utilizó mecanismo manual y se fueron tomando las lecturas.

Equipos utilizados para el ensayo:

- Prensa para forzar la penetración
- Moldes para CBR de 6 pul
- Placa perforada por molde
- Pesas
- Pisón manual
- Balanza
- Horno de secado
- Regla
- Tamices
- Paletas, espátulas
- Bandejas
- Brocha



Figura 23. Ensayo de CBR Combinaciones N° 2 Cemento y Escoria de Cobre.
(Fuente Propia)

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos considerado es descriptivo, con este método podemos analizar datos pasados o presentes. El análisis descriptivo se procede a resumir en forma gráfica y analítica de los datos de la información alcanzada, mediante cuadros de Excel.

3.7. Aspectos éticos

Se tendrá un compromiso social ya que esta investigación al finalizar aportará a mejorar la calidad de vida de los pobladores de Yacango y en la Región Moquegua a mitigar el Impacto Ambiental que crean las Empresas Mineras mediante los residuos de la Escoria de Cobre.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación de la investigación

La zona de estudio se sitúa en la Región de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Distrito de Moquegua, exactamente en la Carretera Los Ángeles – Yacango. A una altitud de 1410 m.s.n.m., Latitud 17°53' Longitud 70°00' y 71°23'.



Figura 24. Ubicación de la Zona de Estudio (Fuente Propia)

Limites

- Norte : Con el Distrito de Torata
- Sur : Con el Distrito de Moquegua
- Este : Con el Distrito de Moquegua
- Oeste : Con el Distrito de Moquegua

Ubicación geográfica

El distrito de Moquegua presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 17°11'43" y Longitud Oeste 70°56'14", ocupa un área de 3.948,00 km², con una altitud 1417 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2015 contaba con una población de 180,477 habitantes.

Clima

El clima de la Ciudad de Moquegua es árido, desértico, los veranos son largos. La temperatura media varía de los 10°C a los 24°C, y mantiene una temperatura media anual de 15.7 °C.

4.2. Objetivo específico 1

Mejorar las propiedades mecánicas de los suelos de subrasante del Suelo mediante la estabilización de los suelos utilizando escoria e obre y cemento.

En las fotografías adjuntas se puede apreciar la combinación del suelo de subrasante con los aditivos cemento y escoria de cobre, para proceder con los ensayos de Proctor Modificado y CBR y poder determinar los valores de las 05 combinaciones realizadas.



Figura 25. Mejoramiento de Propiedades con Escoria de Cobre y Cemento (Fuente Propia)



Figura 26. Ensayo de CBR para determinar el mejoramiento de sus propiedades
(Fuente Propia)

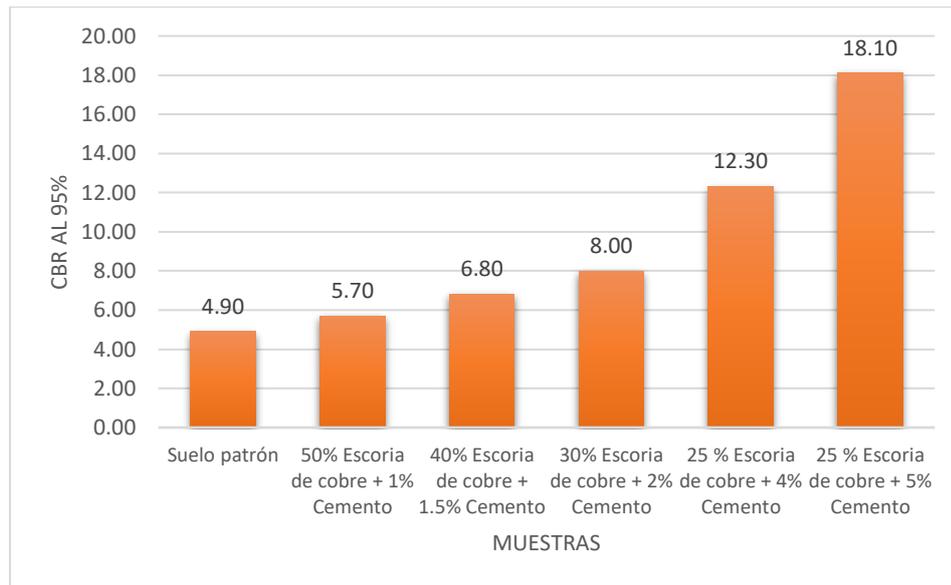
Se muestra valores de CBR en la Tabla N° 6 de las 5 Combinaciones realizadas.

Tabla N° 7. Resultados de CBR.

MUESTRAS	% CBR 95%
Suelo patrón	4.90
50% Escoria + 1 % Cemento	5.70
40% Escoria + 1.5 % Cemento	6.80
30% Escoria + 2 % Cemento	8.00
25 % Escoria + 4 % Cemento	12.30
25 % Escoria + 5 % Cemento	18.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 8. Resultados de CBR al 95%.



Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos de las muestras podemos observar que el CBR al 95% de la muestra patrón no cumple con los parámetros mínimos, ya que se obtuvo un porcentaje de CBR al 95% de 4.90, considerado según el MTC como un suelo malo o inadecuado. De las combinaciones se puede observar el aumento progresivamente del CBR en función de las combinaciones de Escoria de Cobre y Cemento.

4.3. Objetivo específico 2

Evitar y controlar la fisuración extensiva en suelos estabilizados con cemento.



Figura 27. Ejemplo de aplicación de cemento para estabilización (Arce, 2016)



Figura 28. Ejemplo de fisuración en Suelo – Cemento (Gutiérrez, 2006)

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, geología y pavimentos del MTC (2013), propone un rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento, según su clasificación AASHTO para suelos tipo A-4 el porcentaje de cemento requerido deberá ser de 7 a 12 %. Como consideración recomienda tener en cuenta la fisuración de este tipo de estabilizaciones, lo que podría provocarse por falta o inapropiado curado induciendo a la pérdida de humedad de la capa estabilizada, así mismo este tipo de estabilizaciones suele agravarse si la carretera a estabilizar se encuentre en zonas calurosas, por tal motivo es fundamental realizar un buen curado para las estabilizaciones suelo – cemento.

Tabla N° 9. Rango de Cemento requerido en estabilización suelo– cemento

Clasificación de Suelos AASHTO	Rango Usual de Cemento requerido en porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

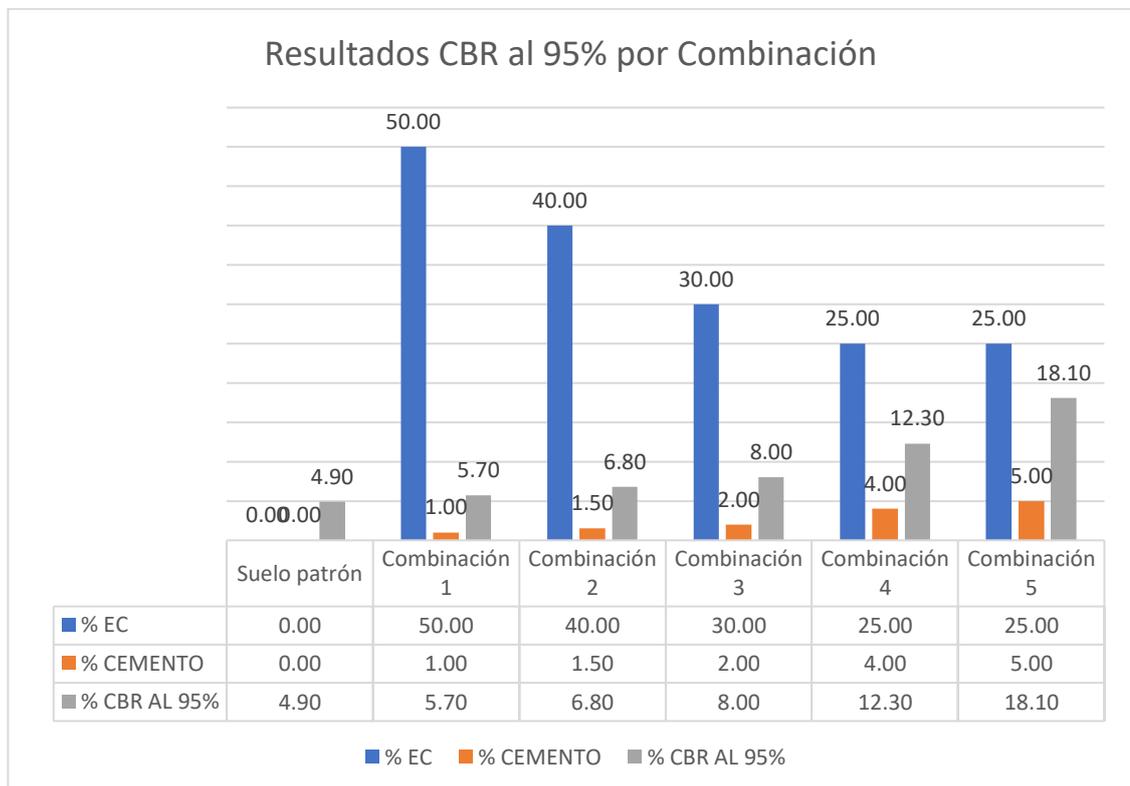
Fuente: MTC, 2013

Tabla N° 10. Porcentaje de Cemento y EC utilizados.

MUESTRAS	% EC	% CEMENTO
Suelo patrón	0.00	0.00
Combinación 1	50.00	1.00
Combinación 2	40.00	1.50
Combinación 3	30.00	2.00
Combinación 4	25.00	4.00
Combinación 5	25.00	5.00

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 11. Porcentaje de EC y Cemento Vs. Porcentaje de CBR al 95%



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en las tablas se obtuvo los siguientes resultados de las 05 combinaciones con la adición de EC 50% +, 40%, 30%, 25%, 25% y cemento al 1%, 2%, 4% y 5 %, considerando la combinación más óptima la N° 5, % de CBR de 18.10 para el cual se adiciono 5% cemento, porcentaje que se encuentra por debajo del valor recomendado por el Ministerio de Transportes y

Comunicaciones en la Tabla N° 8. La fisuración extensiva se define como el fracturamiento que se extiende por la capa de rodadura, inicialmente se presenta como fisuras simples a medida que avanza el deterioro del pavimento empieza a extenderse, existen varias causas de este tipo de fisuras una de ellas es la contracción por exceso de endurecimiento o rigidez, debido a un alto contenido de cemento.

4.4. Objetivo específico 3

Diseñar un adecuado espesor de suelo estabilizado considerando espesores equivalentes de un suelo de fundación estratificado.

De acuerdo al Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito la capa de la subrasante deberá ser igual o mayor al 6% y la profundidad mínima especificada para esta capa de 15 cm.

Para diseñar el espesor de la subrasante, consideramos la siguiente fórmula de CBR equivalente, a razón que el resultado obtenido deberá ser mayor al 6%, estos resultados se encuentran relacionados con el % de CBR de la muestra patrón o suelo natural y el % de CBR óptimo obtenido mediante la combinación de 25% de EC y 5% de Cemento.

$$\text{CBR}_{\text{eq.}} = D_1^3 \text{CBR}_1 + D_2^3 \text{CBR}_2 / D_1^3 + D_2^3$$

$$\text{CBR}_{\text{eq.}} = 0.45^3 18.10 + 0.95^3 4.9 / 0.45^3 + 0.95^3$$

$$\text{CBR}_{\text{eq.}} = 6.05 \%$$

Para el presente diseño se consideró como altura total 1.50 metros ya que hasta esa altura se logra alcanzar los esfuerzo en la vía y 2 estratos de Suelo, D1 altura de la capa estabilizada y D2 la altura del suelo natural. El % de CBR equivalente cumple con la Norma para un suelo adecuado siendo 6.05% mayor al mínimo requerido, por lo cual el espesor de subrasante a estabilizar será de 0.45cm (D1).

4.5. Objetivo específico 4

Reutilizar escorias de cobre de altos hornos en la estabilización del suelo d subrasante en carreteras combinándola con agentes estabilizadores tradicionales como el cemento.



Figura 29. Escoria de cobre a Orillas de Mar Ilo, Moquegua (Fuente Propia)



Figura 30. Escoria de cobre de altos hornos. (Fuente Propia)

La región Moquegua concentra el 100% de la fundición de cobre del Perú, en la refinería de Ilo es dónde se lleva a cabo este proceso, la cual pertenece a la

empresa Southern Perú, Según el Ministerio de Energía y Minas en el año 2020 se produjeron 206,387 ton de cobre, lo cual quiere decir que las escorias de cobre es un residuo que se encuentra en grandes cantidades en la Región, ya que por cada ton de Cobre producida se generaría de 2.2 a 3 Ton de Escoria de Cobre.

Mediante este estudio se plantea su reutilización para el mejoramiento de suelo a nivel de subrasante, lo cual se puede verificar es posible, ya que su uso en combinación con el cemento aumenta su valor de % CBR para lograr un suelo adecuado, asimismo se estaría mitigando la contaminación ambiental que este residuo genera en la Región.

Tabla 12. Producción de cobre 2020

PERIODO	UNIDAD	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VAR%
COBRE	TMF	206,387	221,980	↑ 7.6%
ORO	g finos	8,219,795	8,548,186	↑ 4%
ZINC	TMF	137,210	155,520	↑ 13.3%
PLATA	kg finos	294,498	317,682	↑ 7.9%
PLOMO	TMF	23,815	24,519	↑ 3%
HIERRO	TMF	1,185,832	980,129	↓ -17.3%
ESTAÑO	TMF	2,097	2,464	↑ 17.5%
MOLIBDENO	TMF	2,971	2,985	↑ 0.5%

Fuente: Minem, 2020

4.6. Contrastación de hipótesis

Formulación de hipótesis

Ho: Hipótesis nula o hipótesis de trabajo

H1: Hipótesis alterna o hipótesis del investigador

Nivel de significancia

$\alpha = 5\%$ (0.05)

Elección de la prueba estadística

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras $n \geq 50$)

Shapiro – Wilk (Para muestras $n < 50$)

Estimación del p-valor

$P < 0.05$

Planteamiento de normalidad

Ho: Datos de la variable tienen normalidad

H1: Datos de la variable no tienen normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EC	,255	6	,200*	,945	6	,698
CEMENTO	,219	6	,200*	,941	6	,667
CBR	,269	6	,200*	,861	6	,193

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Conclusión

Si P- valor < 0.05 si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor = 0.193

$0.193 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula

- Entonces se acepta la hipótesis nula
- Los datos de la Variable CBR tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

- Correlación de Pearson (Tiene normalidad)
- Se usará Shapiro en este caso Muestra $6 < 50$

Planteamiento del Problema

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable no están relacionados, el incremento del CBR no están relacionados a la adición de escoria de cobre y cemento

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas, el incremento del CBR si están relacionados a la adición de escoria de cobre y cemento

Nivel de significancia

$\alpha = 5\%$ (0.05)

Elección de la prueba estadística

Correlaciones

		CBR	ec_c
CBR	Correlación de Pearson	1	,968**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	6	6
ec_c	Correlación de Pearson	,968**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Coeficiente de correlación "r"

Regla de decisión

Si P- valor < 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor = 0.002

$0.002 < 0.05$

Entonces se acepta la hipótesis alterna

Conclusión

Existe evidencia significativa para decir que la variable % de CBR está relacionado con la adición de los aditivos estabilizadores ($r=0.968$).

V. DISCUSIÓN

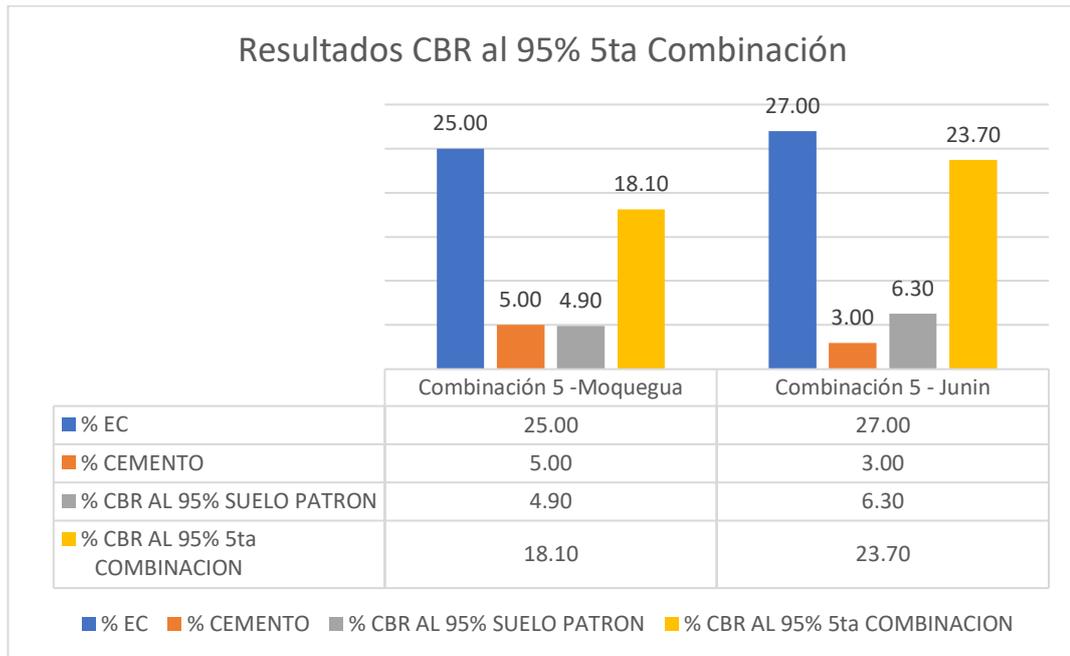
Discusión 1

Se determinó que el tipo de Suelo que se requiere mejorar se clasifica como un A-4 según A.A.S.T.H.O y un SC por S.U.C.S. considerado como un suelo arenoso – arcilloso, respecto a su capacidad de soporte fue determinada con el ensayo de CBR al 95% obteniendo un valor de 4.9 %, tipificado como un suelo inadecuado para la subrasante, al tener un valor menor a 6% es fundamental su estabilización. De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente; se realizaron 05 combinaciones adicionando 50% EC + 1% Cemento, 40% EC + 1.5% Cemento, 30% EC + 2% Cemento, 25% EC + 4% Cemento y la última combinación 25% EC + 5% Cemento, obteniendo como porcentaje de CBR al 95% los valores de 5.7%, 6.8%, 8.0%, 12.3%, 18.10% respectivamente.

Según los antecedentes nacionales Torres en 2019 propone la estabilización de suelos cohesivos mediante la adición de escoria de cobre, el suelo de subrasante a mejorar fue clasificado como un A - 6 (7) según A.A.S.T.H.O y según S.U.C.S. como un ML, considerado como un suelo limo de baja plasticidad, el porcentaje de CBR de este suelo fue de 6.30 %. De sus resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente; se realizaron 05 combinaciones adicionando Escoria de Cobre al 10%, 20%, 30% 40% y la última combinación 27% EC + 3% Cemento obteniendo como % de CBR los valores de 7.7%, 11.4%, 14.3%, 17.1%, 23.7% respectivamente.

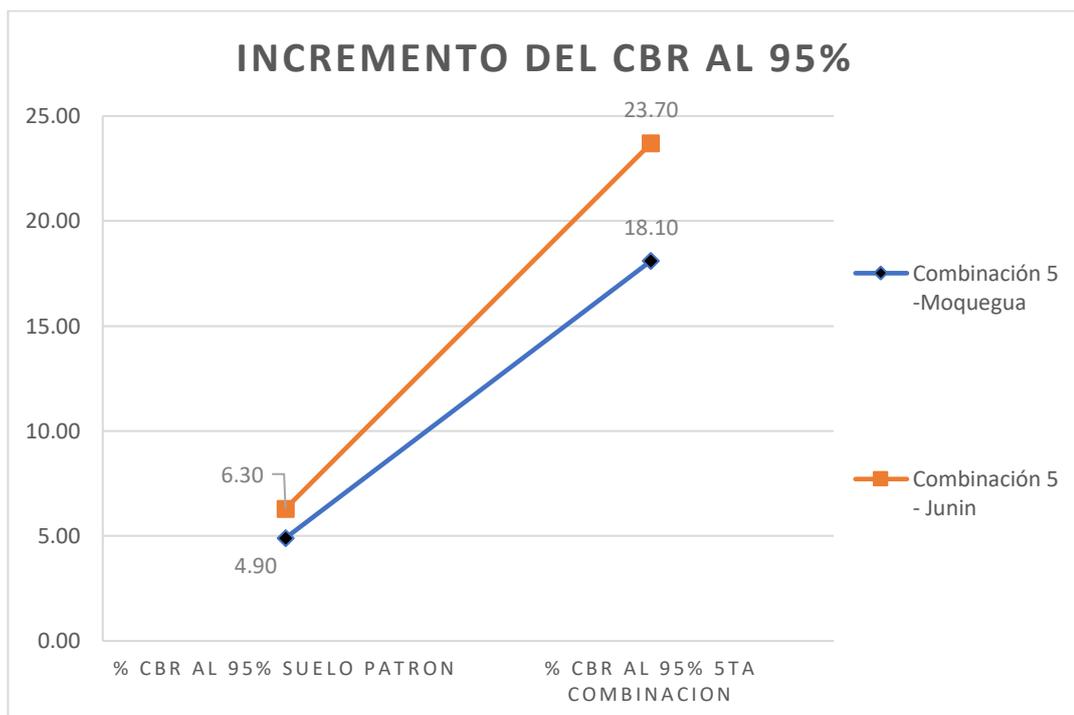
De los resultados se comprueba que su capacidad de soporte aumento en ambos estudios, como consecuencia de incorporar la Escoria de Cobre de altos Hornos. Contrastando la 5ta combinación de 25% EC + 5% versus los resultados obtenidos por Torres, en la cual se combina 27% EC + 3% Cemento podemos observar que su incremento concuerda con los resultados obtenidos.

Tabla 13. Producción de cobre 2020



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. CBR de la muestra del suelo Vs. máximo valor de CBR alcanzando en 5ta combinación.



Fuente: Elaboración propia

Discusión 2

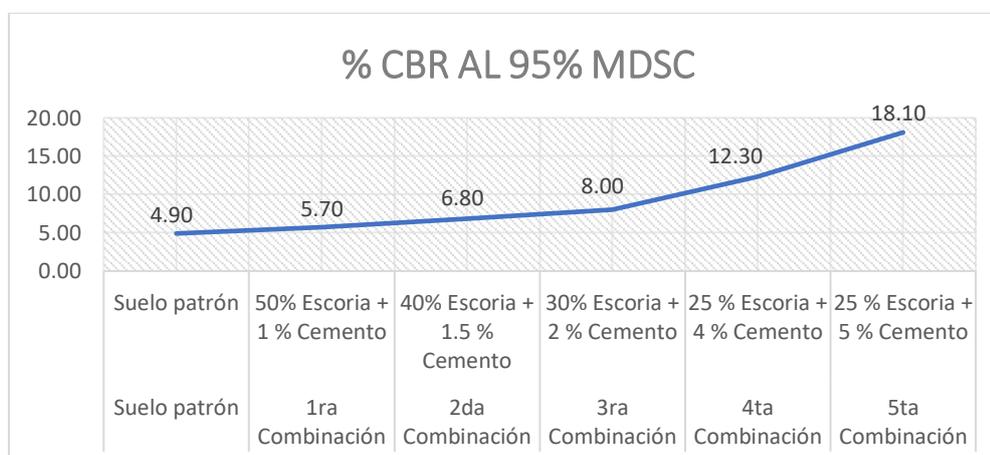
Las cantidades, escoria y cemento fueron planteadas de acuerdo a los antecedentes encontrados, lo cual no fue determinante para proponer nuevas dosificaciones ya que se evaluó el tipo de suelo encontrado y los resultados de laboratorio, según se realizaba la prueba error.

Tabla 15. Descripción de las muestras Vs. CBR al 95%

Descripción	MUESTRAS	% CBR 95%
Suelo patrón	Suelo patrón	4.90
1ra Combinación	50% Escoria + 1 % Cemento	5.70
2da Combinación	40% Escoria + 1.5 % Cemento	6.80
3ra Combinación	30% Escoria + 2 % Cemento	8.00
4ta Combinación	25 % Escoria + 4 % Cemento	12.30
5ta Combinación	25 % Escoria + 5 % Cemento	18.10

Fuente: Elaboración propia

En el primer ensayo realizado se propuso utilizar 50 % de escoria y un porcentaje bajo en cemento para poder evaluar el comportamiento de la escoria con el suelo natural, de acuerdo a los resultados obtenidos su CBR aumento de 4,9% a 5,70% no incrementando de manera significativa es que se consideró incrementar la cantidad de cemento y reducir el porcentaje de escoria , obteniendo la combinación N° 5 con una dosificación más óptima de adición de EC del 25% y cemento 5%, por su incremento significativo del CBR.



Fuente: Elaboración Propia

Discusión 3

Para la dosificación del cemento se consideró antecedentes de otros autores, de acuerdo a la investigación planteada por Velásquez, influencia del cemento portland tipo I en estabilización de suelos arcillosos, donde obtuvo un porcentaje de CBR AL 95% de 1.30%, adicionando cemento en proporciones de 1%, 3% y 5% se logró incrementar su CBR a 3.50%, 6.63%,13.75% respectivamente, realizando la contrastación con el estudio realizado se puede verificar que concuerda a medida que se incrementa el % de Cemento al suelo aumenta su valor de CBR como se muestra en la Tabla N° 14.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo general se concluye que la adición de escoria de cobre de altos hornos en combinación con el cemento, aumenta las propiedades mecánicas de los suelos de subrasante de la Carretera que se requiere estabilizar, teniendo un porcentaje de CBR para el 95% de su MDSC del suelo natural de 4.9% el cual se incrementa a 18.10% con la adición de 25% de escoria de cobre + 5% de cemento en la quinta combinación, este valor de CBR se considera el más óptimo para este tipo de suelo, cumpliendo con los parámetros establecidos por las normas nacionales en diseño y capacidad de soporte.

Uno de los métodos tradicionales más comunes para estabilización de subrasante, es la estabilización con cemento, según el Manual de Carreteras Suelos, geología y pavimentos del MTC en el capítulo IX, recomienda para este tipo de suelos A-4, la adición de 7 a 12% de cemento, teniendo en cuenta que una de las desventajas de este tipo de mejoramiento es la fisuración extensiva superficial del suelo estabilizado, se considera de importancia los resultados obtenidos donde se concluye que al combinar el suelo con escoria de cobre la cantidad de cemento se reduce según los valores antes mencionados, además se debe considerar el procedimientos de prefisuración para evitar esta falla.

El espesor del suelo a estabilizar se ha diseñado considerando espesores equivalentes de un suelo de fundación estratificado, conociendo el CBR del suelo natural 4.9% y el máximo valor de CBR obtenido en la 5ta combinación con un valor de 18.10%, se obtuvo un CBR equivalente de 6.05% el cual cumple como un suelo adecuado.

Actualmente en el Perú la única refinería de cobre se encuentra operando en la ciudad de Ilo, Región Moquegua, es ahí donde se procesa el cobre de las minas de Moquegua y Tacna, teniendo en consideración que en estas operaciones pirometalúrgica se generan grandes cantidades de escorias de

cobre, el residuo industrial se encuentra en la zona de estudio y al realizar las pruebas de laboratorio se verificó que su uso mejora las características mecánicas de la subrasante, es que se propone su reutilización como aditivo estabilizador lo cual generaría beneficios económicos y medioambientales para la región, haciendo más sostenible la minería.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar la combinación de escorias de cobre con el uso de Cal para suelos arcillosos en diferentes proporciones.

Se recomienda realizar varias combinaciones para llegar a los parámetros requeridos, iniciando con un alto contenido de escoria para poder identificar si este residuo incrementa de manera significativa su % de CBR, de acuerdo a los resultados obtenidos se deberá evaluar las combinaciones a realizar, ya que cada tipo de suelo es diferente.

Se recomienda experimentar con diferentes tamaños de escoria para su evaluación, en el presente estudio la escoria de cobre utilizada fue la pasante por la malla N° 4.

REFERENCIAS

ABOUT RASAYAN, J. Chem. 2008. *Estabilización de suelo.* India : s.n., 2008.

ALICANTE, UNIVERSIDAD DE. 2010. *La Norma ISO 690-2010 (E).* España : s.n., 2010.

ANGLOAMERICAN y WALSH PERU S.A. 2012. *Plan de cierre de minas del proyecto Quellaveco.* Lima : s.n., 2012.

—. **2012.** *Plan de cierre de minas Proyecto Quellaveco.* Lima : s.n., 2012.

BAMBHANIYA MEHUL , Ashokbhai, y otros. 2018. *Utilización de escoria de cobre para mejorar la Geotécnica.* Rajkot : Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología, 2018. 2395-0072.

BORSELLI, Lorenzo. 2021. *geotecnia I.* 2021.

CIPRIANO. 1981. *Pisos y pavimentos en concreto.* Medellín : s.n., 1981.

CRESPO VILLALAZ , Carlos. 2004. *Mecánica de suelos y cimentaciones.* Mexico : Editorial Limusa S.A., 2004.

GARCÍA TORO , Jonatan Rodrigo. 2019. *Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín.* Bogotá : s.n., 2019.

HASEEB, Jamal. 2019. *Plasticidad del suelo.* 2019.

Holcim Ecuador S.A. 1980. *Soluciones para estabilización de suelos con cemento.* Ecuador : s.n., 1980.

LAMBE, William y WHITMAN, Robert. 2004. *Mecánica de suelos.* Mexico : Limusa noriega editores, 2004. 968-18-1894--6.

MAURITZ ATTERBERG, Albert. 2010. *Consistencia del suelo.* Suecia : s.n., 2010.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2008. *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.* Lima : s.n., 2008.
—. **2013.** *Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos.* Lima : s.n., 2013.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. 2018. *Norma Técnica CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.* Lima : s.n., 2018.

MOJTABA GHASEMI, Jaber Shahiri. 2017. *Utilización de Estabilización de Suelos con Cemento y Cobre.* Irán : Revista Internacional de Ingeniería de Transporte, 2017.
—. **2017.** *Utilización de Estabilización de Suelos con Cemento y Cobre Escoria como materiales de subrasante en terraplenes de carreteras Construcción.* Irán : s.n., 2017.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Bogota : Agora Editores,, 2002. 2002. 958-96036-2-9.

MONTEJO FONSECA, Alfonso, MONTEJO PIRATOVA, Alejandro y MONTEJO PIRATOVA, Alberto. 2018. *Estabilización de suelos .* Colombia : Ediciones de la U, 2018.

ÑAUPAS PATIN , Humberto, y otros. 2014. *Metodología de la Investigación .* Bogota : Edicionesdelau.com, 2014. ISBN 978-958-762-188-4.

PÉREZ MEJÍAS, Yaichi Esteban Andres. 2017. *Utilización de escoria de cobre de codelco ventanas como agregado petreo para tratamientos superficiales asfálticos simples en la región de Valparaíso.* Chile : s.n., 2017.

TORRES MORA , Jonatan Malco. 2019. *Estabilizacion de suelos cohesivos Utilizando escoria de cobre para su uso como subrasante mejorada.* Lima : s.n., 2019.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2006. *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.* Bogota : s.n., 2006.

VALLEJO, UNIVERSIDAD CESAR. 2017. *Referencias estilo ISO 690 y 690-2.* Lima : Fondo editorial Universidad Cesar Vallejo, 2017.

ALONSO DÍEZ, Alvaro. 2021. *Prefabricados eecológicos de mortero de yeso diseñados con escorias de acería.* Burgos : 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/10259/5882>

QUISPE TACCA, Frank Ronal y ORTIN MAMANI, Mijail Abel . 2020. *Análisis del comportamiento del concreto con la inclusión de escoria de cobre utilizando agregados de las canteras icuy de Ilo y de la poderosa de Arequipa .* Arequipa: 2020. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11535>

GARCIA TORO, Jonatan Rodrigo. 2019. *Estdio de l atecnica de suelo – cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de coalín .* Colombia : 2019. Disponible en <https://hdl.handle.net/10983/23731>

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ OPERACIONAL

TITULO: Estabilización de subrasante mediante la combinación óptima de Cemento y Escoria de Cobre, Tramo Los Angeles-Yacango, Moquegua, 2021

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
VI Estabilización con escoria de cobre y cemento	La estabilización con escoria se define como la adición de este residuo al suelo para lograr mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, al utilizar la combinación de este material en conjunto con el cemento se puede lograr aun mejores resultados.	Esta variable se operacionalizará mediante pruebas de laboratorio, basados en pruebas en diferentes porcentajes hasta determinar la combinación óptima.	Dosificación en laboratorio	50% EC + 1% CEMENTO	Razón	Tipo de Investigación Tipo Aplicada Enfoque de investigación Cuantitativo Diseño de Investigación Cuasi - experimental Nivel de Investigación Explicativo
				40% EC + 1.5% CEMENTO		
				30% EC + 2% CEMENTO		
				25% EC - 4% CEMENTO		
				25% EC - 5% CEMENTO		
VD Mejoramiento de la subrasante	El CBR (California Bearing Ratio) es uno de los ensayos más utilizados, con el cual se evalúa la calidad del suelo de subrasante basado en su resistencia. Este ensayo mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.	Esta variable se operacionalizará mediante su dimensión Resistencia del Suelo, la cual se determina con el % de CBR.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado	CBR del Suelo estabilizado	Razón	
				Limites de consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico, Índice Plástico)		
			Diseño de espesor de estabilización	Espesor equivalente		
		Capacidad de soporte del suelo de fundación	CBR Equivalente			

ANEXO N° 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Estabilización de subrasante mediante la combinación óptima de Cemento y Escoria de Cobre, Tramo Los Angeles-Yacango, Moquegua, 2021						
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE			
La trocha carrozable Los Angeles - Yacango, ubicada en la Provincia Mariscal Nieto, Moquegua, presenta una subrasante conformada predominantemente con suelos arenoso-arcilloso, clasificados según SUCS como SC, en la actualidad esta vía presenta una insuficiente capacidad de soporte para fines de la conformación de una estructura de pavimento, siendo más crítica la condición cuando se presentan lluvias esporádicas. ¿De que manera se podría mejorar las propiedades mecánicas del suelo de subrasante de la carretera Los Angeles - Yacango para fines de construir un pavimento básico?	Mejorar las propiedades mecánicas de los suelos de subrasante de la Carretera Los Angeles-Yacango mediante la estabilización de los Suelos utilizando escoria de cobre y cemento.	Una forma de mejorar la condición mecánica de los suelos de subrasante de la carretera Los Angeles- Yacango sería mediante un proceso de estabilización considerando la combinación de escoria de cobre y cemento.	Estabilización con escoria de cobre y cemento	Dosificación en laboratorio	50% EC + 1% Cemento	Tabla de resultados
					40% EC + 1.5% Cemento	
					30% EC + 2% Cemento	
					25% EC - 4% Cemento	
					25% EC - 5% Cemento	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	DEPENDIENTE			
Tradicionalmente los métodos de diseño para la estabilización de suelos con cemento indican el uso entre 3% y 5% de cemento, dado que la combinación de suelos con cemento muchas veces genera fisuramiento, las empresas contratistas terminan empleando porcentajes menores de cemento. ¿Mediante que procedimiento se podría evitar la fisuración extensiva superficial del suelo estabilizado?	Evitar y controlar la fisuración extensiva en suelos estabilizados con cemento.	Una manera de evitar la fisuración extensiva en suelos estabilizados con cemento sería mediante procedimientos de prefisuración.	Mejoramiento de la subrasante.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado	CBR del Suelo estabilizado	Tabla de resultados
					Límites de consistencia (Límite Líquido, Límite Plástico, Índice Plástico)	
Durante la estabilización de suelos de subrasante con cemento es común observar que se estabilizan los 20 ó 30 cm superiores del suelo de fundación, no tomando en cuenta que los esfuerzos generados por la cargas de tránsito alcanzan hasta una profundidad de aproximadamente 1.5 metros. ¿Cuál es la metodología correcta para determinar el espesor adecuado de estabilización?	Diseñar un adecuado espesor de suelo estabilizado considerando espesores equivalentes de un suelo de fundación estratificado.	Una manera de estimar el espesor adecuado de estabilización sería considerando al suelo de fundación como un sistema estratificado.			Diseño de espesor de estabilización	Espesor equivalente	Tabla de resultados
La Escoria de Cobre de altos hornos generada por la Refinería de la Empresa Minera Souther Peru son depositados en las orillas del mar en la Provincia de Ilo, impactando directamente al medio ambiente; asimismo, se debe tener en cuenta que la generación de este material viene en aumento progresivo debido a la apertura de un nuevo proyecto minero. ¿De que manera se podría reutilizar las escorias de altos hornos de cobre para fines del uso en la construcción de carreteras?	Reutilizar escorias de cobres de altos hornos en la estabilización de suelos de subrasante en carreteras combinandola con agentes estabilizadores tradicionales como el cemento.	Una forma de reutilizar las escorias de cobre de altos hornos sería empleando en la estabilización de suelos de subrasante en combinación con agentes estabilizadores tradicionales como el cemento.		Capacidad de soporte del suelo de fundación	CBR Equivalente	Tabla de resultados

ANEXO N° 03: ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV INDUSTRIAL 144 AREQUIPA - GRAB 107 MOQUEGUA - 310 BUNQUILLO AGRICULTURA DIO TACNA CHI 10000 501
LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

RELACION DE SOPORTE C.B.R. (ASTM D 1883-99 NTP 339.143 MTC C 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

MUESTRA : C-1

SOLICITA : ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

FECHA : FEBRERO 2022

REG: CBALYFGR.01_M.1/2000

N° GOLPES	12	25	56			
Volúmen de molde	3315.0	3354.0	3352.0			
Peso de molde+suelo	13600.0	14576.0	14975.0			
Peso de molde	8046.0	8406.0	8336.0			
peso de suelo compact	5754.0	6166.0	6639.0			
Densidad húmeda	1.736	1.839	1.981			
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°						
Peso suelo húmedo	75.70	69.70	84.40			
PESES DE SUELO SECO	0.00	0.00	71.19			
Peso de tara	14.40	15.50	21.20			
Peso de agua	9.96	5.21	10.27			
Peso de suelo seco	61.34	46.39	52.93			
Conten. de humedad	16.40	19.40	19.40			
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA						
Densidad seca	1.454	1.540	1.659			
EXPANSION						
	Tiempo	Lectura directa	Expansión cm	Lectura directa	Expansión cm	Lectura directa
	0.0hs	0	0.000	0	0.000	0
	72hs	125	0.125	155	0.155	186
%. EXPANSION	exp prom	1.21		%		
		%. humedad mojada prom		19.4		

PENETRACION	penetración psi	psi	psi	psi
	0.000	-	-	-
	0.025	8	19	25
	0.050	12	27	40
	0.075	16	34	53
	0.100	20	42	64
	0.125	24	48	75
	0.150	27	55	87
	0.200	34	71	108
	0.300	47	88	134
	0.400	66	103	174
	0.600	107	118	195
		Clase	Clase	Clase

MTC C 132-2000 EFPAUCAR@GMAIL.COM
REGISTRO DE CONSULTOR 2506
EUS 44127 RPA 111081

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION
AV INDUSTRIAL 144 AREQUIPA - GRAB 107 MOQUEGUA - 310 BUNQUILLO AGRICULTURA DIO TACNA CHI 10000 501



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV. BOCA CHICA Nº 1702 - MOQUEGUA - CALA ALLI - MOQUEGUA - PIURA - PERU

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

EN GEOTECNIA

RELACION DE SOPORTE C.B.R.

(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

ESTABILIZACION DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACION OPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

PROYECTO

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

MUESTRA : C-1

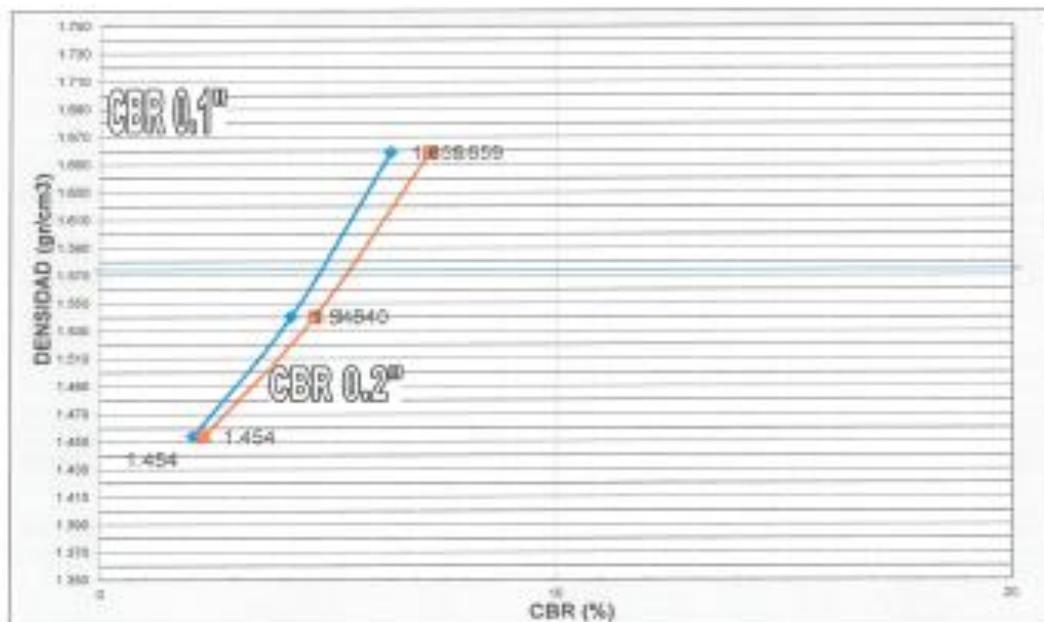
SOLICITA : ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

FECHA : FEBRERO 2022

REG: CBR-TESES-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD g/cm ³
12 GOLPES	2.3	2.0	1.454
25 GOLPES	4.7	4.2	1.540
55 GOLPES	7.2	6.4	1.659

GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD g/cm ³
95%	5.5	4.9	1.576
100%	7.2	6.4	1.659



GEOTECNIA ASOCIADOS
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION
AV. BOCA CHICA Nº 1702 - MOQUEGUA - CALA ALLI - MOQUEGUA - PIURA - PERU

REGISTRO DE CONSULTOR 2506 EMAIL: FPAUCART @ GMAIL.COM RPM #172350 CEL 953062380



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV. INDUSTRIAL N°70 MOQUEGUA - DEPTO MOQUEGUA

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

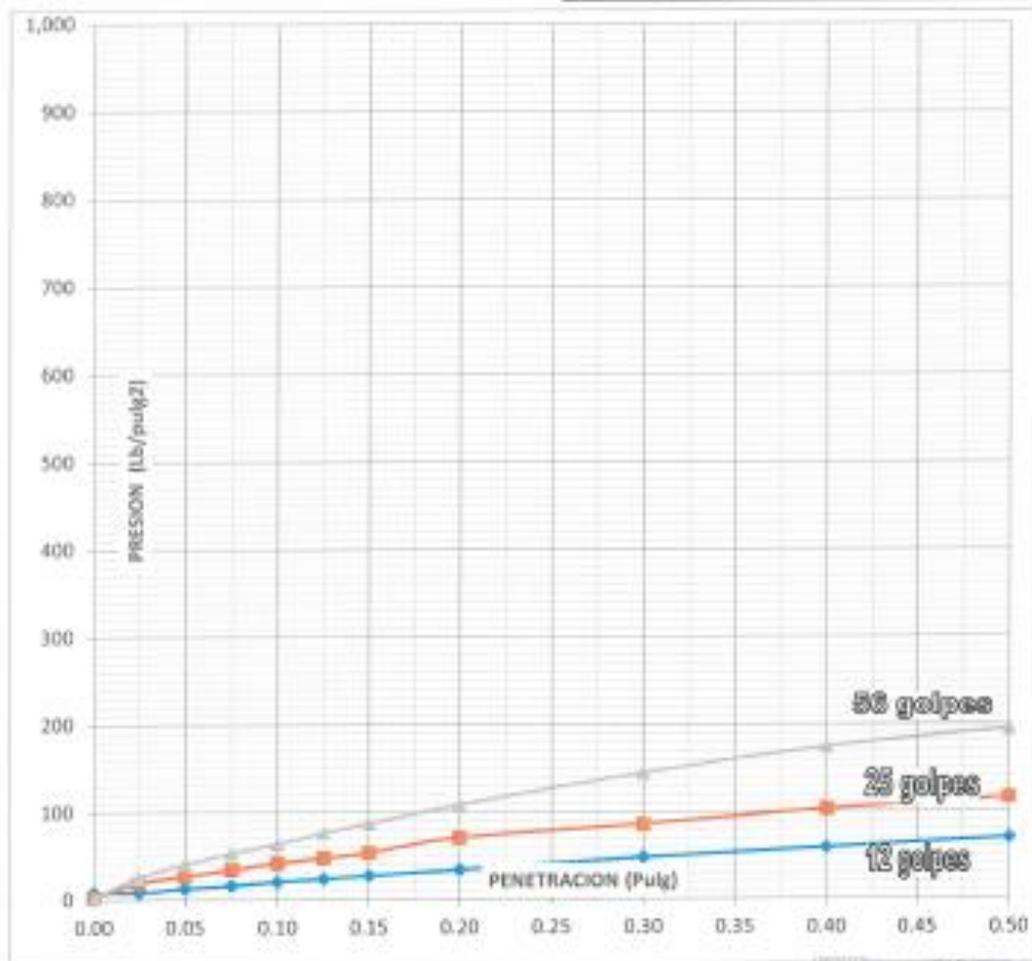
LUBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA.

MUESTRA : C-1

SOLICITA : ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

FECHA : FEBRERO 2022

REG: CBR-TESES-01_M-1/2022



REGISTRO DE CONSULTOR 2506 EMAIL: FPAUCART@GMAIL.COM RPM #172383 DEL 902602383



PLAN 2024104079



MOQUEGUA

LABORATORIO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

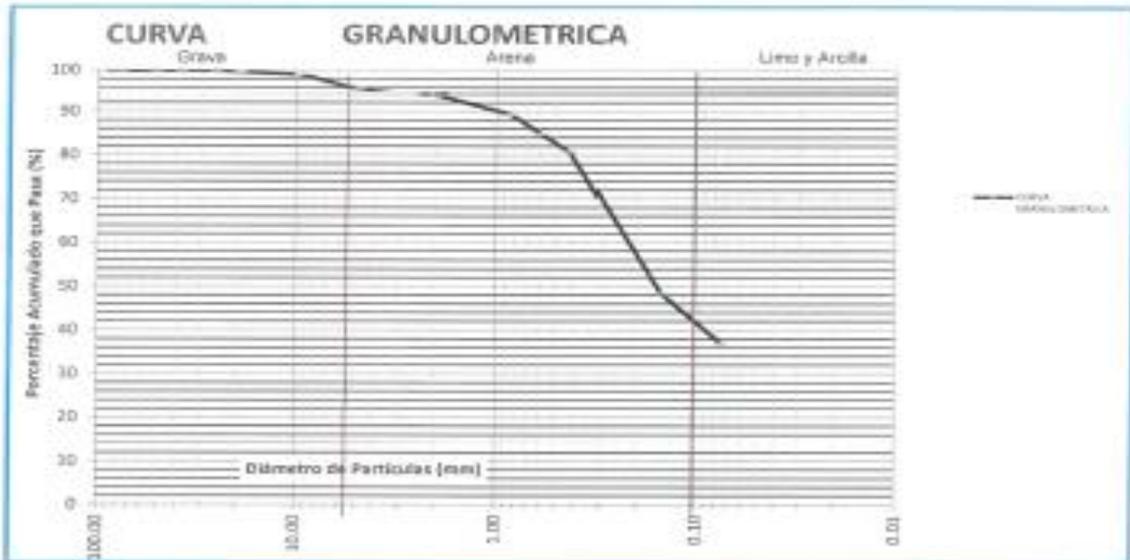
CLASIFICACION DE SUELOS
NOTA: DREL = DRELO + DREU + DREZ + DREI + DREJ + DREK

ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS. MOQUEGUA 2022

UBICACIÓN: San Antonio - Moquegua
 SOLICITA: Bach. Elizabeth Yulisa Tala Mejía
 MUESTRA: C-1
 FECHA: FEBRERO 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Malla	Apertura (mm)	RESO RETENIDO EN gr	% RETENIDO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA																																							
3.5"	90.000	0.0	0.00	100.00	<table border="1"> <tr><td colspan="3">MUESTRA</td></tr> <tr><td>% ARENA</td><td>96.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>% PIEDRA</td><td>4.4</td><td>%</td></tr> <tr><td colspan="3">LÍMITES DE CONSISTENCIA</td></tr> <tr><td>Límite Líquido (LL)</td><td>(%)</td><td>32.4</td></tr> <tr><td>Límite Plástico (PL)</td><td>(%)</td><td>22.4</td></tr> <tr><td>Índice Plástico (PI)</td><td>(%)</td><td>10.00</td></tr> <tr><td colspan="3">COEFICIENTES</td></tr> <tr><td>Coefficiente de uniformidad (Cu)</td><td></td><td>12.30</td></tr> <tr><td>Coefficiente de curvatura (Cc)</td><td></td><td>0.73</td></tr> <tr><td colspan="3">CLASIFICACIÓN</td></tr> <tr><td>CLASIFICACIÓN U.C.S.</td><td></td><td>SC</td></tr> <tr><td>CLASIFICACIÓN A.S.T.M.</td><td></td><td>A-4(0)</td></tr> </table>	MUESTRA			% ARENA	96.6	%	% PIEDRA	4.4	%	LÍMITES DE CONSISTENCIA			Límite Líquido (LL)	(%)	32.4	Límite Plástico (PL)	(%)	22.4	Índice Plástico (PI)	(%)	10.00	COEFICIENTES			Coefficiente de uniformidad (Cu)		12.30	Coefficiente de curvatura (Cc)		0.73	CLASIFICACIÓN			CLASIFICACIÓN U.C.S.		SC	CLASIFICACIÓN A.S.T.M.		A-4(0)
MUESTRA																																												
% ARENA	96.6	%																																										
% PIEDRA	4.4	%																																										
LÍMITES DE CONSISTENCIA																																												
Límite Líquido (LL)	(%)	32.4																																										
Límite Plástico (PL)	(%)	22.4																																										
Índice Plástico (PI)	(%)	10.00																																										
COEFICIENTES																																												
Coefficiente de uniformidad (Cu)		12.30																																										
Coefficiente de curvatura (Cc)		0.73																																										
CLASIFICACIÓN																																												
CLASIFICACIÓN U.C.S.		SC																																										
CLASIFICACIÓN A.S.T.M.		A-4(0)																																										
2"	75.200	0.0	0.00	100.00																																								
2"	50.800	0.0	0.00	100.00																																								
1.5"	38.100	0.0	0.00	100.00																																								
1"	25.400	0.0	0.00	100.00																																								
3/4"	19.050	9.8	0.41	99.59																																								
3/8"	9.525	13.6	0.66	99.34																																								
Nº 4	4.750	81.3	3.40	96.60																																								
Nº 10	2.000	45.2	1.89	98.11																																								
Nº 20	0.840	107.0	4.47	95.53																																								
Nº 30	0.590	107.4	4.49	95.51																																								
Nº 40	0.425	96.2	4.10	95.90																																								
Nº 100	0.149	774.3	32.36	67.64																																								
Nº 200	0.074	271.0	11.32	88.68																																								
FONDO		885.4	37.00	63.00																																								



LABORATORIO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN
 FEBRERO 2022
 Elizabeth Yulisa Tala Mejía
 T. 051 944 444 444



PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC E115, ASTM D 1557

OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULSA TALA MEJIA

MUESTRA : C-1

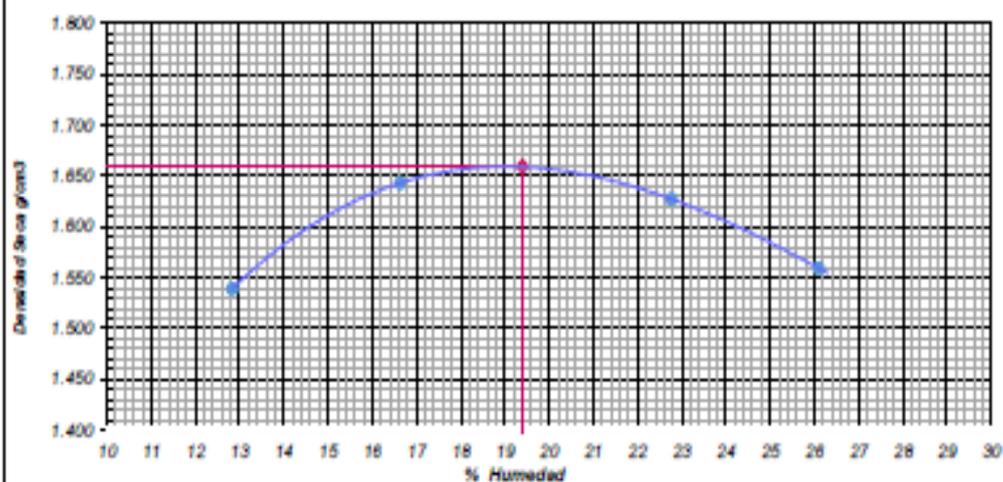
FECHA : FEBRERO 2022

Tipo de Molde	: 4 Pulgadas				
Metodo	: C				
Peso suelo + molde	g	5701	5871	5948	5918
Peso molde	g	4058	4058	4058	4058
Peso suelo húmedo compactado	g	1643	1813	1890	1860
Volumen del molde	cm ³	946	946	946	946
Densidad húmeda	g/cm ³	1.737	1.916	1.998	1.966
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo-tara	g	84.2	71.8	70.5	101.7
Peso del suelo seco + tara	g	76.5	63.8	60.3	85.1
Tara	g	16.5	15.7	15.5	21.5
Peso de agua	g	7.70	8.00	10.20	16.60
Peso del suelo seco	g	60.00	48.10	44.80	63.60
Contenido de agua	%	12.83	16.63	22.77	26.10
Densidad Seca	g/cm ³	1.539	1.643	1.627	1.559

Densidad Máxima (g/cm³) = 1.859

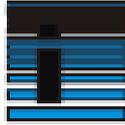
Humedad Óptima (%) = 18.4

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Paucar Titu

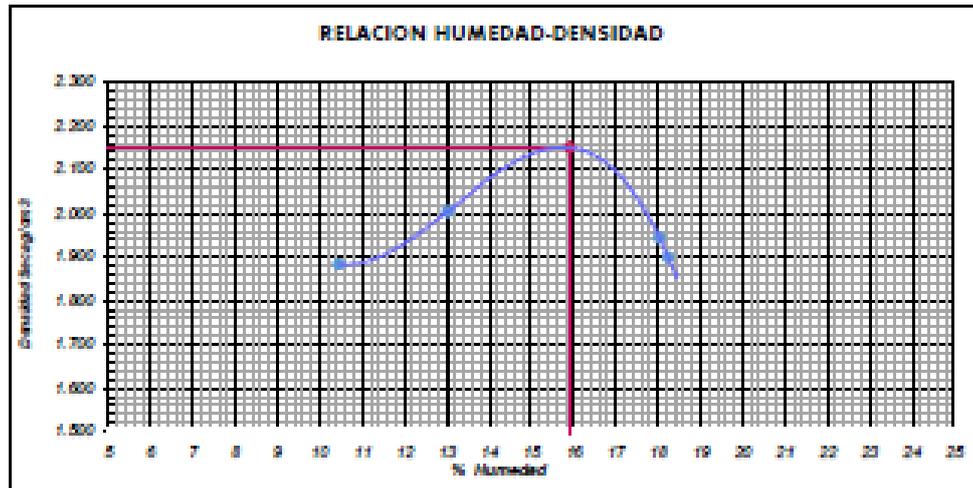


PROCTOR MODIFICADO
 NORMA: RTC 8118, ASTM D 1557

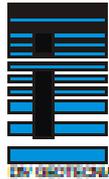
OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022
SOLICITA : DACH ELIZABETH YULISA TALA MEJIA
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA
MUESTRA : SUB RASANTE - COMBINACION 1
FECHA : MARZO 2022

Tipo de Molde	: 6 Polgadas				
Método	: C				
Peso suelo + molde	g	5955	6131	6159	6113
Peso molde	g	3987	3987	3987	3987
Peso suelo húmedo compactado	g	1968	2144	2172	2126
Volumen del molde	cm ³	948	948	948	948
Densidad húmeda	g/cm ³	2.086	2.268	2.298	2.247
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	83.2	85.5	82.5	85.3
Peso del suelo seco + tara	g	78.8	78.7	72.2	75.3
Tara	g	15.5	28.5	15.1	20.5
Peso de agua	g	4.40	6.80	10.30	10.00
Peso del suelo seco	g	61.30	62.20	57.10	54.80
Contenido de agua	%	10.44	13.03	18.04	18.25
Densidad Seca	g/cm ³	1.884	2.005	1.948	1.901

Densidad Máxima (g/cm ³) = 2.151	Humedad Óptima (%) = 15.9
--	---------------------------



	<p>LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA</p> <p>Federico Paucar Eirl INGENIERO CIVIL, CIP. 64170 JEFE DE LABORATORIO</p> <p>INGENIERO RESPONSABLE</p>
AV. BRANIFFER, 714 - LAMBAYEQUE, DE. 05000 - T. 051 421 1100 - F. 051 421 1101 - E. info@paucar.com.pe, paucar@paucar.com.pe, fpaucar@paucar.com.pe	



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV INDUSTRIAL 7M AREQUIPA - GRUPO 127 MOQUEGUA - 3 DE SURQUILLO AV CULTURA DE TACNA CH MOQUEGUA

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA
DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 1
FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESIS-01_(M-1)/2022

Nº GOLPES		12		25		56	
Volumen de molde		2025.6		2775.3		2635.7	
Peso de molde+suelo		11275.0		11520.0		12025.0	
Peso de molde		4940.0		4932.0		4954.0	
peso de suelo compact.		6335.0		6588.0		7071.0	
Densidad húmeda		2.241		2.374		2.494	

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº							
Peso suelo húmedo		89.50		88.30		80.40	
Peso de suelo seco		80.16		79.88		71.48	
Peso de tara		21.40		26.80		15.40	
Peso de agua		9.34		8.44		8.92	
Peso de suelo seco		58.76		53.08		56.08	
Conten. de humedad		15.90		15.90		15.90	

DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA

Densidad seca		1.934		2.048		2.151	
---------------	--	-------	--	-------	--	-------	--

EXPANSION

	Temp.	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm
	0.0hs	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72hs	1	0.001	1	0.001	1	0.001

% EXPANSION 0.004

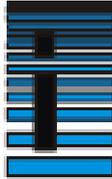
% humedad moldeo prom 15.9

PENETRACION	penetracion psi	psi		
		psi	psi	psi
	0.000	-	-	-
	0.025	10	29	40
	0.050	18	38	48
	0.075	23	48	58
	0.100	30	58	60
	0.125	40	68	95
	0.150	48	75	102
	0.200	55	90	124
	0.300	80	117	155
	0.400	88	142	184
	0.500	72	185	212
		100psi	200psi	300psi

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

MTC E 132-2000 FEDERICOPAUCAR.COM
 REGISTRO DE CONSULTOR 2008
 RUC: 14221 EPM 417283

Federico Paucar Tito
 INGENIERO CIVIL, C.E. 211744
 (C.R. 100.000.000.000)



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

IN MUESTRA Nº 01 MOQUEGUA - SAN ANTONIO MOQUEGUA - Nº DE LICENCIAMIENTO 0410004

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

BY GEOTECNIA

RELACION DE SOPORTE C.B.R. (ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA, 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

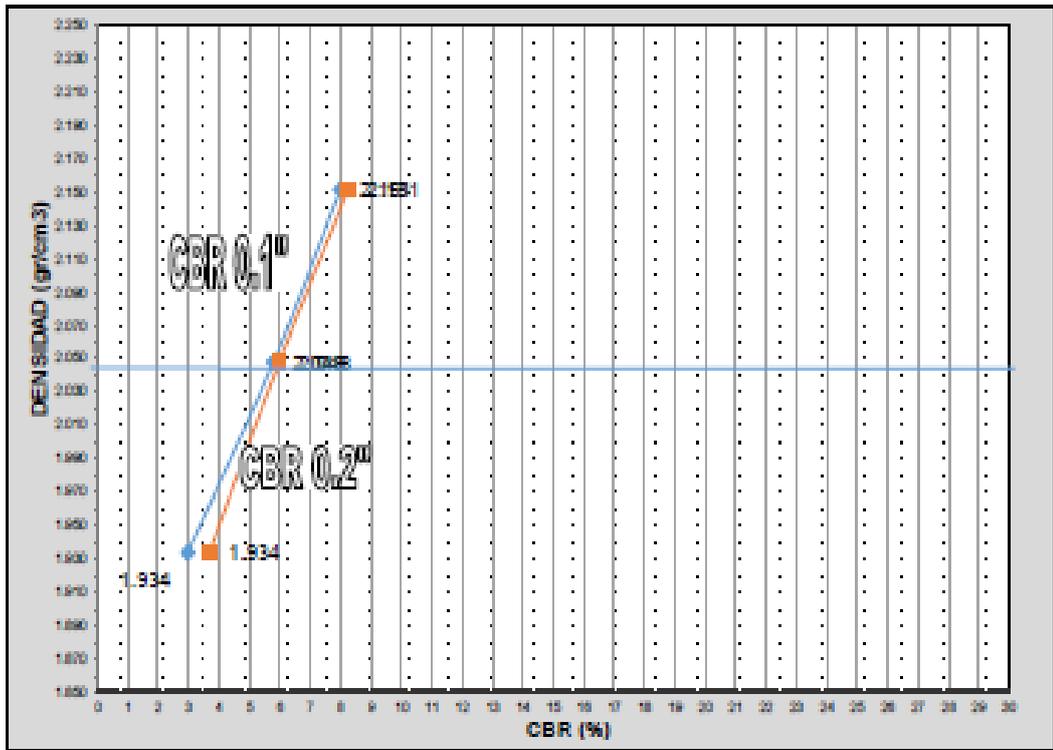
DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 1

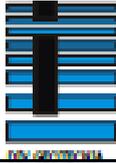
FECHA : MARZO 2022

REG- CBR-TESS-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD g/cm ³
12 GOLPES	3.7	3.0	1.934
25 GOLPES	6.0	5.8	2.048
55 GOLPES	8.2	8.0	2.151

GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD g/cm ³
95%	6.0	5.7	2.044
100%	8.2	8.0	2.151





LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

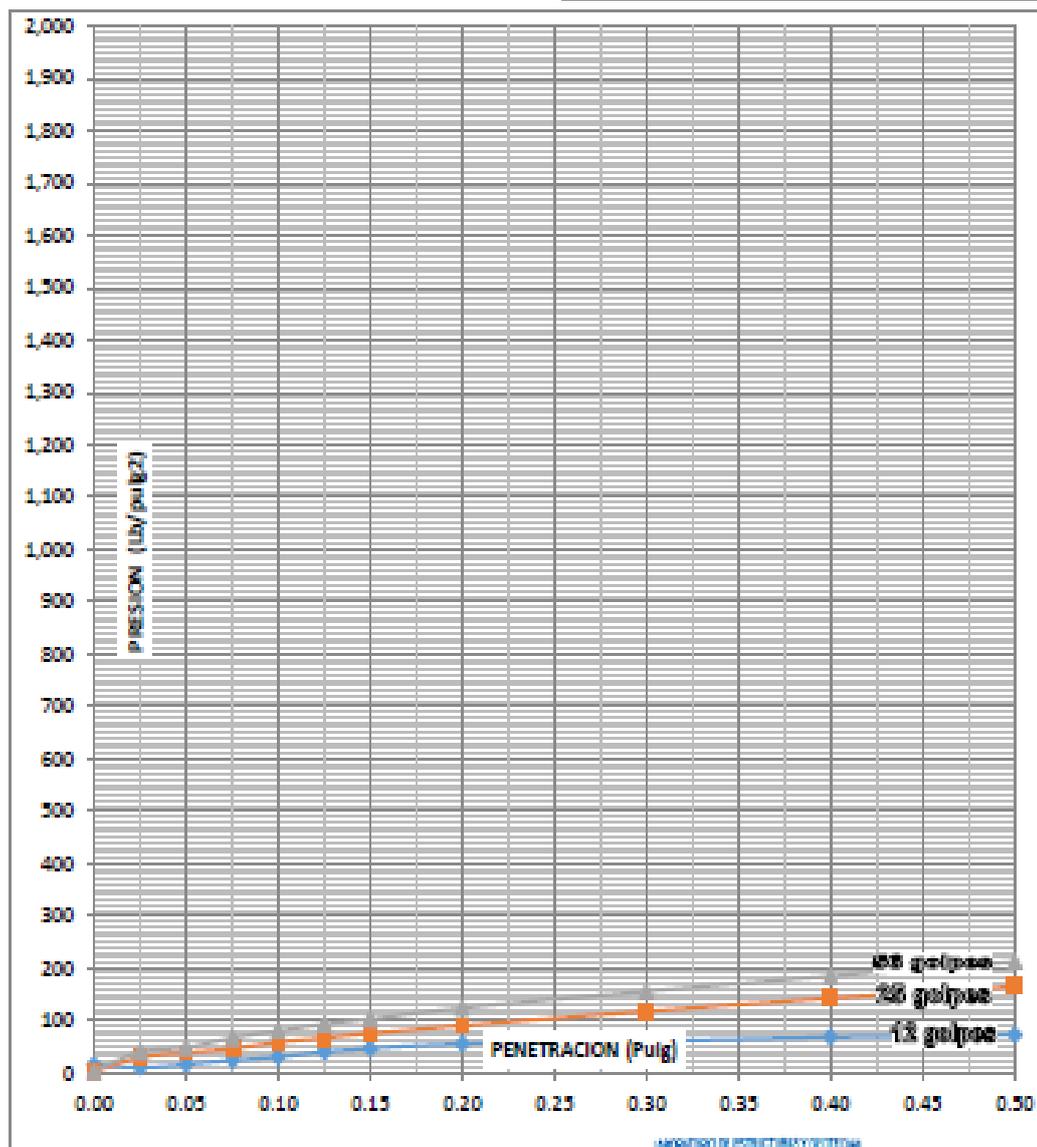
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 1

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR- TESIS-01_M-1/2022





PROCTOR MODIFICADO
NORMA: NTC 8115, ASTM D-1557

OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO-ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

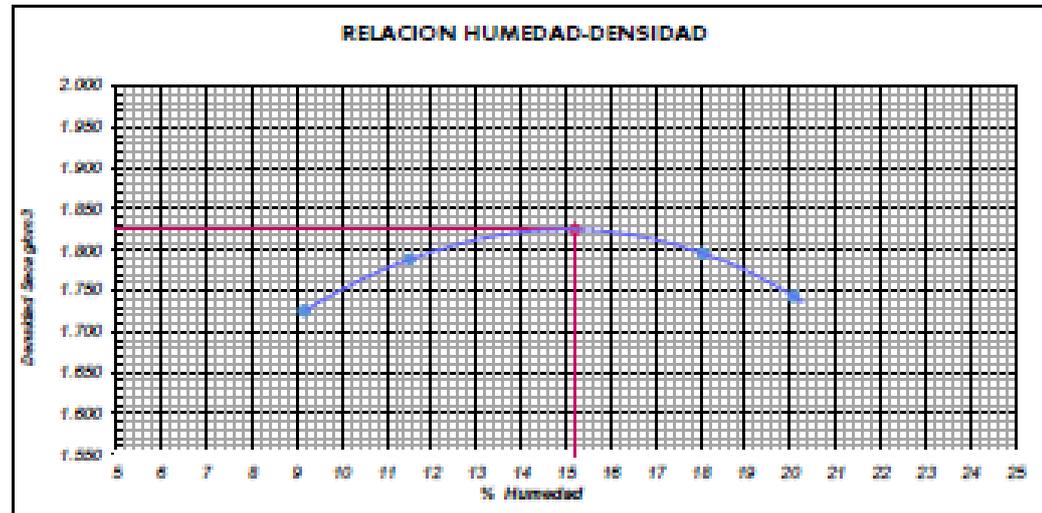
MUESTRA : SUB RASANTE - COMBINACION 2

FECHA : ENERO 2022

Tipo de Molde		: 8 Palgadas			
Método		: C			
Peso suelo + molde	g	5946	5945	6064	6038
Peso molde	g	4058	4058	4058	4058
Peso suelo húmedo compactado	g	1782	1887	2008	1980
Volumen del molde	cm ³	948	948	948	948
Densidad húmeda	g/cm ³	1.884	1.995	2.121	2.093
Recipiente IP		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo-tara	g	135.4	134.9	147.8	128.8
Peso del suelo seco + tara	g	127.0	124.9	130.7	113.5
Tasa	g	35.4	36.1	36.0	37.3
Peso de agua	g	8.40	10.00	17.10	15.30
Peso del suelo seco	g	81.60	84.80	94.70	76.20
Contenido de agua	%	9.17	11.92	18.06	20.08
Densidad seca	g/cm ³	1.725	1.789	1.798	1.743

Densidad Máxima (g/cm³) = 1.825

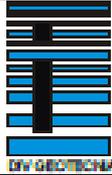
Humedad Óptima (%) = 15.2



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECIA

Federico Paucar Paucar Tito
INGENIERO CIVIL, ICP, AGCPE
CBE DE LABORATORIO

INGENIERO RESPONSABLE



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV INDUSTRIAL 7M AREQUIPA - GRAU 137 MOQUEGUA - 319 SURQUILLO AV CULTURA D19 TACNA CH 2000290

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

DI/GEOTECNIA

RELACION DE SOPORTE C.B.R. (ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 2

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TEIS-01_(M-1)/2022

Nº GOLPES		12		25		56	
Volumen de molde		2451.1		2508.0		2385.3	
Peso de molde+suelo		12887.0		13180.0		13152.0	
Peso de molde		8085.0		8380.0		8242.0	
peso de suelo compact.		4822.0		4800.0		4910.0	
Densidad húmeda		1.875		2.002		2.105	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Nº							
Peso suelo húmedo		73.80		78.80		58.50	
Peso de suelo seco		67.43		71.21		51.00	
Peso de tara		28.80		21.30		15.50	
Peso de agua		6.18		7.59		5.41	
Peso de suelo seco		40.63		49.91		35.50	
Conten. de humedad		15.20		15.20		15.20	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA							
Densidad seca		1.630		1.758		1.625	
EXPANSION							
	Temp.	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm
	0.0hs	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72hs	2	0.002	1	0.001	0	0.000
% EXPANSION	0.01						
						% humedad moldes prom	15.2
PENETRACION							
	penetracion psi				psi	psi	psi
	0.000				-	-	-
	0.025				8	21	35
	0.050				11	38	52
	0.075				13	55	80
	0.100				16	74	108
	0.125				19	88	123
	0.150				22	110	148
	0.200				30	148	181
	0.300				41	198	240
	0.400				53	257	284
	0.500				62	302	318
					13psi	25psi	50psi

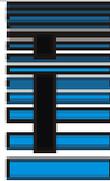
MTC E 132-2000 FRUICART@GMAIL.COM

REGISTRO DE CONSULTOR 2508

SE/1401107001/01/0001

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

Federico Paucar Tito
Ingeniero Civil, CIP. 44310
2018 CH. URB. SAN JUAN



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PALUCAR TITO EIRL

AV. INDUSTRIAL 4952 MOQUEGUA - CORREO 4927 MOQUEGUA - OF. DE LA COSTA 140-300A

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

EN GEOTECNIA

RELACION DE SOPORTE C.B.R. (ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

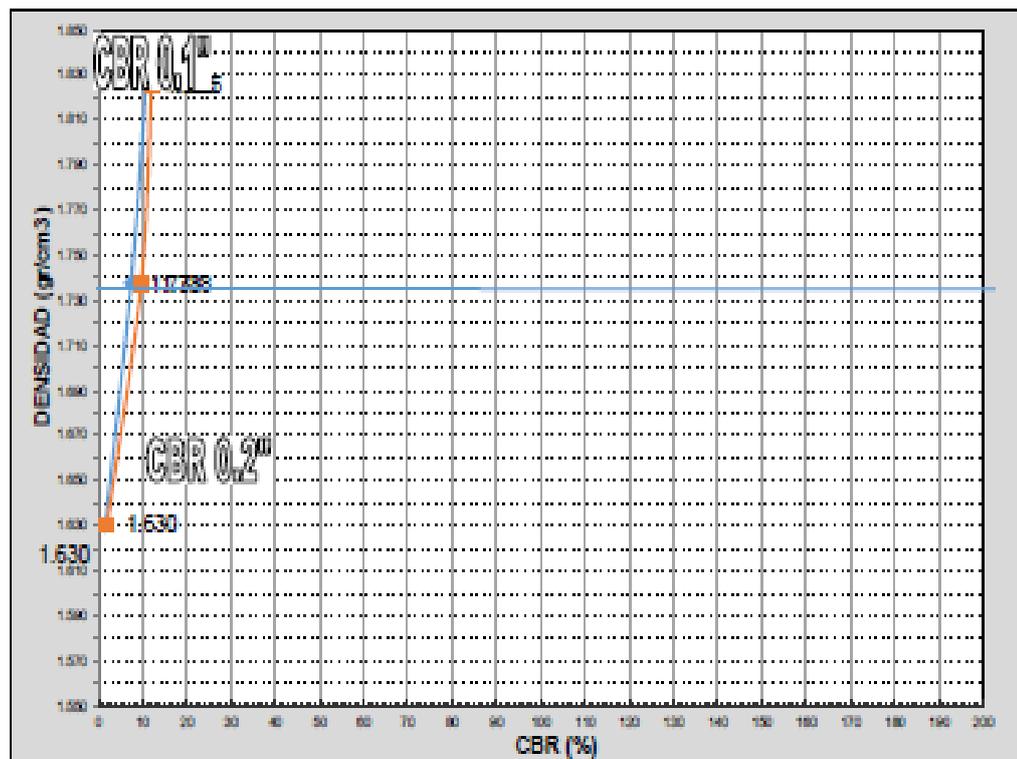
DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 2

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESES-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD gr/cm ³
12 GOLPES	2.0	1.6	1.630
25 GOLPES	9.7	7.4	1.738
55 GOLPES	12.1	10.8	1.825

GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD gr/cm ³
95%	9.0	6.8	1.734
100%	12.1	10.8	1.825





GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV. BOLIVAR # 232 - MOQUEGUA - SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

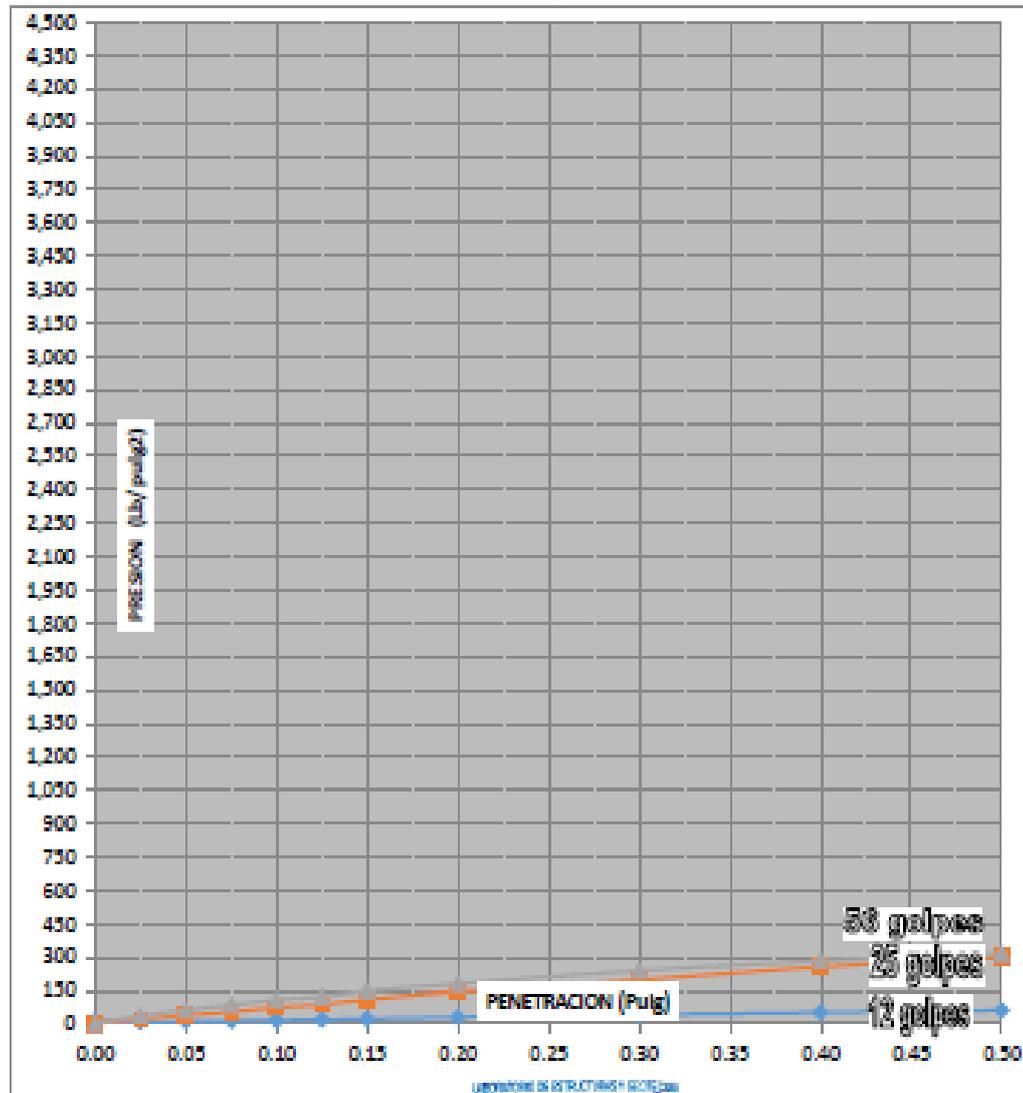
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

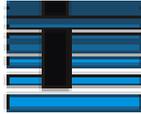
DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 2

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESTS-01_M-1/2022



Federico Paucar Tito
Ingeniero Civil, MTC, EIRL



PROCTOR MODIFICADO

NORMA: NTC E113, ASTM D 1557

OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

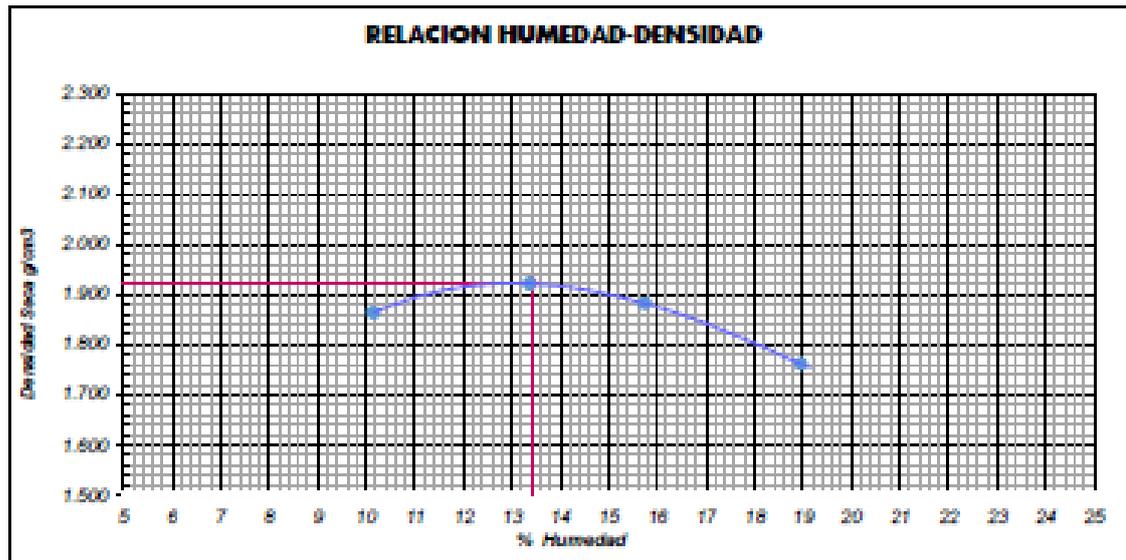
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA
MUESTRA : SUBRASANTE - COMBINACION 3
FECHA : MARZO 2022

Tipo de Molde	: 6 Pulgadas				
Método	: C				
Peso suelo + molde	g	5999	6118	6118	6040
Peso molde	g	4057	4057	4057	4057
Peso suelo húmedo compactado	g	1942	2061	2061	1983
Volumen del molde	cm ³	948	948	948	948
Densidad húmeda	g/cm ³	2.053	2.179	2.179	2.096
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo-tara	g	81.8	82.0	82.2	83.4
Peso del suelo seco + tara	g	76.1	75.5	73.1	73.5
Tara	g	19.2	20.8	15.4	21.4
Peso de agua	g	5.78	6.51	9.08	9.89
Peso del suelo seco	g	56.90	48.72	57.69	52.17
Contenido de agua	%	10.16	13.38	15.74	18.96
Densidad Seca	g/cm ³	1.854	1.922	1.862	1.782

Densidad Máxima (g/cm³) = 1.822

Humedad Óptima (%) = 13.4

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA


Federico Paucar Tiso
 INGENIERO CIVIL, CIP. 41710



**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

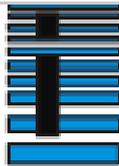
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 3

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESES-01_(M-1)/2022

Nº GOLPES		12		25		68		
Volumen de molde		2826.6		2775.3		2835.7		
Peso de molde+suelo		11160.0		11402.0		11815.0		
Peso de molde		4940.0		4932.0		4954.0		
peso de suelo compact.		6220.0		6470.0		6861.0		
Densidad húmeda		2.200		2.331		2.419		
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente Nº								
Peso suelo húmedo		104.72		101.66		70.83		
Peso de suelo seco		96.59		94.06		64.63		
Peso de tara		35.90		37.31		18.34		
Peso de agua		8.13		7.60		6.20		
Peso de suelo seco		60.69		56.75		46.29		
Conten. de humedad		13.40		13.40		13.40		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA								
Densidad seca		1.940		2.056		2.134		
EXPANSION								
	Temp.	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	
	0.0hs	0	0.000	0	0.000	0	0.000	
	72hs	1	0.001	1	0.001	1	0.001	
% EXPANSION		0.004						
		% humedad moldeo prom					13.4	
PENETRACION								
	penetracion pulg				psi	psi	psi	
	0.000				-	-	-	
	0.025				21	35	37	
	0.050				42	51	57	
	0.075				57	69	71	
	0.100				71	83	85	
	0.125				85	96	102	
	0.150				99	108	117	
	0.200				120	131	141	
	0.300				152	167	180	
	0.400				177	196	208	
	0.500				198	222	237	
					10gpa	25gpa	50gpa	



DIV. GEOTECNIA

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

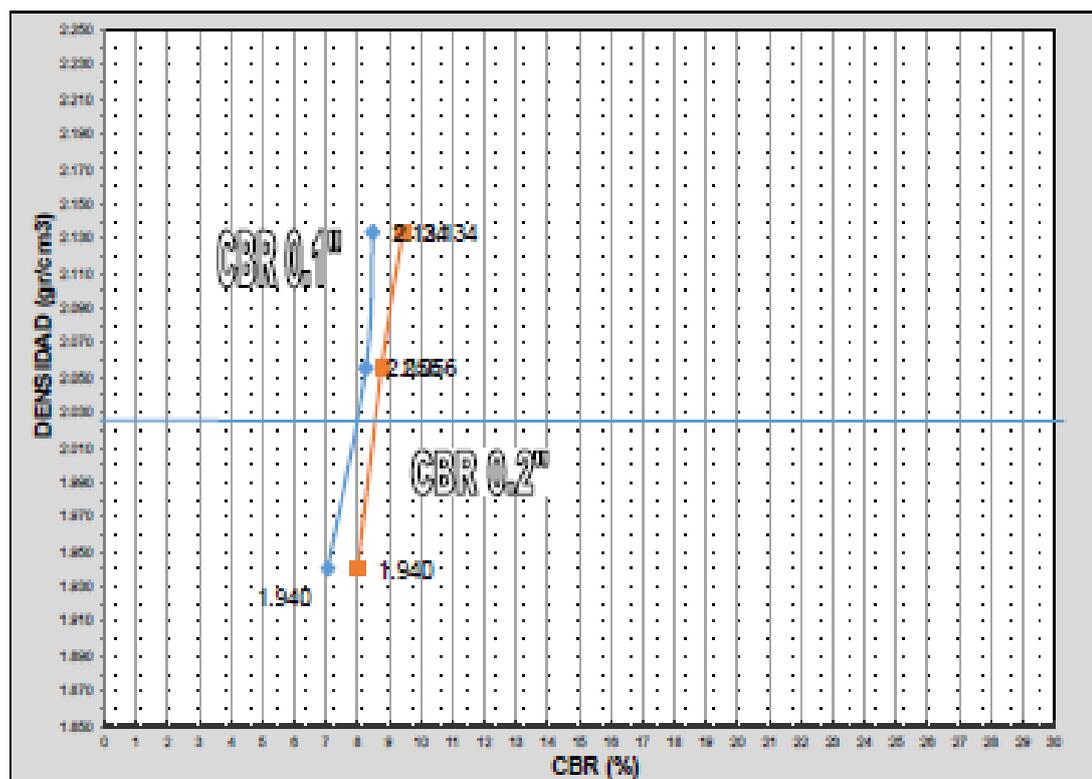
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

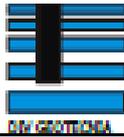
DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 3

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TPSIS-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD gr/cm ³
12 GOLPES	8.0	7.1	1.940
25 GOLPES	8.8	8.3	2.056
55 GOLPES	9.4	8.5	2.134
GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD gr/cm ³
95%	8.8	8.0	2.027
100%	9.4	8.5	2.134





LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

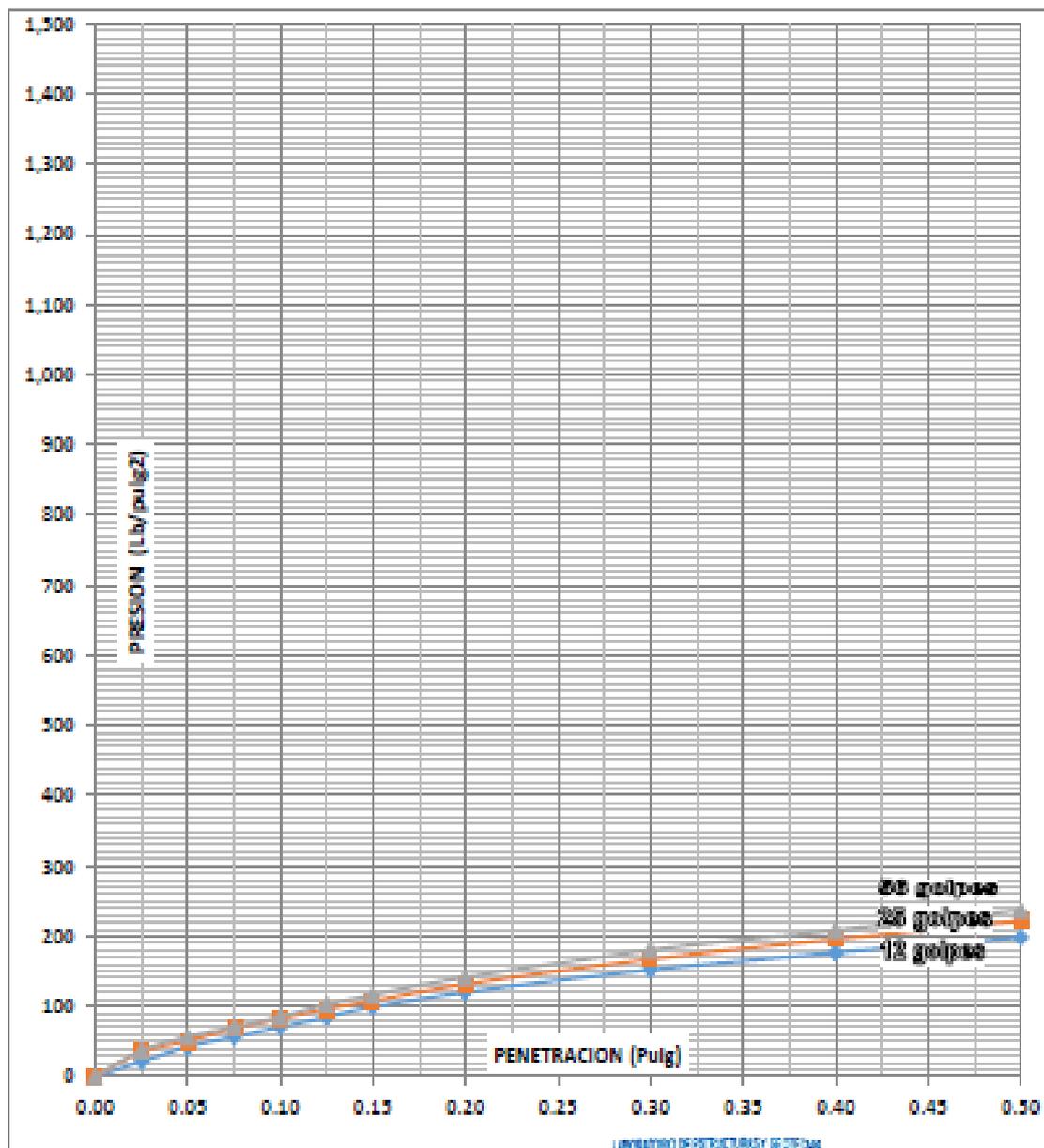
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 3

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESIS-01_M-1/2022



LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION
Federico Páezal Páezal Tala
INGENIERO CIVIL, DPL, DSE 19



PROCTOR MODIFICADO
 NORMA: MTC E115, ASTM D 1557

OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MELIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

MUESTRA : SUB RASANTE - COMBINACION 4

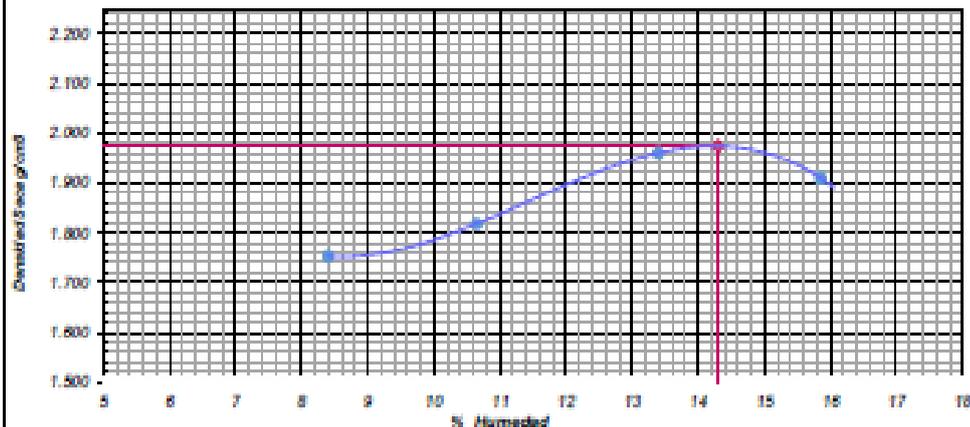
FECHA : MARZO 2022

Tipo de Molde	: 6 Pulgadas				
Método	: C				
Peso suelo + molde	g	5854	5960	6160	6150
Peso molde	g	4057	4057	4057	4057
Peso suelo húmedo compactado	g	1797	1903	2103	2093
Volumen del molde	cm ³	948	948	948	948
Densidad húmeda	g/cm ³	1.900	2.012	2.223	2.212
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	80.6	86.5	76.0	81.5
Peso del suelo seco + tara	g	75.9	80.2	71.2	73.1
Tara	g	20.4	21.5	20.6	19.5
Peso de agua	g	4.86	6.25	6.78	8.49
Peso del suelo seco	g	55.50	58.70	50.60	53.55
Contenido de agua	%	8.40	10.85	13.40	15.85
Densidad Seca	g/cm ³	1.752	1.818	1.960	1.910

Densidad Máxima (g/cm³) = 1.973

Humedad Óptima (%) = 14.3

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA


Federico Inés Paucar Tito
 INGENIERO CIVIL, CIP. 44216
 RSE DE LABORATORIO

INGENIERO RESPONSABLE



AV INDUSTRIAL 764 AREQUIPA - GRAU 127 MOQUEGUA - X18 SURQUILLO AV CULTURA D10 TACNA CW 95992585

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 4

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TE5IS-01_(M-1)/2022

Nº GOLPES		12		25		56	
Volumen de molde		2835.7		2461.1		2835.7	
Peso de molde+suelo		10673.0		10193.0		11350.0	
Peso de molde		4954.0		4934.0		4954.0	
peso de suelo compact.		5719.0		5259.0		6396.0	
Densidad húmeda		2.017		2.137		2.256	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Nº							
Peso suelo húmedo		108.97		103.05		71.45	
Peso de suelo seco		96.51		94.11		64.70	
Peso de tara		23.40		31.60		17.50	
Peso de agua		10.46		8.94		6.75	
Peso de suelo seco		73.11		62.51		47.20	
Conten. de humedad		14.30		14.30		14.30	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA							
Densidad seca		1.764		1.869		1.973	
EXPANSION							
	Temp.	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm
	0.0hs	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72hs	1	0.001	1	0.001	1	0.001
% EXPANSION		0.004					
						% humedad moldeo prom	
						14.3	
PENETRACION							
	penetracion pul			pal	pal	pal	
	0.000			-	-	-	
	0.025			33	48	57	
	0.050			65	76	87	
	0.075			87	98	109	
	0.100			109	125	131	
	0.125			131	148	158	
	0.150			152	166	180	
	0.200			185	202	218	
	0.300			234	256	277	
	0.400			272	301	321	
	0.500			305	342	365	
				13gols	25gols	50gols	

MTC E 132-2000 FEHUCABT@GMAIL.COM

REGISTRO DE CONSULTOR 2808

ELV ARCHIVO EN LA FICHA

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECA

Federico Piñero Pausar Tito
INGENIERO CIVIL, CIP. 44974
CALLE DE SANTIAGO 1480



DIV. GEOTECNIA

GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV. INDEPENDENCIA 1702 - CALLE 1707 - MOQUEGUA - OF. DE LA CULTURA DEL TEMA

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA, 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

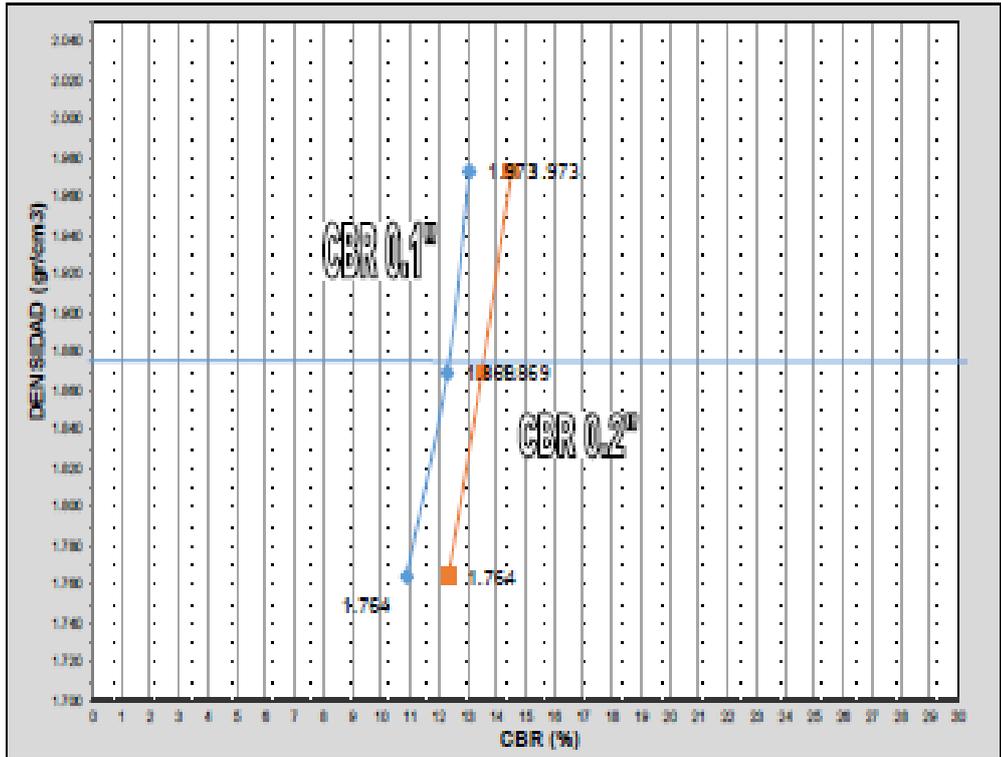
UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 4

FECHA : MARZO 2022

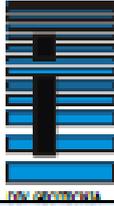
REG: CBR-TESS-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2 ^m	CBR 0.1 ^m	DENSIDAD gr/cm ³
12 GOLPES	12.3	10.9	1.764
25 GOLPES	13.5	12.3	1.869
55 GOLPES	14.5	13.1	1.973
GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD gr/cm ³
95%	13.5	12.3	1.875
100%	14.5	13.1	1.973



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Paucar Tito EIRL
Ingeniería Civil, C.A.S. 452114



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO BIRL

AV INDUSTRIAL Nº10 ARELLANO - DISTRITO MOQUEGUA

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

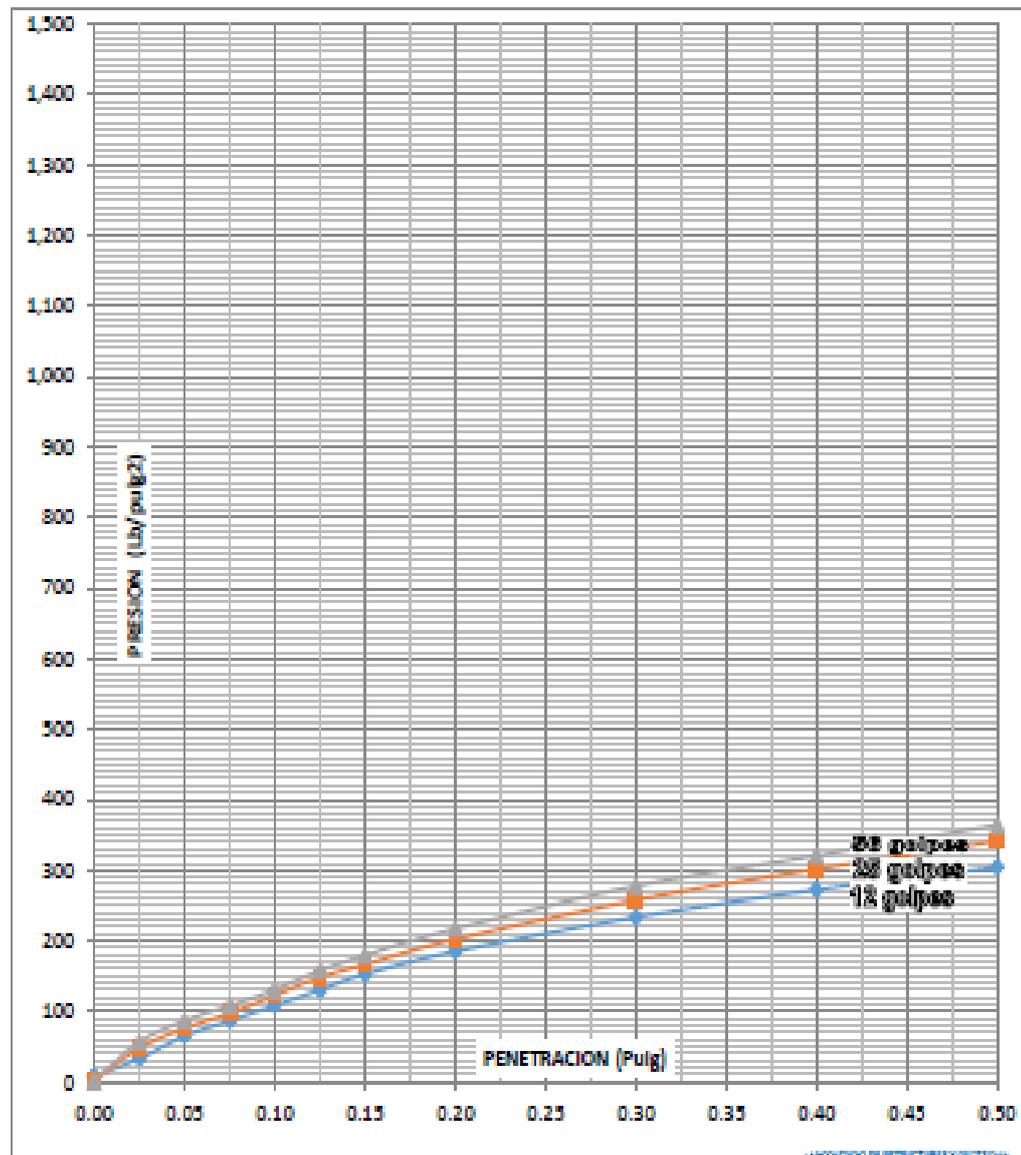
SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

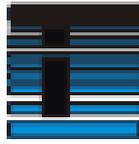
DESCRIPCIÓN : SUBRASANTE - COMBINACION 4

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TESES-01_M-1/2022



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA
Instituto Tecnológico de Moquegua



PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC E118, ASTM D-1557

OBRA : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MELIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

MUESTRA : SUS RASANTE - COMBINACION 5

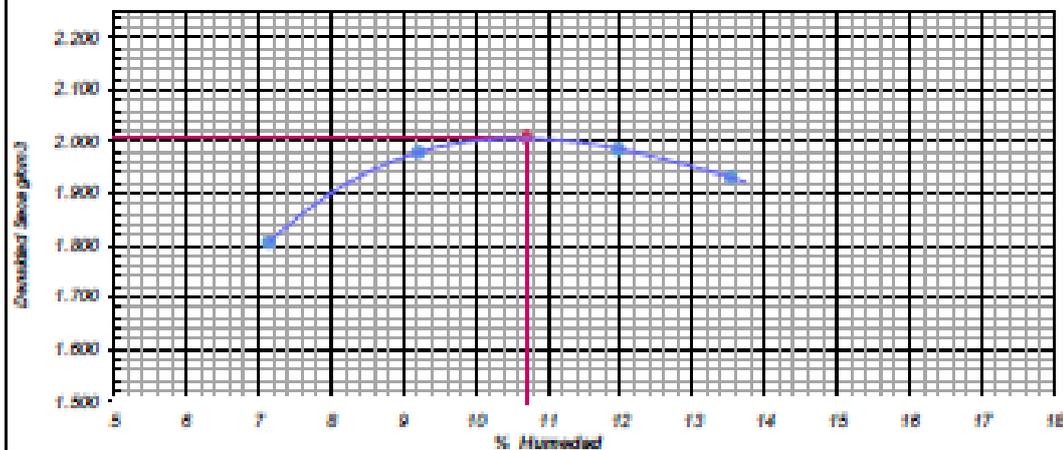
FECHA : MARZO 2022

Tipo de Molde	: 6 Pulgadas				
Método	: C				
Peso suelo + molde	g	5867	6102	6161	6131
Peso molde	g	4057	4057	4057	4057
Peso suelo húmedo compactado	g	1830	2045	2104	2074
Volumen del molde	cm ³	946	946	946	946
Densidad húmeda	g/cm ³	1.934	2.162	2.224	2.192
Recipiente #		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+ tara	g	82.5	84.8	74.3	84.0
Peso del suelo seco + tara	g	78.4	79.5	68.7	78.4
Tara	g	21.7	22.3	21.8	20.4
Peso de agua	g	4.05	5.27	5.64	7.58
Peso del suelo seco	g	58.70	57.20	47.10	58.00
Contenido de agua	%	7.14	9.21	11.97	13.54
Densidad Seca	g/cm ³	1.825	1.979	1.966	1.931

Densidad Máxima (g/cm³) = 2.008

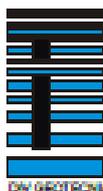
Humedad Óptima (%) = 10.7

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

Federico Paucar Tito
INGENIERO CIVIL, CIP. 44210
MIR DE LABORATORIO



GEOTECHNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV INDUSTRIAL 764 ABOGADO - GRAD 127 MOQUEGUA - Dpto BURGULLO AV CULTURA D18 TACNA CH 06020280

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

**RELACION DE SOPORTE C.B.R.
(ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

DESCRIPCIÓN : SUB RASANTE - COMBINACION 5

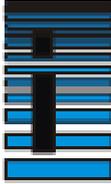
FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TE313-01_(M-1)/2022

Nº GOLPES		12		25		56	
Volumen de molde		2835.7		2461.1		2835.7	
Peso de molde+suelo		10840.0		10125.0		11256.0	
Peso de molde		4054.0		4034.0		4054.0	
peso de suelo compact.		6686.0		5191.0		6902.0	
Densidad húmeda		2.005		2.100		2.222	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Nº							
Peso suelo húmedo		104.50		101.11		60.06	
Peso de suelo seco		96.50		94.11		64.70	
Peso de tara		21.78		28.85		23.06	
Peso de agua		8.00		7.00		4.36	
Peso de suelo seco		74.74		65.48		40.74	
Conten. de humedad		10.70		10.70		10.70	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA							
Densidad seca		1.811		1.905		2.008	
EXPANSION							
	Temp.	Lectura directa	Expansi.cm	Lectura directa	Expansi.cm	Lectura directa	Expansi.cm
	0.0ha	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72ha	1	0.001	1	0.001	1	0.001
% EXPANSION	0.004						
						% humedad moldeo prom	
						10.7	
PENETRACION							
	penetracion pas			pas	pas	pas	
	0.000			-	-	-	
	0.025			53	71	63	
	0.050			96	112	128	
	0.075			128	140	167	
	0.100			160	181	201	
	0.125			192	219	233	
	0.150			225	245	265	
	0.200			273	268	321	
	0.300			345	360	400	
	0.400			401	444	473	
	0.500			440	504	537	
				13pas	25pas	33pas	

MTC E 132-2000 EPAUCASITROGUELL.COM
REGISTRO DE CONSULTOR 2006
FAX: 812018761 R 12383

laboratorio de ensayos e investigacion
Federico Paucar Tito
moquegua.com.pe 061 478 111
R011010100012478



GEOTECNIA ASOCIADOS - FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

AV INDUSTRIAL PZO. ARSQUI - CAR. PZO. MOQUEGUA - N. DE LA CULTURA 3-0100A

LABORATORIO DE ENSAYOS E INVESTIGACION

DIV. GEOTECNIA

RELACION DE SOPORTE C.B.R. (ASTM D 1883-99 NTP 339.145 MTC E 132-2000)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA

UBICACIÓN : SAN ANTONIO - MOQUEGUA

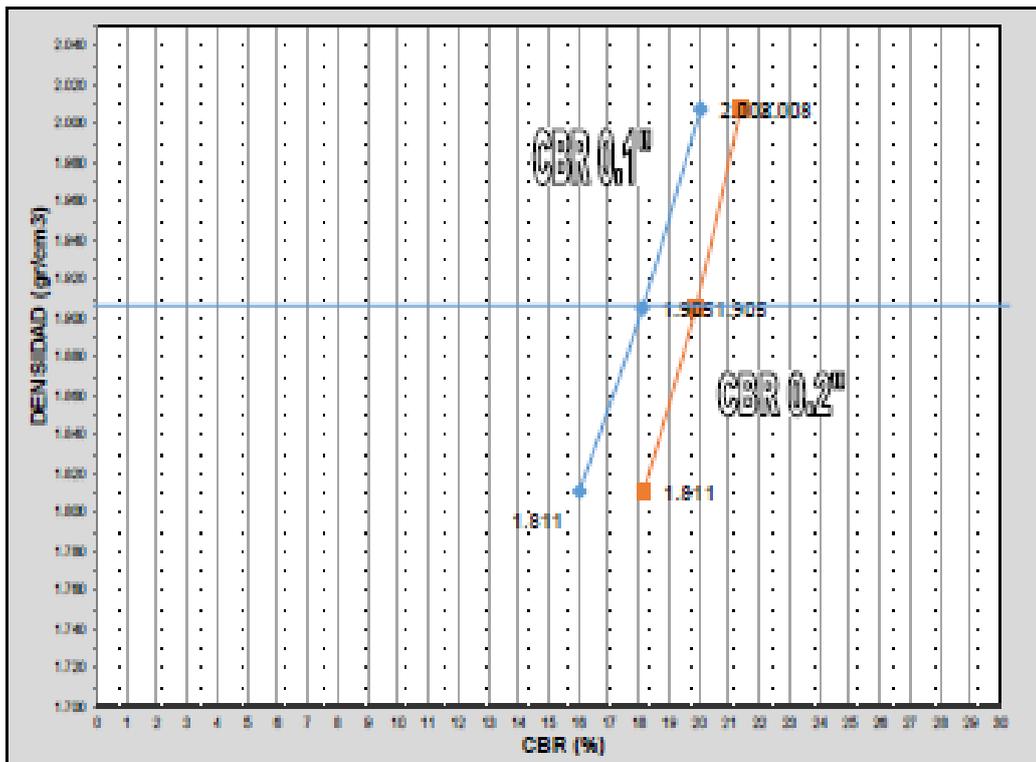
DESCRIPCIÓN : SUB. RASANTE - COMBINACION 5

FECHA : MARZO 2022

REG: CBR-TEST-01_M-1/2022

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD gr/cm ³
12 GOLPES	18.2	16.0	1.811
25 GOLPES	19.9	18.1	1.905
55 GOLPES	21.4	20.1	2.008

GRADO DE COMPACTACION	CBR %	CBR %	DENSIDAD gr/cm ³
95%	19.9	18.1	1.907
100%	21.4	20.1	2.008



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - GEOTECNIA

Federico Paucar Tito
Ingeniero Civil, CIP. 44314
2016 Col. Universidad UPEL

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio	Langhud	Código N°	E069-0115A-2022-2
<i>Laboratory</i>	<i>Langh</i>	<i>Code N°</i>	

890 / ISC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

a. Solicitante: <i>Applicant</i>	FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
b. Dirección solicitante: <i>Applicant address</i>	Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1, Mariscal Nieto - Moquegua.
c. Instrumento de medida: <i>Measuring instrument</i>	COPA CASAGRANDE
d. Marca: <i>Manufacturer / Brand</i>	HUMBOLDT MFG. CO.
e. Modelo: <i>Model</i>	H-4226
f. Número de serie: <i>Serial Number</i>	188
g. Identificación: <i>Internal code</i>	No indica
h. Lugar de calibración: <i>Calibration Place</i>	Laboratorio de LO JUSTO S.A.C.
i. Fecha de calibración: <i>Calibration Date</i>	2022-01-11
j. Supervisor de Laboratorio: <i>Laboratory Supervisor</i>	Fuentes Velazquez Alexander R. Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor
k. Signatario autorizado: <i>Authorized signatory</i>	 <div style="font-size: small; margin-top: 5px;"> Juan Luis Rosales Rosendo LO JUSTO S.A.C. CONTROL OPERACIONES controloperaciones@lojusto.com Pícala: 13012022 06:11 Firmado con clave digital </div>

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

FTIC-NPE-Edición digital 00

1 Información del instrumento:

Instrument information:

Intervalo de medición : No aplica Procedencia : USA

Etiqueta de Calibración N° : 88277

2 Trazabilidad Metrológica :

Metrological Traceability:

Vernier digital con resolución de 0,01 mm, con certificado de calibración MLP-001-2021.

Cinta métrica Clase I de 1 mm, con certificado de calibración LLA-441-2020.

Balanza Mettler Toledo SG32001 con certificado de calibración INTEMPO-2021-51-6.

3 Instrumentos auxiliares :

Instrument auxiliary:

Termohigrómetro marca ETI Ltd., con certificado de calibración TE-301-2021.

4 Método de calibración:

Calibration method:

Se utilizó el procedimiento de calibración PC – LJ – 025. Y se tomó la Norma Técnica ASTM D-4318-17 como referencia.

5 Condiciones Ambientales:

Environmental conditions:

Temperatura Ambiente promedio : 20,6 °C ± 0 °C

Humedad Relativa promedio : 47,5 % ± 0,5 %

6 Resultados de Calibración:

Results of Calibration:

- Base

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Largo (mm)	150,0	150,43	0,03	2,0
Ancho (mm)	125,0	125,11	0,04	2,0
Altura (mm)	50,0	50,39	0,05	2,0

- Taza

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Masa (g)	200,0	194,4	0,1	15,0
Diámetro (mm)	108,0	108,52	0,05	0,5
Profundidad (mm)	27,0	27,20	0,05	0,5
Espesor (mm)	2,0	2,04	0,04	0,1
Deja Caer (mm)	10,0	10,00	0,01	—
Diámetro huella (mm)	< 10	7,38	0,34	—

Diagrama del Instrumento:
Instrument Diagram:



ISO / IEC 17025

7 Notas y aclaraciones:

Notes and clarifications:

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008.

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 88277.

8 Observaciones y comentarios:

Observations and comments:

** FIN DEL DOCUMENTO **

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Temperatura Código N° E058-0115A-2022-6
 Laboratory Temperature Code N°

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojusto.sac.com (se imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.sac.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

- | | |
|---|---|
| a. Solicitante:
Applicant | FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. |
| b. Dirección solicitante:
Applicant address | Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1
Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua |
| c. Instrumento de medida:
Measuring instrument | Horno |
| d. Marca:
Manufacturer / Brand | Thermo Scientific |
| e. Modelo:
Model | UT 8 |
| f. Número de serie:
Serial Number | 41138848 |
| g. Identificación:
Internal code | No Indica |
| h. Lugar de calibración:
Calibration Place | Laboratorio de Temperatura de
LO JUSTO SAC |
| i. Fecha de calibración:
Calibration Date | 2022-01-20 |
| j. Supervisor de Laboratorio:
Laboratory Supervisor | Fuentes Velazquez Alexander R.
Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisor |
| k. Signatario autorizado:
Authorized signatory | 
José Luis Pizarro Saavedra
LO JUSTO S.A.C.
CONTROL OPERACIONES
controloperaciones@lojusto.com
Fecha: 24/01/2022 09:33
Firmado con www.tscapu.pe |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
 Certificados sin firma digital carecen de validez.

Laboratorio	Temperatura	Código N°	E068-0115A-2022-6
Laboratory	Temperature	Code N°	

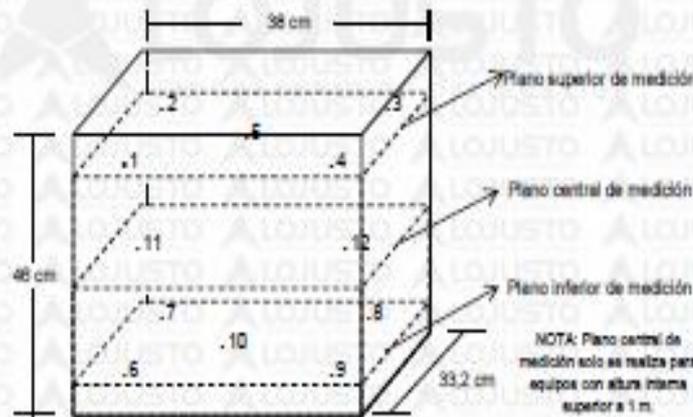
1 Información del Instrumento

Instrument information

1.1 Alcance del Selector:	0 °C a 250 °C
1.2 Resolución del Selector:	1 °C
1.3 Instrumento de Verificación de Temperatura:	Termómetro Propio
1.4 Ventilación:	Ventilación Forzada
1.5 Temperatura de Trabajo:	110 °C
1.8 Número de Parrillas:	2
Posición Parrilla N°1 desde base interna:	12 cm
Posición Parrilla N°2 desde base interna:	30 cm
1.7 Material de Encayo:	Fuentes de metal
1.8 Porcentaje de Carga:	50%
1.9 Set Trampilla:	No aplica
1.10 Set Ventilador:	No aplica
1.11 Tiempo de Calentamiento y/o Enfriamiento y Estabilización:	2 horas.
1.12 Etiqueta de Calibración:	88858

ISO / IEC 17025

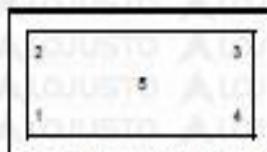
Distribución de los sensores de temperatura en el equipo durante la medición.



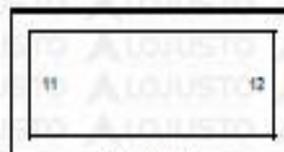
Plano superior de medición

Plano central de medición

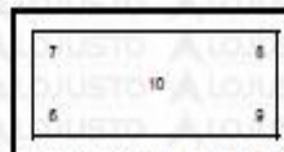
Plano inferior de medición



Ubicado a 41 cm de la base interna



No se realizó



Ubicado a 4,6 cm de la base interna

Los sensores 1; 2; 3; 4; 6; 7; 8 y 9 se ubicaron a 4 cm de la puerta y fondo, y a 6 cm de las paredes laterales.
Los sensores 5 y 10 se ubicaron en la parte central de cada plano.

Laboratorio Temperatura Código N° ED68-0115A-2022-6
 Laboratory Temperature Code N°

2 Trazabilidad :

Traceability :

Trazabilidad	Patrón empleado	Certificado de Calibración
LO JUSTO S.A.C.	Termómetro digital	INTERNO-2021-18-A

3 Instrumentos auxiliares :

Instruments auxiliary :

- Cinta Métrica código LLT-I-017.
- Crónometro código LE-I-056.
- Medidor de Condiciones Ambientales código LT-I-152.

4 Procedimiento de calibración:

Calibration procedure:

Método de comparación directa "PC-018 Procedimiento para calibración de medios isotermos con aire como medio termostático (SNM-INDECOPI) Edición 2", Lima - Perú.

5 Condiciones Ambientales

Environmental conditions

Temperatura Ambiente:	22,9 °C
Humedad Relativa:	45,0 %HR

Laboratorio Temperatura Código N° ED58-0115A-2022-6
 Laboratory Temperature Code N°

8 Resultados de Calibración
 Results of Calibration

TABLA DE RESULTADOS
 110 °C

Tiempo (min.)	T. Ind. °C	Temperatura en las Posiciones de Medición (°C)												T. Prom. °C	Desv. Est. °C
		Plano Superior					Plano Inferior					Plano Central			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0	110	109,7	110,5	110,4	110,5	110,8	109,8	109,3	110,6	110,1	110,3	--	--	110,2	1,3
2	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,8	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,2
4	110	109,9	110,7	110,5	110,8	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
6	110	109,9	110,8	110,5	110,8	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
8	110	109,8	110,8	110,4	110,7	110,7	109,7	109,4	110,8	110,2	110,3	--	--	110,3	1,3
10	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,8	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
12	110	109,8	110,8	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
14	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,3	110,5	--	--	110,3	1,3
16	110	109,9	110,8	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,3
18	110	109,8	110,8	110,4	110,8	110,7	109,8	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,2
20	110	109,9	110,8	110,5	110,8	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
22	110	109,8	110,8	110,4	110,8	110,7	109,8	109,3	110,7	110,1	110,3	--	--	110,2	1,4
24	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,7	110,0	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
26	110	109,9	110,8	110,4	110,8	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,3	--	--	110,3	1,3
28	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,8	109,5	110,7	110,3	110,4	--	--	110,3	1,3
30	110	109,8	110,8	110,4	110,8	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
32	110	110,0	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,3	110,4	--	--	110,3	1,3
34	110	109,8	110,8	110,4	110,5	110,7	109,7	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,2	1,3
36	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
38	110	109,9	110,8	110,5	110,7	110,8	110,0	109,5	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,3
40	110	110,0	110,8	110,6	110,8	110,9	110,0	109,5	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,4
42	110	109,9	110,7	110,6	110,8	110,9	109,9	109,5	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,3
44	110	110,0	110,9	110,6	110,7	110,8	109,9	109,8	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,3
46	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,2	110,5	--	--	110,3	1,3
48	110	109,9	110,8	110,4	110,8	110,7	109,9	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,3
50	110	109,9	110,8	110,4	110,8	110,7	109,5	109,5	110,8	110,1	110,4	--	--	110,2	1,2
52	110	109,9	110,8	110,5	110,7	110,7	109,8	109,4	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	1,4
54	110	109,9	110,7	110,5	110,8	110,8	109,9	109,4	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,4
56	110	109,9	110,7	110,8	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,4	110,5	--	--	110,4	1,3
58	110	110,0	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,3	110,5	--	--	110,4	1,4
60	110	109,8	110,8	110,4	110,8	110,7	109,9	109,5	110,7	110,1	110,3	--	--	110,3	1,2
T. PROM	110	109,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,8	109,5	110,7	110,2	110,4	--	--	110,3	
T. MAX	110	110,0	110,9	110,8	110,8	110,9	110,0	109,8	110,8	110,4	110,5	--	--		
T. MIN	110	109,7	110,5	110,4	110,5	110,8	109,5	109,3	110,8	110,1	110,3	--	--		
UM	0	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	--	--		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	110,9	0,2
Mínima Temperatura Medida	109,3	0,2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,5	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	1,3	0,2
Estabilidad Medida (s)	0,25	0,10
Uniformidad Medida	1,4	0,2
Selector del equipo	110	

ISO 17025

Laboratorio	Temperatura	Código N°	ED68-0115A-2022-6
Laboratory	Temperature	Code N°	

7. Notas y aclaraciones:
Notes and clarifications:

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.

- T. PROM Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom Promedio de las temperaturas en los puntos de medición evaluados para un instante dado.
- T. MAX Temperatura máxima.
- T. MIN Temperatura mínima.
- DTT Desviación de la temperatura en el tiempo.

8. Observaciones y comentarios: *** Sin observaciones ***
Observations and comments

** FIN DEL DOCUMENTO **

INFORME TÉCNICO AL CERTIFICADO E068-0115A-2022-6

1 SOLICITANTE	: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
2 DIRECCIÓN	: Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua
3 INSTRUMENTO DE MEDIDA	: Horno
Identificación	: No indica
4 TOLERANCIAS	: 110 °C ± 5 °C

ISO / IEC 17025

5 ANTECEDENTES

- » El solicitante requiere se indique el cumplimiento con las tolerancias correspondientes a sus métodos de ensayo y/o procedimientos.
- » La directriz de INACAL DA-ocr-06D en referencia a Opiniones e Interpretaciones, indica "Cuando el Laboratorio de Ensayo o Calibración le sean solicitadas opiniones, interpretaciones, sugerencias o recomendaciones a partir de los resultados del ensayo o calibración, éstas deben hacerse en un documento que no forman parte del informe de ensayo o certificado de calibración" es por ello que las tolerancias de temperatura y el cumplimiento deben hacerse en un documento que no forme parte del certificado acreditado.
- » En relación a los resultados del certificado de calibración se estima la probabilidad de cumplimiento del instrumento con la tolerancia indicada por el solicitante.

6 CONCLUSIONES

- » La probabilidad de cumplimiento, según regla de decisión establecida en JCGM 106 Evaluación de datos de medición – El papel de la incertidumbre de medida en la evaluación de la conformidad, se declara sobre:

110 °C ± 5 °C

Valor Máximo:	110,9 °C	Probabilidad de cumplimiento mayor a	99,8%
Valor Mínimo:	109,3 °C	Probabilidad de cumplimiento mayor a	99,8%

Supervisor de Laboratorio:
Laboratory Supervisor

Fuentes Velazquez, Alexander R.

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Laboratory	<u>Masa</u> <u>Mass</u>	Código N° Code N°	<u>ED68-0115A-2022-5</u>
---------------------------	----------------------------	----------------------	--------------------------

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojustosac.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojustosac.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

a. Solicitante: Applicant	FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
b. Dirección solicitante: Applicant address	Cal. Miguel Grau N° 127 Int. 1 Moquegua, Mariscal Nieto - Moquegua
c. Instrumento de medida: Measuring instrument	Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático
d. Marca: Manufacturer / Brand	Valtox
e. Modelo: Model	No indica
f. Número de serie: Serial Number	LDC30N2
g. Identificación: Internal code	No indica
h. Lugar de calibración: Calibration Place	Laboratorio de masa de LO JUSTO S.A.C.
i. Fecha de calibración: Calibration Date	2022-01-11
j. Supervisor de Laboratorio: Laboratory Supervisor	Gian Carlos, Malca Correa Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor

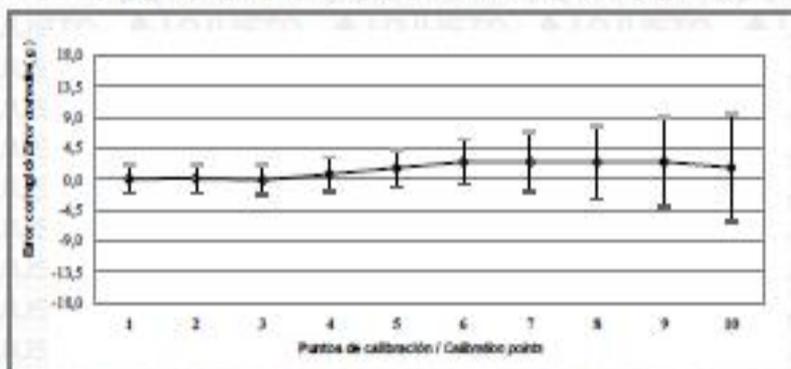
k. Signatario autorizado: Authorized signatory	
---	--

José Luis Rosales Saavedra
LO JUSTO S.A.C.
CONTROL OPERACIONES
controloperaciones@lojusto.com
Fecha: 17/01/2022 14:21
Firmado con www.focapu.pe

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o

Laboratorio Masa Código N° E068-0115A-2022-5
 Laboratory Mass Code N° _____

Gráfico de errores con su incertidumbre para cada punto de medición en el ensayo de pesaje
 Graph of errors with their uncertainty for each measurement point in the weighing test



Forma para corregir la lectura indicada por el instrumento:
 Formula to correct the reading indicated by the instrument:

$$R_{\text{correctado}} = R - 0,0001480741 \cdot R ; |R| = \text{kg}$$

Forma para expresar la incertidumbre expandida
 Formula to find expanded uncertainty with a level of confidence of approximately 95%

$$U_R = 2 \cdot (0,0000011281 + 0,000000015276963 \cdot R^2)^{0,5} ; |UR| = \text{kg}$$

- I : Indicación del instrumento / Instrument indication
- E : Error encontrado / Error found
- E_a : Error en peso / Error in mass
- E_r : Error Corregido / Error corrected
- L : Carga / Load
- AL : Carga adicional / Additional load
- d : División de escala real / Real scale division
- emp : Error máximo permitido / Maximum permissible error
- R : Lectura en uso de la balanza / In use reading of the balance
- U_R : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada / Expanded uncertainty of weighing result

7 Notas y aclaraciones:

Notes and clarifications:

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

The expanded measurement uncertainty reported in this calibration certificate results from multiplying the combined standard uncertainty by the coverage factor k = 2 so that the coverage probability corresponds approximately to a 95% confidence level. Uncertainty was determined according to the "Guide for the expression of uncertainty in measurement". The expanded measurement uncertainty was calculated from the uncertainty components of the influencing factors in the calibration. The estimated uncertainty does not include an estimate of long-term variations.

Se ha colocado etiquetas de color blanco brillante, N° 80318 y N° 014756 con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en señal de haber realizado la calibración.

Bright white labels have been placed: N° 80318 and N° 014756 with the logo of LO JUSTO S.A.C. as a sign of having carried out the calibration.

Se ha asumido un valor de 1,0x10⁻⁵ °C⁻¹ como coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura para la calibración.

A value of 1.0 x 10⁻⁵ °C⁻¹ has been assumed as the drift coefficient of the balance for temperature variation for calibration.

El intervalo de variación de temperatura en el lugar de ubicación de la balanza fue considerado de acuerdo a la variación de temperatura registrada durante la calibración.

The temperature variation interval at the location of the balance was considered according to the temperature variation registered during the calibration.

8 Observaciones y comentarios:

Observations and comments

Antes de la calibración se realizó ajustes respectivos al instrumento de pesaje hecho por el personal encargado.

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Laboratory	Longitud length	Código N° Code N°	ED58-0115A-2022-2
---------------------------	--------------------	----------------------	-------------------

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

a. Solicitante: Applicant	FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
b. Dirección solicitante: Applicant address	Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1, Mariscal Nieto - Moquegua.
c. Instrumento de medida: Measuring instrument	COPA CASAGRANDE
d. Marca: Manufacturer / Brand	HUMBOLDT MFG. CO.
e. Modelo: Model:	H-4228
f. Número de serie: Serial Number:	188
g. Identificación: Internal code	No Indica
h. Lugar de calibración: Calibration Place	Laboratorio de LO JUSTO S.A.C.
i. Fecha de calibración: Calibration Date	2022-01-11
j. Supervisor de Laboratorio: Laboratory Supervisor	Fuentes Velasquez Alexander R. Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor
k. Signatario autorizado: Authorized signatory	 Jose Luis Rozales Saavedra LO JUSTO S.A.C. CONTROL OPERACIONES controloperaciones@lojusto.com Fecha: 13/01/2022 08:10 Firmado con www.ticapu.pe

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

Diagrama del Instrumento:
Instrument Diagram:



7 Notas y aclaraciones:
Notes and clarifications:

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 88277 .

8 Observaciones y comentarios:
Observations and comments:

“ FIN DEL DOCUMENTO ”

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Longitud Código N° E261-398B-2022-1
 Laboratory length Code N° _____

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a:

consultacertificados@lojusto.sac.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.sac.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

a. Solicitante: Applicant	FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
b. Dirección solicitante: Applicant address	Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Moquegua, Mariscal Nieto - Moquegua.
c. Instrumento de medida: Measuring instrument	MOLDE PROCTOR ESTÁNDAR O MODIFICADO
d. Marca: Manufacturer / Brand	Metratesti
e. Modelo: Model	No Indica
f. Número de serie: Serial Number	MM-405
g. Identificación: Internal code	No Indica
h. Lugar de calibración: Calibration Place	Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.
i. Fecha de calibración: Calibration Date	2022-02-08
j. Supervisor de Laboratorio: Laboratory Supervisor	Fuentes Velazquez Alexander R. Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor
k. Signatario autorizado: Authorized signatory	



Jose Luis Rosales Saavedra
 LO JUSTO S.A.C.
 CONTROL OPERACIONES
 controloperaciones@lojusto.com
 Fecha: 11/02/2022 14:07
 Firmado con www.tocapu.pe

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
 Certificados sin firma digital carecen de validez.

Laboratorio _____ Longitud _____
 Laboratory _____ length _____

Código N° _____ E261-398B-2022-1
 Code N° _____

1 Información del Instrumento:

Instrument information:

Intervalo de medición : No indica
 Resolución : No indica

Díametro Nominal : 6"
 Procedencia : No indica

Etiqueta de Calibración N° : 89513

2 Trazabilidad Metroológica :

Metrological Traceability:

Vernier digital con resolución de 0,01 mm, con certificado de calibración EPI-2022-22-1.
 Vernier digital con resolución de 0,01 mm, con certificado de calibración EPI-2022-22-4.
 Cinta Métrica UBERMANN con certificado número L-0078-2020.
 Balanza Mettler Toledo S/G32001 con certificado de calibración INTERNO-2021-51-6.

3 Instrumentos auxiliares :

Instruments auxiliary :

Termohigrómetro, con certificado de calibración TE-301-2021.

4 Método de calibración:

Calibration method:

Se utilizó el procedimiento de calibración PC – LJ – 028. Y se tomó la Norma Técnica ASTM D 698-12e, D 1557, D 558 ; AASHTO T 99, T180, T 134 como referencia.

5 Condiciones Ambientales:

Environmental conditions:

Temperatura Ambiente promedio : 21,6 °C ± 0,2 °C
 Humedad Relativa promedio : 48,5 % ± 0,5 %

6 Resultados de Calibración:

Results of Calibration:

- Molde Metálico

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Díametro Interno (mm)	152,40	151,50	0,03	0,66
Altura (mm)	116,43	116,58	0,02	0,13
Volumen geométrico (cm ³)	2124	2102	2	25

- Collar (Extensión)

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Altura Extensión (mm)	50,8	50,85	0,04	—

Laboratorio Longitud
 Laboratory length

Código N° E261-398B-2022-1
 Code N°

- Martillo (Pistón)

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Diámetro (mm)	50,8	50,47	0,02	0,25
Altura calda libre (mm)	457,2	400,6	0,0	1,6
Masa (kg)	4,540	45,14	0,01	0,010

Diagrama del Instrumento:
 Instrument Diagram:



7 Notas y aclaraciones:
 Notes and clarifications:

La Incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de Incertidumbre corresponde a la Incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La Incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la Incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 89513 .

8 Observaciones y comentarios:
 Observations and comments:

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en la Placa base para cono de asentamiento. y está identificada con el N° 89514

Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Longitud Código N° E058-0115A-2022-4
 Laboratory length Code N°

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: consultacertificados@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

- | | |
|--|--|
| a. Solicitante:
Applicant: | FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. |
| b. Dirección solicitante:
Applicant address: | Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1, Mariscal Nieto - Moquegua. |
| c. Instrumento de medida:
Measuring instrument: | Vernier Digital |
| d. Marca:
Manufacturer / Brand: | ACCUD |
| e. Modelo:
Model: | 111-012-12 |
| f. Número de serie:
Serial Number: | 170331167 |
| g. Identificación:
Internal code: | No Indica |
| h. Lugar de calibración:
Calibration Place: | Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C. |
| i. Fecha de calibración:
Calibration Date: | 2022-01-11 |
| j. Supervisor de Laboratorio:
Laboratory Supervisor: | Fuentes Velasquez Alexander R.
Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisor |
| k. Signatario autorizado:
Authorized signatory: | 
Alexander R. Fuentes Velasquez
Supervisor de Laboratorio
Laboratory Supervisor |

Alexander R. Fuentes Velasquez
 LO JUSTO S.A.C.
 CONTROL OPERACIONES
controloperaciones@lojusto.com
 Fecha: 12/01/2022 14:06
 Firmado con www.tscapu.pe

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
 Certificados sin firma digital carecen de validez.

Laboratorio Longitud
Laboratory length

Código N° ED58-0115A-2022-4
Code N°

1 Información del Instrumento:

Instrument information:

Intervalo de Indicación : 0 mm a 300 mm Procedencia : No indica
Resolución : 0,01 mm

Etiqueta de Calibración N°: 88276

2 Trazabilidad Metrología :

Metrological Traceability:

Bloques planoparalelos, con certificado de calibración LLA-151-2020 y LLA-288-2020 emitido por el DM - INACAL.

Micrómetro de exteriores digital, con certificado de calibración L-0987-2020.

3 Instrumentos auxiliares :

Instruments auxiliary :

Mesa de planitud, con certificado de calibración LLA-022-2021, emitido por el DM - INACAL.

Termohigrómetro marca ETI, con certificado de calibración emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-301-2021.

Termómetro digital con sensor para superficies, con certificado de calibración TE-486-2021.

4 Procedimiento de calibración:

Calibration procedure:

PO-012 Procedimiento de Calibración de Pie de Rey, Edición: 5

5 Condiciones Ambientales:

Environmental conditions:

Temperatura Ambiente promedio : 20,3 °C ± 0,1 °C

Humedad Relativa promedio : 42,5 % ± 0,5 %

8 Resultados de Calibración:

Results of Calibration:

Valor Patrón mm	Indicación del instrumento de medición			Max. Error abs. encontrado mm
	Exterior mm	Interior mm	Profundidad mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	50,00	50,00	50,00	0,00
100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
200,00	200,00	200,00	200,00	0,00
300,00	300,00	300,00	300,00	0,00

La incertidumbre expandida es $U = 20 \mu\text{m}$

7 Notas y aclaraciones:
Notes and clarifications:

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 88276 .

8 Observaciones y comentarios:
Observations and comments

Sin comentarios.

"" FIN DEL DOCUMENTO ""



LABORATORIO DE CONCRETO Y GEOTECNIA

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

SOLUCIONES INTEGRALES EN INGENIERIA

Moquegua, 28 Marzo 2022

SEÑORES : BACH. ELIZABETH YULISA TALA MEJIA
ASUNTO : ENSAYOS DE LABORATORIO PARA SUB RASANTE

C.B.R.
PLACA DE CARGA
COMPRESION DIADORNAL
S.P.T.
DISEÑO DE CONCRETO
PERFORACION
DIAPYNTNA
ESCLEROMETRIA
CONCRETO
D.F.L. DINAMIC CONE
DEFLECTOMETRIA
ABRASION
ANALISIS QUIMICO
DURABILIDAD
SCANNER DE ESTRUCTURAS
ASFALTO

Mediante la presente hacemos llegar la proforma N° 11 de pago, por ensayos de laboratorio Realizados para la Bach. Elizabeth Yulisa Tala Mejia en el estudio denominado **ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE CEMENTO Y ESCORIA DE COBRE EN SUELOS ARENO ARCILLOSOS, MOQUEGUA 2022**, bajo el siguiente concepto:

PROFORMA DE PAGO N°011				
CANT	UNID	DESCRIPCION	P. UNIT SIN IGV (S/.)	SUBTOTAL SIN IGV (S/.)
01	UND.	SERVICIO ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE SUB RASANTE. - Granulometria - Limite Liquido - Limite Plástico - Proctor - Ensayo de CBR COMBINACION DE SUB RASANTE CON ESCORIA + CEMENTO - Limite Liquido - Limite Plástico - Proctor - Ensayo de CBR	650.00	650.00
TOTAL				650.00

Por medio de la presente queda constancia del pago de los servicios de ensayos elaborados por el laboratorio de concreto y geotecnia del Ing. Federico Pascual Paucar Tito.

Federico Paucar Tito
Ruc 20447454379
fpaucartito@gmail.com

Atentamente,

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
Federico Pascual Paucar Tito
M.O.U.A. - ING. CIVIL

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL RUC 20447454379 J. MIGUEL BRAU Nº27 - I MOQUEGUA - AV INDUSTRIAL Nº702 PAUCARPATA
AREQUIPA - OF CALLE ILO 743 MOQUEGUA TEL 953692385 email fpaucartito@gmail.com