



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación de escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Solar Vilcapuma, Aracely del Pilar (orcid.org/0000-0003-1154-1227)

ASESOR:

Mg. Benites Zuñiga, Jose Luis (orcid.org/0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2018

Dedicatoria

A mi familia por el apoyo incondicional, ya que no solo fue mi principal motivación para el desarrollo de mi vida profesional, sino por haberme dado el amor y calidez de lo que es una familia. A mis padres por el apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

Agradecimiento

Durante el proceso de realización de esta investigación, he tenido el privilegio de tener el apoyo de numerosas personas que, directa o indirectamente, han participado en él, la cual reciban mi mayor agradecimiento y gratitud.

Agradecer a mis padres y a mi hermana que fue la principal fuente de mis logros, la confianza depositada hacia mi persona.

Índice

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. Introducción.....	1
1.1. Realidad del problema	2
1.2. Trabajos previos.....	4
1.2.1. Antecedentes nacionales	4
1.2.2. Antecedentes internacionales.....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	8
1.3.1. Escoria de acero y terrazyme	8
1.3.1.1. Escoria de acero	8
1.3.1.2. Terrazyme	12
1.3.2. Subrasante.....	16
1.3.2.1. Clasificación según sus propiedades fundamentales a considerar son:.....	16
1.3.2.2. Características de suelos	23
1.3.2.3. CBR	26
1.4. Formulación del Problema.....	28
1.4.1. Problema general	28
1.4.2. Problemas específicos	28
1.5. Justificación del estudio.....	28
1.6. Hipótesis	29
1.6.1. Hipótesis general.....	29
1.6.2. Hipótesis específicas.....	29
1.7. Objetivos.....	30
1.7.1. Objetivo general.....	30
1.7.2. Objetivos específicos	30
II. Método.....	31
2.1. Diseño, tipo y nivel de Investigación.....	32
2.1.1. Tipo de investigación.....	32
2.1.2. Nivel de investigación	32

2.2.	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	32
2.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	34
2.3.2.	MUESTRA	34
2.3.3.	MUESTREO	34
2.3.3.1.	TIPO.....	35
2.3.3.2.	SUBTIPO.....	35
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	35
2.4.2.	INSTRUMENTO	35
2.4.3.	VALIDACIÓN.....	35
2.4.4.	CONFIABILIDAD	36
2.5.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	36
III.	RESULTADOS.....	37
3.1.	UBICACIÓN DE LA ZONA.....	38
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	38
3.3.	RECOPILACIÓN DE DATOS	39
3.3.1.	TRABAJOS DE CAMPO	39
3.3.1.1.	EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE LAS CALICATAS	40
3.3.1.2.	MUESTREO DE ESCORIA	41
3.4.	ENSAYOS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.5.	DETERMINAR LA RELACIÓN DE LA ESCORIA DE ACERO Y TERRAZyme PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	43
3.5.1.	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	43
3.5.2.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS Y AASHTO.....	45
3.5.3.	LÍMITES DE CONSISTENCIA.....	47
3.5.4.	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (MTC E-108)	47
3.5.5.	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.....	48
3.6.	DETERMINAR COMO LA ESCORIA DE ACERO Y TERRAZyme INFLUYE EN LA RESISTENCIA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	51
3.6.1.	RESISTENCIA EN ESCORIA DE ACERO.....	51
3.6.2.	RESISTENCIA EN TERRAZyme.....	53
3.6.3.	RESISTENCIA EN LA SUBRASANTE.....	54
3.7.	DETERMINAR COMO LA ESCORIA DE ACERO Y TERRAZyme INFLUYE EN LA EXPANSIÓN DE 2'' EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	55

3.7.1.	Expansión en escoria de acero	55
3.7.2.	Expiación en terrazyme.....	57
3.7.3.	Expansión en la subrasante	58
3.8.	Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la subrasante	59
3.8.1.	CBR (California Bearing Ratio)	59
3.9.	Resumen de resultados	65
IV.	Discusión	68
V.	Conclusiones.....	70
VI.	Recomendaciones	72
	Referencias	74
	Anexos.....	89

Índice de tablas

Tabla 1 Composición base de las escorias negras y escorias blancas.....	10
Tabla 2 Clasificación de suelos según tamaño de partículas	17
Tabla 3 Símbolos de grupos (SUCS).....	20
Tabla 4 Tipología de suelos (SUCS)	20
Tabla 5 Correlación de tipo de suelos SUCS.....	21
Tabla 6 Categorías de subrasante	28
Tabla 7 Operacionalización de variables.....	33
Tabla 8 Ensayos para estudio	42
Tabla 9 Resultado granulométrico de la Subrasante.....	43
Tabla 10 Prefijos.....	45
Tabla 11. Resumen de análisis granulométrico	45
Tabla 12 Humedad.....	48
Tabla 13 Densidad seca	48
Tabla 14 Ensayos para estudio de la subrasante.....	49
Tabla 15 CBR con escoria de acero.....	50
Tabla 16 CBR con Terrazyme	50
Tabla 17 Resistencia de escoria de acero con 5%	51
Tabla 18 Resistencia de escoria de acero con 10%	52
Tabla 19 Resistencia de escoria de acero con 15%	52
Tabla 20 Resistencia con terrazyme con 1 gramo	53
Tabla 21 Resistencia con terrazyme con 2gramos.....	53
Tabla 22 Resistencia con terrazyme con 3gramos.....	53
Tabla 23 Resistencia de la subrasante para 0.1" de penetración	54
Tabla 24 Expansión con escoria de acero con 5% al 95%.....	55
Tabla 25 Expansión con escoria de acero con 10% al 95%	56
Tabla 26 Expansión con escoria de acero con 15% al 95%	56
Tabla 27 Expansión con terrazyme con 1gramo al 95%	57
Tabla 28 Expansión con terrazyme con 2gramos al 95%.....	57
Tabla 29 Expansión con terrazyme con 3 gramos al 95%	57

Tabla 30 Expansión de la subrasante al 95%	58
Tabla 31 CBR	60
Tabla 32 Resumen de las propiedades y combinado con terrazyme	65
Tabla 33 Resumen de las propiedades y combinado con escoria de acero.....	65
Tabla 34 Resumen de las propiedades y combinado con terrazyme y escoria de acero.....	65
Tabla 35 Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero y terrazyme	66

Índice de figuras

Figura 1. Pasos del acerista para la utilización de las escorias negras y blancas.....	11
Figura 2. Sección transversal del pavimento	16
Figura 3. Curva granulométrica de los suelos.....	18
Figura 4. Tránsito vehicular en la carretera Imperial – San Vicente (Cañete)	25
Figura 5. Tránsito en Lima – Perú.....	26
Figura 6. Mapa de ubicación	39
Figura 7. Excavación para muestra a 1.50 metros	40
Figura 8. Excavación para muestra.....	41
Figura 9. Excavación	41
Figura 10. Curva granulométrica	44
Figura 11. Clasificación de suelos métodos AASHTO	46
Figura 12. Relación humedad – Densidad seca	49
Figura 13. CBR 0.1" AL 95% de la M.D.S	51
Figura 14. Resistencia con escoria de acero para 0.1" de penetración	52
Figura 15. Resistencia con terrazyme para 0.1" de penetración	54
Figura 16. Resistencia de la subrasante para 0.1" de penetración.....	55
Figura 17. Muestra al 95% con 72 hr escoria de acero.....	57
Figura 18. Muestra al 95% con 72 hr - terrazyme	58
Figura 19. Expansión de la subrasante al 95%	59
Figura 20. Curva densidad seca vs CBR terreno natural	60
Figura 21. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más terrazyme (1g)	61
Figura 22. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más terrazyme (2g)	61
Figura 23. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más terrazyme (3g)	62
Figura 24. Índice CBR vs Dosificación de terrazyme al 95% (1'').....	62
Figura 25. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 5%	63
Figura 26. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 10%	63
Figura 27. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 15%	64
Figura 28. Índice CBR vs Porcentaje de escoria de acero al 95% (1'').....	64
Figura 29. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero y terrazyme	66
Figura 30. Índice CBR de terreno natural más escoria de acero y terrazyme	67

Resumen

El presente trabajo de investigación, Aplicación de escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018. Cuyo objetivo fue la relación de la Escoria de acero terrazyme en la subrasante.

Montejo Fonseca (2002) Al respecto del Comportamiento de la subrasante, propone la evaluación de deformaciones, diseño y resistencia de tal manera IHOBE Gobierno Vasco (1999) define los suelos con adición de escoria de altos hornos, Señala la necesidad de control de cantidad incrementada de escoria de altos hornos, características físicas del suelo, características mecánicas de los suelos. La metodología científica de la investigación fue de tipo aplicada, nivel correlacional, y diseño Cuasi Experimental – con post test y grupos intactos. La población corresponde a la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete y La muestra estuvo conformada por 0.136 km de longitud de la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete. El instrumento utilizado fue la Ficha Técnica.

Se llegó a la conclusión que para cada porcentaje propuesto de escoria de 5%, 10% y 15%, 1g, 2g y 3g de terrazyme en la subrasante, se comprueba el aumento de la Máxima Densidad y disminuye el Óptimo Contenido de Humedad del Proctor Modificado. De tal forma se concluye que hay un incremento del índice CBR de 17.2% en 1” al 95% de la máxima densidad seca, así mismo se comprobó la disminución del porcentaje de expansión a 0.02% al adicionar 10% de escoria de arco eléctrico.

Palabras clave: Escoria de fundición, índice CBR, límite de consistencia, subrasante, suelos cohesivos.

Abstract

The present research work, Application of steel slag and terrazyme for the improvement of the subgrade in the Circunvalación Sur Avenue in San Vicente de Cañete, 2018. Whose objective was the relationship of the terrazyme steel slag in the subgrade.

Montejo Fonseca (2002) Regarding the subgrade behavior, proposes the evaluation of deformations, design and resistance in such a way. IHOBE Basque Government (1999) defines the soils with the addition of blast furnace slag, indicates the need for increased quantity control of blast furnace slag, physical characteristics of the soil, mechanical characteristics of the soils. The scientific research methodology was applied type, correlational level, and Quasi Experimental design - with posttest and intact groups. The population corresponds to the Circunvalación Sur Avenue in San Vicente de Cañete and the sample consisted of 0.136 km in length of the Circunvalación Sur Avenue in San Vicente de Cañete. The instrument used was the Technical Data Sheet.

It was concluded that for each proposed slag percentage of 5%, 10% and 15%, 1g, 2g, 3g of terrazyme in the Subgrade, the Maximum Density increase is checked, and the Proctor's Optimum Moisture Content decreases Modified. Thus, it is concluded that there is an increase in the CBR index from 17.2% in 1st to 95% of the maximum dry density, as well as the decrease in the percentage of expansion to 0.02% when adding 10% electric arc slag.

Keywords: Cohesive soils, foundry slag, subgrade, CBR Index, Limit consistency.

I. Introducción

1.1. Realidad del problema

Según De Solminihaç y otros (2010) en conocimiento de mejorar la capacidad de soporte del suelo mediante el uso de estabilización, tiene una antigüedad de aproximadamente 5000 años atrás, desde que los suelos se estabilizaron con ciertos materiales o aditivos. A pesar de ellos el certero apogeo de esta práctica y el progreso que solo comenzó a ser un hecho con gran significado partiendo de la segunda guerra mundial, al principio de las necesidades de poder construir los aeropuertos y carreteras en lugares que tienen escasez de agregado de alta calidad. En Chile, la estabilización en el suelo para las construcciones de carreteras tuvo una delimitación en el progreso, comprometiendo fundamentalmente al exceso de agregados convencionales en gran cantidad de su zona, por la tanto la presencia de zonas con escasez o con mayor costo de procedencia y/o transporte, principalmente en zonas de progreso, con validez de necesidad de difusión de prácticas de estabilización que se aplican en ciertas zonas.

En el Perú, la empresa que promueve la utilización de escoria es Aceros Arequipa, quien cree firmemente en el progreso industrial, se encuentra comprometido con la sociedad. La escoria es un producto, que se consigue a producto del procedimiento de elaboración de acero. Es un material pasivo cuya característica es apropiada para la construcción de carreteras o vías, el material cumple con cada especificación técnica general para la construcción de las vías públicas dentro de la zona urbana. El empleo de escoria presenta potenciales ventajas positivas como la disminución en la utilización de los recursos naturales, minimizando de tal manera la explotación de canteras. Valga la redundancia la escoria es un material obtenido producto de fabricar acero, cuya característica resulta beneficiosa para construir carreteras y vías. Hoy en día Perú, se sumó a Estados Unidos y a otros países de Latinoamérica y Europa en utilizar la escoria para construir vías, esto al haber sido incluido por el MTC en la lista de materiales apropiados para dicho fin.

Según Ortega (2011) alrededor del siglo XIV, en Flandes (región de Europa Occidental), se desarrolla el proceso de elaboración del hierro utilizando un horno alto. El sistema de producción, con la correcta modificación por el desarrollo de los progresos técnicos, se ha observado con un gran empuje y aprovechamiento de producción, utilizándolos como

estabilizadores de suelos y tener un buen rendimiento para la construcción de carreteras aprovechando los subproductos de la difusión de aceros.

Según Morales Cárdenas, y otros (2009 p. 2) refieren que toda carretera durante un largo periodo hasta la actualidad es un medio importante, ya que es el medio de desplazamiento de los individuos. Cada carretera ha resuelto que exista una comunicación fluida entre comunidades y pueblos con la integración de grandes ciudades; y, la globalización en si misma existente sobre cada país en el mundo, resultando sin duda un eje central para el progreso de cada nación. Principalmente las áreas de transportes han sido afectadas de manera directa en la construcción de cada pavimento, por ende, redirige al desarrollo y empleo de un nuevo material para el desarrollo de nuevos productos alargando su duración y haciéndolos más duraderos sobre las carreteras.

En la actualidad el mantenimiento que recibe el pavimento flexible por cada Gobierno Regional, no es el más correcto, técnicamente; aduciendo los recortes de los gastos públicos, esto desde un punto de vista económico como técnico consiguiendo de manera tranquila ayudar al problema de utilización sobre los materiales y aditivos, como en este caso, escoria de acero y terrazyme. El tema de la emulsión asfáltica cobro un gran interés en toda institución de estudio, tal como la Asociación Nacional de Pavimento Asfáltico, en los últimos tiempos. Esto a raíz de la ventaja que se presenta para resolver cada problema, puesto que permiten el empleo de un asfaltado “modificado o no” sobre los substratos pétreos a grado del ambiente, con los materiales a estabilizar, que serán empleados para soportar pavimentos flexibles.

Para dar soluciones se emplean una serie de alternativas de estabilización para la mejora de cada característica mecánica de materiales, obviando los altos costos de obra por el grande espesor de pavimentos que se proyectan. La vida útil de todo pavimento, es menor que en promedio sobre la mayoría, ya que se genera asentamientos o hundimientos que deterioran de manera rápida la vía de carreteras. La zona de selva es clasificada dado que no existe una cantera de material granular apto para que pueda utilizarse en la diversidad de capas de la estructura de los pavimentos (Pérez Callantes, 2012 p. 13).

1.2. Trabajos previos

Para completar este estudio se revisó otros antecedentes que se relacionen con la investigación. Se consideraron los siguientes elementos para su inclusión:

1.2.1. Antecedentes nacionales

Ortega Porta (2017). *En la tesis de Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas terrazyme en el distrito de Amarilis – 2016.* Universidad de Huánuco. Tesis para optar Título profesional de Ingeniero Civil. **Tiene como objetivo** que se mejore la reducción de costo y operación en la estabilidad de carreteras que no se encuentra pavimentadas en el lugar distrital de Amarilis, por medio del empleo de estabilizante de suelos como enzimas terrazyme. A raíz de la inestabilidad de los suelos siendo el problema más común que se encuentra en carreteras sin pavimentos. Utilizando un método de investigación experimental, el universo de estudio, es el suelo que es de función con matriz arcillosa y limosa de 500m, La técnica que se utilizó fue la señalada en la GUIA PARA MUESTRAS DE SUELOS Y ROCA MTC101 – 200.

Realizando la evaluación de la información de campo para posteriormente dar con la confianza de referido estudio, la cual se empleó el programa Excel y el S10. La **población** tomada como universo fue el suelo arcilloso con matriz limosa que se ubica en Jr. Calle 9 en Amarilis, Huánuco – Huánuco, con la longitud de 500m. Como **muestra** se realizó una calicata de campo, una por cada medio kilómetro, con una profundidad mínima de 1.00m debajo de la subrasante, en lo que se obtuvo muestras de suelos para el respectivo ensayo en el laboratorio. Teniendo como **conclusión** que, respecto a la mejora de la estabilización, se evidenció que al aplicar el aditivo terrazyme se observa un gran incremento sobre la capacidad de densidad y soporte del suelo con el tiempo, disminuye la permeabilidad e incrementando el límite de solidez sobre la partícula cohesiva, creando una base más densa, cohesiva y estable. Se pudo comprobar un incremento en la capacidad de densidad seca esto en relación a la proporción del uso de aditivos enzimático (0.027 ml. 0.054 ml), por lo que se verifica la H_1 , se planteó por el estudio, puesto que se pudo comprobar los aumentos en la CBR, ya que el estabilizante terrazyme reaccionó de manera inmediata, posterior de realizado la compactación, con adición de 0.027 ml de terrazyme incrementándose en 0.054 ml de terrazyme, incrementándose en promedio sobre

46.67%, con relación a los suelos naturales que el empleo de aditivos. La puesta en servicios de la carretera se puede realizar inmediatamente después de ser realizada la compactación para un tráfico liviano, en cuanto uso más pesado, se logran mejores resultados luego de un periodo de curado de 2 a 3 días.

(GARCÍA Gonzáles, 2015). *En la tesis Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015, llevado a cabo en la UPN de Piura.* Maestría realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca. El **fin** de la investigación es que se determine la variación, resistencia de índice de densidad y plasticidad máxima de los suelos limo arcillosos al utilizar cal en porcentajes de 8%, 6%, 4% y 2%. El **tipo** de estudio es experimental. La investigación como **población** tomo al sector 14 de referido lugar. En el estudio se **concluyó** que los incrementos de CBR al incorporar cal al suelo arcilloso mostrando un valor de CBR 0.1”, 5.20%, siendo incorporado en 2% de CBR 5.30%, adjuntando 4% de cal CBR 6.30%, incorporo 6% un CBR 7.20%, incorporo sobre 8% un CBR de 8.05%, con los suelos naturales se observó un CBR de 5.40% incorporándose 2% de CBR 5.70%, incorporando 4% CBR de 6.60%, incorporando 6% de CBR 7.50% y sobre 8% de cal CBR 8.30%. El resultado indico una disminución sobre los índices de plasticidad esto conforme se agrega cal estructura de 8%, 6%, 4% y 2% a los suelos naturales 21 con IP en promedio de 11.26% a 3.64%.

Laurente Ronceros (2012). *En la tesis Estudio comparativo de la mejora de la subrasante y base de la carretera Cañete – Chupaca, tramo: km 220+00 – km 240+000.* UNI. El **objetivo** de estudio es que se proponga una alternativa para la mejora de la subrasante y el empleo de materiales sobre la capa de pavimentos, en tal sentido que brinde una buena condición, para el tránsito vehicular y una buena alternativa considerada, para brindar aporte técnico al MTC, para elaborar una norma de especificación técnica y manual para la mejora del sistema Nacional de carreteras de volumen bajo de tránsitos. Utiliza una **metodología** los estudios de campo, siendo enfatizado sobre la colección de materiales representativo sobre las canteras, verificando ensayos que se llevaron a cabo en laboratorios FIC-UNI y en San José de Quero, Concepción - Junín, tal como, el estudio en la creacion de terrenos, estableciendo una característica física mecánica con el fin de que se defina los perfiles estratigráficos consistente en la colección de materiales representativos de las canteras para la verificación de otros ensayos en los

laboratorios FIC – UNI en el laboratorio de San José de Quero, Concepción - Junín, tal como estudio de suelo de los terrenos, para establecer la característica físico mecánica con el fin de establecer los perfiles estratigráficos, fijando la capacidad de soportes. Elección de la fuente de materiales para la utilización en la construcción de bases a las estructuras de pavimentos. Ensayo en el laboratorio tal como: Análisis Granulométrico por tamizado, límite de consistencia Proctor Modificado o estándar, comprensión simple, CBR, empleando materiales de cantera y con los usos de aditivo estabilizador como el cemento y la emulsión asfáltica. Teniendo como población, la cantera evaluada y seleccionada por su cantidad y calidad, así como por las cortas distancias sobre las obras. Las **muestras** que se realizaron en ensayos de clasificación y una numeración representativa de la totalidad del muestreo se efectuaron sobre el ensayo de compactación, CBR y aquello que permite determinar la propiedad de resistencia y mecánica. El número de calicata mínima es entre 3.0 a 6 metros de profundidad o como alternativa 12 calicatas de 1.5 metros de profundidad por hectárea donde se obtuvo a través de calicatas, trincheras o sondeos. La muestra en representación al material se sometió al ensayo estándar mínimo sobre la 06 probeta por los tipos de ensayos a fin de que se estudie la aptitud y característica para otro diverso uso necesario. Se llegó **Concluir** que los materiales predominantes en la subrasante son finos, según la granulometría que se presentó en la investigación. Para una simulación sobre las cargas externas que afectan según los ensayos de Proctor, que se debe aplicar para un buen comportamiento sobre la carga correspondiente al Proctor Estándar, cuando se emplea con mayores cargas de compactación no permitiendo una simulación de comportamiento real destructiva de suelos que se somete a una carga externa.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Gavilanes Bayas (2015). *En la tesis Estabilización y Mejoramiento de Subrasante mediante Cal y Cemento para un Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Universidad Internacional del Ecuador. Tiene como **objetivo** evaluar y analizar las propiedades mecánicas y físicas de estabilización y modificación de suelos en los sectores de Santos Pamba en el barrio Colina del Sur, utilizando adicionalmente cemento y cal en diversas cantidades para determinar la estabilización de los plásticos de materiales de subrasantes en las vías. Sobre la muestra se empleó 3 contenidos diversos de cal, para los ensayos de comprensión de durabilidad y simple. El contenido de cal para la prueba fue: contenido de cal inicial en promedio con 2%

y 4%. Se debe tener como **conclusión** que, en el espacio de estudio, se tiene materiales subrasantes con suelos de tipo limo arenoso con color café y pómez claro, en lo que sigue la norma internacional de estabilidad de suelo, partiendo del ensayo de laboratorio llevado a cabo cual recomienda realizar estabilizaciones de cementos. También tiene índices de plasticidad para los tipos de suelos estabilizados disminuyendo con relación a los suelos naturales. Con relación sobre los porcentajes sobre la malla N°200, pasando por la malla N° 30, no resultando mayor a 0.65. Llevando a cabo una operación simple se obtuvo: un porcentaje que pasa por la malla N° 40 es de 98% y del pasante por la malla N° 200 es de 62%. Por lo tanto, la división sobre $\frac{62}{98}$ es = a 0.632, el resultado conviene ya que no pásalo que requiere sobre la especificación, en tanto los suelos satisfagan la realización de estabilidad.

Quiran Alfaro (2015). *En la tesis de Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamos de material en el Departamento de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. El objetivo busca dar a conocer nuevas técnicas de estabilidad de suelo y brindar parámetros necesarios para ser empleados, esto a raíz del poco material que se tiene a causa de las explotaciones de pocos bancos que cuentan con el material idóneo para todo proyecto vial. La ruta tal como el tramo Patzicia - Acatenango, que tienen propiedades diferentes que depende al espacio geográfico donde se localiza, donde se detalla los caminos que se ubican en suelos limosos y arcillosos con una vegetación muy fértil, con abundante pluviosidad durante el año y temperaturas muy altas. La circulación de ruta es variada y depende a las composiciones de referida región, donde se localizan los caminos. El uso de estabilización enzimática como alternativa viable para la ruta, como una cal, basado en el estudio realizado con anterioridad se demostró que los materiales se basan en las rutas que se poseen, para trabajar es necesario tener un mínimo de arcilla. Teniendo en cuenta para dicha investigación se removió de manera previa las superficies de rodaduras vehiculares, posteriormente se procedió en la aplicación de aditivos enzimáticos Pema – zyme 11x promediamente sobre un camión de regadío de agua, lo cual es conformado por materiales homogéneos, para su finalización se empleó con las compactaciones requerida. Concluye que para las estabilizaciones enzimáticas de suelo es únicamente factible solo si los suelos tratados tienen como mínimo 20% de los suelos arcillosos, como también la estabilidad enzimática es generosa con el ambiente medio por ser orgánico, la cual evita la erosión del banco de préstamos

de material, aplicando correctamente la estabilización enzimática adecuada, reduciendo todo costo de reparación y mantenimiento, minimizando el empleo de maquinarias, así como la compra y acarreo de materiales del banco de préstamos.

Cedeño Plaza (2013) *En la tesis de Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la Subrasante de la Avenida Quitumbe – Ñan, Cantón Quito*. Universidad Central de Ecuador. El **objetivo** es que se mejore toda propiedad física mecánica de suelos en cada carretera, con suelo de fundación matriz arcillosa o limosa, por medio del empleo de estabilizantes de suelos en base a la enzima orgánica. Según su **metodología**, se realizó un ensayo de laboratorio relacionado a las mecánicas de suelo con material procedente a las zonas de estudios para establecer una propiedad física mecánica, determinando los porcentajes adecuados para una mezcla de suelos con estabilizantes. Tiene como **conclusión**, que el ensayo de laboratorio realizado, se determinó que las clasificaciones de suelos pertenecen a A-4. A ensayar al terreno natural, se obtuvo un CBR con valor de 9.5%, que señala las capacidades de soportes deficientes, la cual la investigación que realizó muestra que la estabilidad del suelo se origina del propio proyecto, es el método de provecho sobre el propio, evitando un acarreo de material de préstamo. También se demostró que la estabilización que se realizó llevó a cabo mejoras relevantes sobre la característica física mecánica inicial del suelo en la parte de la subrasante, incrementando los valores de CBR de 9.5% a 15.8% aplicando las dosificaciones: suelos con enzimas orgánicas 1 litro cada 30 por metro cúbico, suelos con emulsión asfáltica con 8% y suelo con cemento con un porcentaje óptimo de 9%. La subrasante son los suelos de fundación de pavimento, la cual es importante para la mejora de la propiedad mecánica y física, la estabilización es un método apropiado, la cual obtuvieron resultados satisfactorios a menores costos.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Escoria de Acero y Terrazyme

1.3.1.1. Escoria de Acero

La materia prima principal que es utilizada para fabricar aceros en el horno eléctrico son las chatarras de acero o hierro dulce. Como elemento de adición auxiliar se carga además en el horno eléctrico una pequeña cantidad de fundición de ferroaleaciones y minerales de hierro.

(IHOBE Gobierno, 1999 p. 12)

Según Boza, define:

La escoria es un producto elaborado a base de acero que se forma de manera fundamental por hierro, calcio y silicato de magnesio, obtenido por la reacción química que tiene espacio en el proceso productivo del metal. La escoria generada en la producción de aceros por el procedimiento de horno de arco electrónico, en la mayoría son de dos tipos: oxidantes y reductoras o negras y blancas, respectivamente. (2011 p. 32)

Según Boza, define:

[...] La escoria de acero a pesar de ser residuo de la producción de acero, también es utilizada en la agricultura para tratamientos de suelos sulfato-ácidos. Para la construcción tiene disimiles con explanadas, bases, subbases y subrasante de carreteras, en la capa de rodadura de pavimentos y como aditivo al Clinker en las plantas de fabricación de cemento. Por esta razón existen trabajos con nivel internacional que ajusta el tema del uso de las escorias de acería en la construcción. (2011)

Para Boza:

[...] Las escorias originadas en planta siderúrgica, cual tiene una composición química semejante a las que se presentan, según las referencias de varios países. La escoria blanca tiene una composición física y química muy parecida al cemento. Las escorias de acero tienen diversas en el uso en la construcción. Las experiencias demostradas internacionalmente, la escoria blanca puede ser reemplazada por el cemento en diferentes proporciones, depende de su dosificación a utilizar de los resultados que dan los ensayos, tanto como la de estabilidad volumétrica y resistencia. El reemplazo establecerá un ahorro económico importante en la construcción de carreteras. (2011 p. 33)

- **Composición de la escoria**

Se puede observar que la escoria blanca y negra, tienen diferentes composiciones químicas.

Tabla 1

Composición base de las escorias negras y escorias blancas

Escoria negra (%)	Escoria blanca (%)
CaO: 27 – 37	Calcio: 34,5
SiO: 11 – 25	Silicio: 11,7
FeO: 3 – 25	Hierro: 3,2
Fe ₂ O ₃ : 2 – 22	Magnesio: 8,1
MgO: 4 – 11	Aluminio: 2,7
Cr ₂ O ₃ : 0.60 - 4	

Fuente: (IHOBE Gobierno, 1999)

- **Propiedades de la escoria procesada**

Características físicas y mecánicas

• **Escorias negras**

CEDEX (2007 p. 55), El árido procedente de la escoria negra tiene un alto nivel de densidad relativo, sobre los 3.3 y 3.8, encontrándose por encima del árido natural. Esta diferenciación se toma en consideración en la dosificación y al tomar en consideración el coste de los transportes.

Las absorciones de agua de la escoria presente en general un valor superior a 3.5% en volumen y algún caso próximo al 7%. Estas absorciones pueden influir en la durabilidad si los áridos estarán sometidos a ciclo de deshielo y hielo. La partícula resulta dura con coeficiencia desgastante sobre los 20% a 25% inferiores. Dado que el lixiviado de esta escoria puede poseer un pH elevado de 11, por lo que debe causar una corrosión en la tubería de acero y aluminio que entra en contacto directo con ella.

• **Escorias blancas**

La escoria blanca presenta una composición a base de bicálcio, silicato tricálcico, tetracálcico, aluminio ferrito, ferrito dicálcio y aluminato tricálcico.

- **Empleo de la escoria**

Para XAVIER:

[...] Fabricar acero genera un residuo industrial que representa un 15% a 20% de

producción total sobre los aceros, donde la escoria negra es un producto más relevante en la fabricación del acero común. La chatarra de hierro resulta el eje principal de fabricación de acero sobre los hornos eléctricos (2009p. 562)

La escoria es un de la producción de acero en las metalurgias y siderurgias, la cual se emplea en varios puntos como la agricultura para los tratamientos de suelo sulfato-ácido, además se emplea como en la construcción de edificaciones, árido para hormigones cementados y tiene un múltiple uso en la obra vial como en subbases y bases de explanadas, carreteras en cada rodaduras sobre el pavimento, además es usado de manera común como aditivos de Clinker en la planta procesadora de cementos y otros.

Como se puede observar en la siguiente figura, el acerista debe realizar el siguiente paso para que las escorias blancas y negras sean reutilizadas en las construcciones.

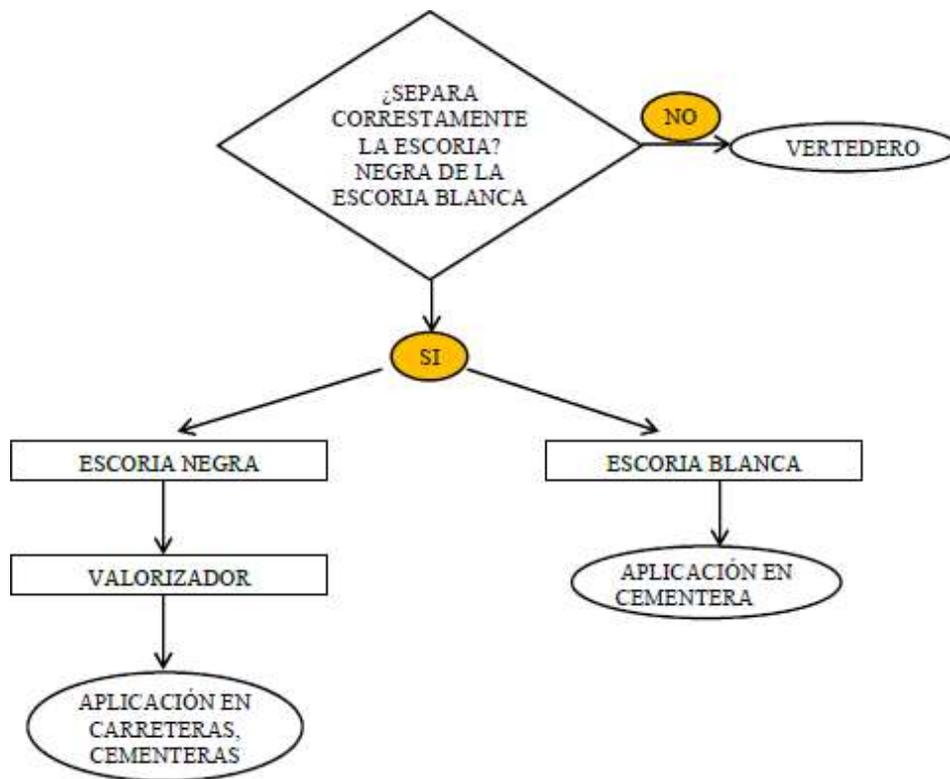


Figura 1. Pasos del acerista para la utilización de las escorias negras y blancas.

Fuente: (IHOBE Gobierno, 1999)

Para REYES Ortiz, y otros:

[...] Los desperdicios de la escoria o siderúrgica de cuchara se forman partiendo de la fusión de impurezas de minerales que se agregan en los procesos de producción de acero, con la finalidad de que se separe todo óxido como la sílice e ilumina que permiten hacer las mezclas necesarias para la producción de uno mismo. La extracción de escoria se aproxima entre los 1400 °C, por ser la temperatura sobre la cual se cola, para la obtención de una escoria granulada, depende mucho de su característica, el endurecimiento por contacto con el agua cuando si su enfriamiento es rápido o lento dependiendo de su proceso de extracción, también se puede obtener escoria granulada cuando su enfriamiento es rápido, la a la misma tiene contacto con el agua dando como característica un endurecimiento [...]. La escoria se separa de manera dura al final del procedimiento, obteniendo desperdicios con característica de endurecimiento de los contactos (2013 p. 26).

1.3.1.2. Terrazyme

Para Stasoil:

[...]Es un aditivo para suelo elaborado mediante extractos de plantas naturales que se basa en la fermentación de enzima biológica y se emplea para mantener y aumentar la estabilidad del suelo. Los productos es una formula potencial liquida de enzima orgánica, que interactúa como catalizador para el aumento de grados de compactación y aglutinamiento de la partícula componente del suelo. Es una formulación natural que no es toxica por las enzimas que alteran la característica física y química de los suelos, permitiendo una mayor compactación e incrementando la estabilidad de los suelos al unir las partículas del suelo más cerca. (2013 p. 4).

La elaboración final contiene productos que mediante el procedimiento metabólico microbial que contiene enzima. La molécula del terrazyme que se comportan con las partículas de los suelos para la mejora del límite de solidez en los tiempos. El curso disminuye la plasticidad y permeabilidad del suelo arcilloso, siendo hidrofóbico elimina el agua y aumenta el límite de solidez sobre cada partícula cohesiva. Los incrementos de límite ayudan en la estabilización de suelos y reduce el deterioro y deformación que genera al producir resultados de determinación a condición húmeda del suelo. El incremento de solidez y densidad posee un relevante impacto

de performance de carreteras. La aplicación de terrazyme logra un óptimo comportamiento en grava arcillosa, la plasticidad necesaria para una óptima cohesión.

“El terrazyme es además un catalizador eficiente, lo que ayuda a fortalecer y acelera la fusión de materiales de base de los caminos, creando bases muy densas, estables y cohesiva, siendo que las resistencias se incrementan con el tiempo”. (2013 p. 4)

A) Características del terrazyme y las áreas de aplicación

Características del terrazyme

Usa equipo normal.

Alto rendimiento y bajo costo

100% natural

Resulta aplicable a un suelo de baja calidad

Manejo seguro

Compatibilidad con el medio

ambiente

Ecológico: biodegradable y no

tóxico

No es inflamable

Áreas de aplicaciones del terrazyme

En las construcciones y rehabilitaciones de carreteras, caminos secundarios, caminos de trocha, área de control de erosión y otro. Tratamiento de subbase antes del asfalto del camino primario, área de estacionamientos y postas de aeropuerto.

Zonas de ambientes ecológicos sensibles, parques, plantaciones, sendero, etc.

Complementos de rellenos en la reparación de caminos.

Estabilidad contra erosiones en la reparación de baches y caminos.

Sellador de fondo de lagunas, rellenos sanitarios y tanques.

B) Ventajas del terrazyme:

Alto rendimiento y bajo costo:

El terrazyme alcanza un bajo costo con caminos de trocha, una vida útil más larga y la mayor

diversidad climática.

Reduce el trabajo de problemas generales y mantenimiento de caminos:

Reduce la penetración del agua en la base de la carretera, que da una mejor estabilidad. En tal sentido, que se reduce todo efecto de ondulación, baches y encalaminado, atribuyendo como resultados de menores costos de mantenimientos y mayor tiempo de vida útil.

Se utiliza material con menor calidad, con lo cual aminora la necesidad de importar material costoso:

El terrazyme, gracias a su tecnología se emplea más materiales del propio suelo, logrando usarse de manera fina cohesiva, no granular, con baja calidad mayor a lo inusual, cuando se encuentra con caminos de 10cm. a 15cm. de profundidad, se necesita material nuevo, cual se usa materiales de menor costos. El terrazyme realiza una excelencia base de caminos resistente y que tienen un alto tiempo de durabilidad.

Requerimiento del equipo semejante a utilizar en la construcción de carreteras:

Tiene facilidad en la aplicación, también se emplea en equipos convencionales de construcción y no requiere un elevado esfuerzo que se necesita para las operaciones comunes de recubrimiento para superficie. La única variación en los pasos es la operación normal de rotura y las nivelaciones incorporando el producto terrazyme, con adecuada cantidad de agua para que se moje toda partícula de los suelos y de esta manera conseguir la humedad óptima de compacto.

Aumento en la resistencia de la compresión:

El terrazyme es un catalizador que refuerza las mezclas de materiales en base de los caminos. Terrazyme genera una base muy densa, estable y cohesiva. La resistencia de comprensiones se incrementa en medida de los tiempos.

Mejoramiento en la capacidad del camino de soporte de carga (% CBR):

Mejoramiento en la totalidad de la estructura en base a los caminos y con el tiempo se incrementa bajo la amplitud para soportar las cargas CBR cuando aumenta la vida útil de las vías.

Reduce los esfuerzos de compactación y hace más fácil el trabajo con el suelo:

El terrazyme aumenta la lubricación de cada partícula del suelo. Hace más fácil de nivelar el suelo, permitiendo que los pasos del compactador sean más cortos para conseguir la densidad deseada.

El aumento de la densidad del suelo:

Cambia la atracción electroquímica a la partícula de los suelos y la acción hidrofóbica, que libera las aguas retenidas. El terrazyme apoya a que se reduzca todo vacío entre cada partícula del suelo, produciendo una fundación de camino con más firmeza, densa, seca y disminución en polvo.

Disminuye la permeabilidad del agua:

Conformación de suelos más cohesivo que se aleja de la migración y escurrimiento de agua que de manera general se produce por medio de un vacío que existe sobre cada partícula. El camino y base de suelo construido con terrazyme dificulta las resistencias de penetración de deterioro y agua.

Climas:

El estabilizador para el suelo reacciona evidentemente a un cambio brusco de temperamento y en espacios lluviosos en acción y alturas de helada.

1.3.2. Subrasante

Para MONTEJO Fonseca:

[...] La gran parte de estas capas depende, del grado de espesor que se tiene por los pavimentos, tanto como rígido o flexible. Como parámetros de cálculos se emplean las capacidades de resistencia o soporte sobre las deformaciones mediante los esfuerzos cortantes bajo la carga de tránsito. (2002 p. 9).

Para MTC:

[...] La subrasante es aquella superficie finalizada de una carretera que está a nivel de los movimientos de tierra como relleno y corte, sobre lo que se sitúan las estructuras de afirmado o pavimento. Es la estructura de pavimentos y forman parte de las carreteras que se construyen sobre los terrenos naturales alisado o explanado y sobre las estructuras de pavimentos (2013 p. 22).

Para MTC:

[...] Los suelos que están por debajo de estos niveles superiores de la subrasante, cuenta con profundidades menores a 0.60m, debiendo ser adecuado y estable con $CBR \geq 6\%$. Si el suelo que está por abajo del grado superior de sub rasante, debe tener un $< 6\%$ (2013 p. 22).



Figura 2. Sección transversal del pavimento
Fuente: Eliezer chirinos c.

Para AASHTO:

[...] La función de subrasante es el soporte preparado, compactado y natural, en lo que se pudo emplear pavimentos. Las funciones subrasantes es brindar un apoyo oportuno uniforme, sin tener la necesidad de realizar un cambio brusco en los valores de soportes, con más importancia es que la subrasante facilita los apoyos estables a que tenga altas capacidades de soporte. Por lo que, se tiene un alto cuidado con las expansiones del suelo. (1993 p. 23).

1.3.2.1. Clasificación según sus propiedades fundamentales a considerar son:

Seguidamente, se enfatiza el ensayo básico que se considera para los suelos de fundación siendo:

- Límite de consistencias de los suelos
- Análisis granulométrico por tamizado
- Clasificación SUCS
- CBR
- Ensayo de compactación con los suelos
- Contenido de humedad
- Clasificación AASHTO

A) Análisis granulométrico por tamizado

Para MTC:

[...] La distribución del tamaño de la partícula en los suelos se representa mediante el análisis granulométrico, expresando cómo % en correlación con el peso de las muestras secas. El tamaño del grano refiere al diámetro de las partículas, lo que no se divide por medio de acciones moderadas de fuerza. La partícula de tamaño mayor se puede movilizar con las manos, mientras que las finas no pueden observarse de manera fácil. (2013 p. 30).

Tabla 2

Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas (mm)
Grava		75 - 4.75
Arena		Arena gruesa: 4.75 - 2.00
		Arena media: 2.00 - 0.425
		Arena fina: 0.425 - 0.075
Material Fino	Limo	0.075 - 0.005
	Arcilla	Menor a 0.005

Fuente: MTC, manual de carreteras

Para MTC:

[...] El tamiz es un elemento principal para que se efectúen ensayos, tratándose de instrumentos compuestos por marcos rígidos al que se hallan sujetos mallas caracterizadas por espacios uniformes entre un hilo llamado luz de malla o abertura, por medio del que se hacen pasar las muestras de suelos de análisis. Se aplica una serie normalizada de tamiz de mallas cuadradas y aberturas decrecientes, por medio del cual se hace pasar determinadas cantidades de suelos secos. Se utiliza una serie normalizada de tamiz de aberturas decrecientes y mallas cuadradas, por medio del cual se hace pasar determinadas cantidades de suelo seco, reteniendo en cada matiz partes de suelo cuya partícula tenga tamaño superior a las aberturas de referido tamiz. Existiendo una diversidad de serie normalizada de tamiz, aunque la más

empleada es la UNE 7050 española y la ASTM D-2487/69 americana. (2016)

Para MONTEJO Fonseca:

[...] Para que se determine las fracciones finas de los suelos arcillosos y limos, no es posible que se efectúe el tamizado, ya que se necesitara el método de sedimento, procediendo a que se pese la cantidad retenida en cada tamiz, construyendo de tal manera una gráfica semilogarítmica representándose en % en peso de las muestras retenidas o lo que pasa para las aberturas de tamiz (2002 p. 6).

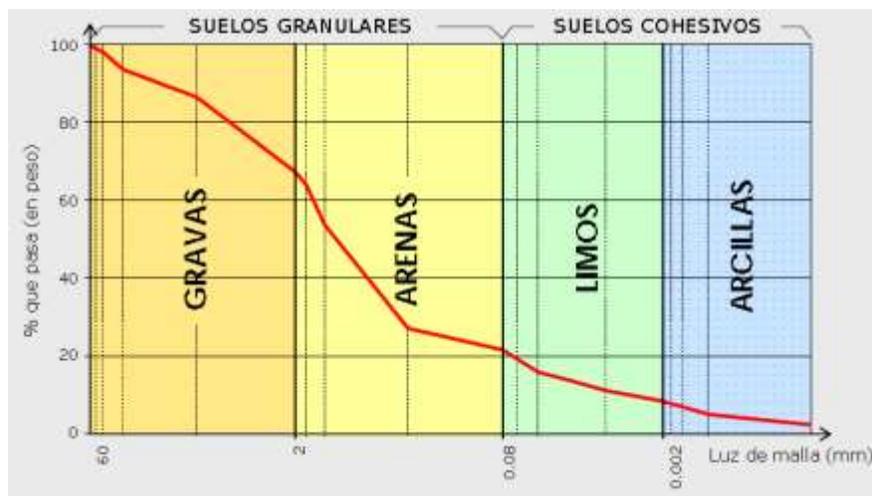


Figura 3. Curva de granulométrica de los suelos
Fuente (Bañón Flazques y otros, 2000)

B) Límite de consistencia del suelo

• Límite líquido

Para MONTEJO Fonseca (2002 p. 63) los líquidos son el más alto contenido de humedad que se pueden tener en los suelos sin que se pasen los estados plásticos de líquidos. Los estados líquidos se definen como aquella condición en la que las resistencias de corte de suelos sean baja más que un esfuerzo que lo pueda hacer fluir.

El límite de Atterberg, del suelo se aproximada a 2kpa y los suelos de estados semilíquidos a estados plásticos moldeables. Para que se identifique los valores de LL, se realizó por medio de ensayos de las cucharas de Casagrande (Malla N°40, ASTM D-4318, MTC E110).

- **Límite plástico**

Para Monteo:

[...] En la cuchara de casagrande, los suelos se golpean de manera consecutiva contra las bases de las maquinas mientras esto gira las manivelas de manera manual, hasta la zanja previa llevada a cambio en medio de las muestras, cerrándose con longitudes de 12. mm ½. Si los cierres de las zanjas son de 25, la humedad de los suelos peso de agua/peso de suelo seco, corresponden al límite de líquidos. Los cálculos de índices de plasticidad son diferencias numéricas sobre el límite de plástico y liquido e indican los grados de contenidos de humedad, en lo que los suelos permanecen sobre el estado plástico antes de que cambio de estado (2002 pág. 63).

- **Contenido de humedad**

Para MTC que se obtenga una humedad de suelo es importante para la construcción civil, puesto que determina la necesidad de agua que necesita los suelos, ya que la resistencia se asocia a la humanidad en especial del material fino. (2016 p. 39)

Al obtener la humedad (ensayo MTC EM 108) y se determina la comparación de humedad optima de la protección modificada para que se lleve a cabo un ensayo CBR de suelos. Los contenidos sobre la humedad de suelos es la correlación entre el peso del agua y peso del suelo seco, esto se determina en un término de $\% w = x 100 N^{\circ} 1$.

Calculo de contenido sobre la humedad 19.

Donde:

w = peso de contenido de agua en el suelo.

ws = peso de los suelos secos. (MTC, 2016).

- **Clasificación SUCS**

En base a los multiples tamaños de cada gramo de la composición del suelo, se obtiene diversos elementos físicos. En tal sentido para describir, clasificar e identifica el suelo en base al tamaño de la partícula, la cual se realiza la clasificación en mérito al Sistema Unificado de Clasificación de Suelo. (ASTM D-2487).

Tabla 3
Símbolos de grupos (SUCS)

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turbo	Pt	Límite líquido alto (<50)	H

Fuente: MTC, manual de carreteras

Tabla 4
Tipología de suelos (SUCS)

SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVA (>50% en tamiz# 4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobrememente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz # 4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobrememente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMO S	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: MTC, Manual de Carreteras

Tabla 5
Correlación de tipo de suelos SUCS

Clasificación de Suelos SUCS
ASTM D - 2487
GW, GP, GM, SW, SP, SM
GM, GP, SM, SP
GM, GC, SM, SC
SP
CL, ML
ML, MH, CH
CL, CH
OH, MH, CH

Fuente: (MTC, 2016)

- **Sistema de clasificación AASHTO**

Según su comportamiento y de acuerdo con el sistema, los suelos se dividen en 8 categorías denominados por símbolos de A – 1 a A – 8. En los sistemas de clasificación del suelo inorgánico, están clasificados en 7 grupos que están del A – 1 al A – 7. A la vez, están divididos en 12 grupos. Las elevaciones de proporción de materiales orgánicos tienen la siguiente clasificación como A – 8.

- **Clasificación de grupos**

Suelos granulares: Aquello que contiene un 35% menos de materiales finos, pasado por tamiz N° 200 formado por grupos de A-3, A-1 y A-2.

Grupo A – 1

Los materiales comprenden de mezclas bien graduadas, combinación del fragmento de piedra, arena, y material de ligante con mínimo de plasticidad. También se incluyen mezclas graduadas que no contienen materiales de ligante.

Subgrupo A-1a:

Material con forma posicionada por grava o piedra con buena graduación.

Subgrupo A-1b:

Contiene aquel material que forma para importante por arena gruesa, graduada sin o con ligante.

Grupo A-2:

Con diversos materiales granulares, conteniendo menos de 35% de materiales finos.

Subgrupos A-2-4 Y A-2-5:

Pertenece a aquel material que contiene materiales finos con menor igual a 35% y cuyas fracciones pasan a tamiz 40 teniendo una misma característica sobre el suelo A-4 y A-5, de manera respectiva. Incluyendo a este grupo aquellos suelos arenosos (arena gruesa) y gravoso, contiene de índices o limo de grupo, en excesos a los indicadores por el grupo A-1. De la misma manera, para el subgrupo A – 3, se incluyó arena fina con un contenido excesivo de limo de no plástico.

Subgrupo A-2-6 Y 1-2-7:

En este subgrupo, el material es similar al anterior por lo que las fracciones que pasan por el tamiz N° 40, tienen una característica similar del suelo A – 6 y A – 7, de manera respectiva.

Grupo A-3:

Están incluida la arena fina, arena de playa y aquellas que contienen baja cantidad de limo sin plasticidad. También se incorpora la arena del río, que contiene arena gruesa y poca grava.

Suelos finos Limo Arcillosos

Comprende mayor a 135% de materiales finos que pasan por el tamiz N° 200, constituyen al grupo A – 7, A – 6, A – 5, A – 4.

Grupo A-4:

Contienen al suelo limoso poco o nada plástico, que tiene un setenta y cinco por ciento (75%) o mayor de materiales finos que pasan por el tamiz N° 200, además se incluyen a estos grupos las mezclas de limo con arena y grava, máximo en 64%.

Grupo A-5:

Comprenden los suelos con semejantes al anterior, con diferencia que contiene con materiales diatomáceo o micáceo, es elástico y tienen límites máximo líquido.

Grupo A-6:

Materiales típicos en este subgrupo es las arcillas plásticas, menor al 75% y deben pasar por el tamiz N°200, también se incluyen la combinación de arcilla arenosa, con % de grava y arena

con menor al 64% y presencia general a un cambio de V. sobre el estado húmedo y seco.

Grupo A-7:

En este grupo, el suelo es similar a A – 6, empero con elasticidad y con límites líquido máximo.

Subgrupo A-7-5:

Son aquel material que cierto índice tiene de plasticidad no es muy elevado con relación a su límite de líquido.

Subgrupo A-7-6:

Los suelos con cuyo índice de plástico máximo con respecto al límite líquido, a parte, experimenta cambios con volúmenes mayormente grandes.

- **Índice de grupo**

Para el MTC:

[...] Suelos con comportamientos similares que se ubican dentro de un mismo espacio, está representado por índices. Para determinados grupos de suelos, la clasificación se cimienta en los límites de líquido, con grado de porcentaje y plasticidad de materiales finos teniendo que pasar por tamiz N° 200. En el suelo granular, el índice de grupo esta generalmente comprendido sobre los 0 y 4; y los limosos sobre los 8 a 12, suelo arcilloso sobre 11 y 20 o más. Esto denominado a los índices de grupos debiéndose colocar sobre los paréntesis como ejemplo A-2-4 queriendo decir que los suelos A-2-4 son índices de grupos sobre 1. (2016 p. 32).

1.3.2.2. Características de suelos

Características de los materiales que forman el relleno y capa de la subrasante.

Material que forman al relleno y capa de subrasante de una aeropista o camino, tiene un rol relevante en el espesor y comportamiento que se necesario en los pavimentos, Para ello es necesario que se determina cada característica en el material como para el relleno y las capas subrasante y eso se obtiene empleando conocimiento de Mecánica de Suelo, puesto que el pavimento cae dentro de la especialidad, no solo refiriendo a los materiales de subrasante y de relleno, sino que se basa también sobre la base y sub base, cuya propiedad mecánica e hidráulica

se define como una problemática de pavimento.

Clima.

Los factores climáticos son el eje fundamental que afectan al pavimento, la precipitación fluvial es uno de ellos, esto por la directa acción o elevación del agua freática. Frecuentemente, en un proyecto de pavimentación se toma en consideración la construcción de estructura que suma al drenaje, separado de los drenajes que generalmente se ubica en una obra vial o el empleo de diseño especial para los pavimentos.

Para el MTC:

[...] Los climas rigurosos, las heladas y el suelo susceptible, suele ser un medio de gran numeración de problemas para los pavimentos, además los cambios y temperaturas rigurosos afectan el diseño, más a todas las losas de concreto, puesto que induce un esfuerzo muy relevante en dichas estructuras. (2016 p. 77)

Transito

Para el MTC:

[...] La carga producida por el tránsito, en relación al diseño de pavimento es conocer la magnitud de dichas cargas, el inflado de llantas produce presiones directamente al pavimento del lugar de contacto, su disposición y uso del vehículo, las repeticiones y frecuencia que acciona las cargas respecto a la velocidad de empleo (2013 p. 62)

Esta característica de carga es difícil e imposible de repetir en laboratorio con fin de estudios científicos. El estudio de pavimento, en la actualidad es casi puramente empírico.



Figura 4. Tránsito vehicular en la carretera Imperial – San Vicente (Cañete)
Fuente: Elaboración propia

Para el MTC:

[...] Para el pavimento flexible, la variante de tránsitos debe disminuir a una idea constante, puede ser maniobrado en fórmulas matemáticas o con criterios de diseño a una manera cómoda o integral. El conjunto de factores que engloban dentro de una idea de carga del tránsito. En este trabajo se mencionará cuatro factores que influye en lo principal y tres efectos secundarios''. (2013 p. 64)

Factores principales:

Cantidad de repeticiones de la carga

Velocidad

Zona de influencia de carga

Carga producida por la rueda

Factores secundarios:

Cantidad de llantas en el arreglo

Zona de contacto de las llantas.

Separación de ejes.

La medida de carga que es aplicada al pavimento flexible entre el limite demasiado amplio y

en el camión al que se puede llegar a nueve toneladas por cada eje que se pueda llegar hasta las trescientas cincuenta y cinco toneladas, que pesa por ejemplo un avión. En el momento que se esperan la aplicación de carga con una grande zona de contactos, por tal, es recomendable el uso de materiales de calidad respectivamente uniformes en los perfiles de pavimentos, en cuanto a la carga que actúa por medio del área de contacto menor, se requiere una calidad de mayor capa superior que la inferior.



Figura 5. Tránsito en Lima – Perú

Fuente: Elaboración propia

1.3.2.3. CBR

Para MINAYA Gonzales y otros:

[...] El método de diseño de pavimento está relacionados con los valores de capacidad de soporte en los suelos o CBR con módulos resilientes de materiales. Los parámetros son utilizados para los diseños de los pavimentos. Se llega a obtener que con el ensayo traxial por medio de un ciclo de descarga y carga; Sin embargo, AASHTO refiere una educación que permita relacional los valores de módulos resilientes con relación al CBR. De aquí la relevancia de que se evalúe apropiadamente al CBR del material. (2006 p. 26)

Para MINAYA Gonzales y otros:

[...] Los ensayos de “California Bearing Ratio” o en siglas CBR, son ensayos relativos, usualmente se usan para que se obtenga índices de resistencia de suelos

subrasantes materiales de base, sub base o afirmado. Para el material de subbase, base y afirmado, así como subrasante granular, el CBR está vinculada a la densidad máxima seca proctor modificada; Sin embargo, subrasante fina (subrasante arenosa, arcillosa o limosa) el valor del CBR debe situarse vinculado a su densidad de campo. (2006 p. 27)

Para el MTC:

[...] Posteriormente de la clasificación del suelo por sistemas AAHTO y SUCS, se realizará perfiles estratégicos para cada tramo o sector, de lo que se llegará a determinar los programas de ensayo para que se establezca el CBR que está referido a 95% MDS y con penetraciones de carga de 2.54 milímetros. Para obtener valores de CBR se diseñó la subrasante, debiendo tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Para el sector con 6 o más valores de CBR llevados a cabo con tipos de suelos representativos o por sección de característica homogénea de suelo, se determinan por valores de CBR de diseño subrasantes considerándose los promedios de la totalidad de valores a analizar por cada sector las características homogéneas.

- El sector con menor valor de CBR realizado con tipos de suelo representativo de característica homogénea de suelo, se determina en valores de CBR de diseño de sub rasante en relación al siguiente criterio:

- ✓ Si el valor es parecido o no similar, tomar el valor más reducido en caso subdividir las secciones con el fin de que se agrupe cada subsector con valor de CBR similar o parecido al valor promedio
- ✓ Si el valor es similar o no, tomar el valor más mínimo, la longitud del subsector no será menor a 100m.

- Al terminar la definición los valores de CBR de diseños, para cada sector de característica homogénea, se clasifica en categorías subrasante perteneciente a subtramo o sectores (2013 p. 35).

Tabla 6
Categorías de subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3 %
S1 : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2 : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3 : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4 : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5 : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: (MTC, 2013)

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿Cómo se relaciona la escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera la escoria de acero y terrazyme influye en la resistencia de 1'' en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?
- ¿De qué manera la escoria de acero y terrazyme influye en la expansión de 2'' en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?
- ¿De qué manera la escoria de acero y terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?

1.5. Justificación del Estudio

Actualmente el estudio sobre la aplicación de escoria de acero y terrazyme para mejorar el subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, por las siguientes razones, se justificó:

Teórico.

El progreso de todo país, se centra primordialmente en la vía de comunicación, mediante ello se puede llevar a cabo la interrelación social, económica, cultural y otros. Entre poblaciones, siendo un costo muy elevado en el mantenimiento, reparación y construcción de reparación de caminos.

Dinero y tiempo son irreparablemente perdidos, el costo incrementa, la seguridad y comodidad se pone en juego por aquella condición precaria en camino. En la actualidad el Perú se encuentra redirigido al desarrollo vial, por medio de la rehabilitación y construcción de carreteras, lo cual incluye el empleo de estabilizadores como productos necesarios para brindarles mayor duración al pavimento, la cual resulta eficaz el uso de diversos productos estabilizando las carreteras.

Social

La vía terrestre es fundamental sobre las estructuras físicas de un lugar, la cual actúa de manera directa en los crecimientos del PIB. Aligerando el mercado, comunicación entre pueblos, un mejoramiento servicios de alta calidad de y de vida de los usuarios. Una buena construcción, planeación y supervisión de viabilidad teniendo como resultados una buena obra de calidad, no siendo siempre una vialidad que obtendrá como resultado una obra con excelente calidad, cada vez que se precisa que no siempre una obra de calidad se relaciona con las economías de referidas obras. En ocasión cada obra se encarece, por lo que no en todo lugar se encuentra un material útil para las construcciones, la gran parte de ocasión es necesaria para que se transporte material de otras zonas ya que no reúnen ningún requisito solicitado por normativas vigentes.

Metodológica

El interés de la realización de este estudio desde el punto, metodológico, es con el fin de proporcionar datos e información que permitan enriquecer el campo de conocimiento asociado a las aplicaciones de terrazyme y escoria de acero para el mejoramiento de la subrasante. (ORTEGA Porta, 2017).

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

- La escoria de acero y terrazyme se relaciona directamente en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- La escoria de acero y terrazyme influye en la resistencia de 1'' en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.
- La escoria de acero y terrazyme influye en la expansión de 2'' en el mejoramiento de la

Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.

- La escoria de acero y terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

- Determinar la relación de la escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la resistencia de 1'' en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.
- Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la expansión de 2'' en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.
- Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.

II. Método

2.1. Diseño, tipo y nivel de Investigación

2.1.1. Diseño de investigación

De acuerdo con Fidias G. Arias (2012) el procedimiento del estudio experimental consistente en someter a un grupo u objeto de personas, a específicas acciones, tratamientos o estímulos, para que de tal forma se observe las reacciones o efectos que se generen. Siendo el estudio de naturaleza experimental.

2.1.2. Tipo de Investigación

Para Baena Paz, menciona que

[...] El estudio aplicado tiene por objetivo el análisis de una problemática destinada a la acción. Este tipo de estudio, centra su atención en cada posibilidad concreta llevando las prácticas a la teoría general, y destina su esfuerzo a resolver cada necesidad que se plantea en los hombres y sociedad. La resolución de problemas es circunscrita inmediatamente, por lo que sus resultados no se aplican a otra situación. (2014, p. 11). En tal sentido, la investigación actual es aplicada.

2.1.3. Nivel de Investigación

Según Tamayo y Tamayo:

[...] Sobre el tipo de estudio se pretende de manera primigenia la determinación del grado en lo que la variación de uno o diversos factores son concomitantes con la variación de otro factor. La fuerza y existencia de covariación generalmente se determina de manera estadística mediante la coeficiencia de correlación. En tal sentido, es necesario tomar en consideración que la covariación no significa que sobre los valores exista una relación de causalidad, pues esta se determina por otro criterio que además sobre la covariación (2008 p.50). En consecuencia, el presente estudio es correlacional.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

Variable Independiente: Escoria de acero y terrazyme

Variable Dependiente: Subrasante

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 7
Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE : ESCORIA DEACERO Y TERRAZYME	Proceso de someter a los suelos a tratamientos de manera que puedan soportar condiciones adversas, rindiendo en todo tiempo el servicio esperado. (GUTIÉRREZ Montes, 2010)	Determinar la cantidad de material que se necesita para una buena estabilización de suelos	DOSIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> • Escoria: 5%, 10% y 15% • Terrazyne: 1g, 2g y 3g
			CARACTERISTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Máxima densidad seca al 100% • Máxima densidad seca al 95%
			CBR	<ul style="list-style-type: none"> • CBR 1' • CBR 2' •

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE: SUBRASANTE	Soporte natural, compactado y preparado en el que se puede sedimentar un pavimento con funciones de dar apoyos razonables dando estabilidad alta, capacidad de soporte (LEIVA Gonzales, 2016).	Determinar la capacidad de soporte que tiene la subrasante, a través de las cargas medidas en los ensayos.	CLASIFICACION DE SUELO	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometría • AASHTO • SUCS
			CARACTERISTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • LIMITE DE CONSISTENCIA • CONTENIDO DEHUMEDAD
			CBR	<ul style="list-style-type: none"> • CBR 1' • CBR 2'

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Según Arias menciona que:

[...] Un punto característico de los conocimientos científicos es la generalidad, de aquí que la ciencia se preocupe por la extensión de su resultado, de tal manera que sea aplicable, no solo a determinados casos; sino que sea aplicable a otros casos de alta similitud. En tal sentido, un estudio puede tener como fin un grupo de numerosos individuos, documentos u objetos. A referido espacio se le denomina población. La población, o en un término más específico conocido como población objetivo, es aquel grupo infinito o finito de elementos que tiene una característica común para lo cual es extensivo la conclusión de estudio. Esto se delimita a la problemática por los objetos de investigación (2012, p. 83).

Los suelos a nivel de la subrasante de la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, que comprende con una longitud de 2.24 km. se encuentra en paralelo con la Avenida Mariscal Benavides.

2.3.2. Muestra

Según Arias menciona que:

[...] Cuando resulta imposible por diversas razones que se abarque el total de cada elemento que se conforma, se recurre a selecciones de una muestra. En tal sentido, esto se comprende como un conjunto finito y representativo que es extraído del total de la población. En tal sentido, una muestra es aquella que, por su característica y tamaño, permite generalizar o hacer inferencias sobre del resultado sobre el resto de la población con una diferencia de error. Para la selección de la muestra se emplea un procedimiento o técnica denominado muestreo. Existe en tal sentido, dos tipos básicos de muestro: Aleatorio o probabilístico o no probabilístico (2012, p. 81).

En la presente investigación consta de 136 metros de longitud.

2.3.3. Muestreo

Para respaldar el presente estudio, la técnica utilizada es el análisis de contenido y observación.

2.3.3.1. Tipo

Según Hernández (2003, p. 326) para una muestra no probabilística, además llamada muestra dirigida, supone un proceso de selección informal. Se emplea en muchos estudios, partiendo de ello se hace una inferencia sobre la población.

Por lo que en la presente investigación es no probabilístico.

2.3.3.2. Subtipo

Según Mohammad:

[...] Sobre el muestreo intencional todo elemento muestral será seleccionado bajo estricto criterio del investigador. Sobre este tipo de muestreo quien lo investiga tiene un conocimiento previo de todo elemento poblacional (2000, p. 189).

Por lo tanto, el subtipo de muestreo en esta investigación será intencional.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

Según Méndez:

[...] La observación directa es el procedimiento por el que se percibe de manera deliberada especiales rasgos existentes por medio de una esquematización conceptual previa y en base a ciertos propósitos definidos de manera general por una conjetura que se busca estudiar (2009, p. 251)

La técnica empleada para el estudio son los análisis de contenido y estudio de observación.

2.4.2. Instrumento

Según De la Puente (2005, p. 189) refiere que los instrumentos de colección es el test por el que se recopilar todos los datos sobre la unidad de observación. El instrumento puede esquematizarse para un estudio específico, con el coste de esfuerzo y tiempo.

En el estudio se empleará la recolección de datos, brindando de tal manera un plan que detalle el proceso de investigación. El instrumento utilizado fue: Ensayos, Registros tecnológicos y guías de observación.

2.4.3. Validación

Conforme a Landeau (2007, p. 81) Refiere que la validez es aquel grado de los instrumentos que proporcionan un dato que refleje el aspecto de interés a investigar.

La confiabilidad de estudio es basada en los datos obtenidos de algunas fuentes deconfianza, de las cuales nos basaremos para completar la investigación además de nuestras propias conclusiones.

2.4.4. Confiabilidad

Según Landeau (2007, p. 81) refiere que a la confiabilidad es aquel nivel en que los instrumentos verifican la consistencia por los productos, al emplearlo de manera repentina sobre el objeto de investigación.

2.5. Método de análisis de datos

Según Hernández Sampieri y otros (2003, p. 574) refiere que para que se examine cada dato, en el proceso mixto el investigador debe confiar en el método estandarizado, cualitativo y cuantitativo, además del análisis combinado.

Posterior a la etapa de recolección de datos y observación se prosiguió a llevar a cabo el ensayo de CBR. Alcanzando un resultado de los ensayos de agregado de otros materiales, obteniendo porcentajes, curvas y resultados lo cual será colocado en una interpretación objetiva en base al resultado obtenido; seguidamente se presentará las conclusiones y recomendaciones.

III. Resultados y Discusión

3.1. Ubicación de la zona

San Vicente de Cañete, es una distrito situada en la costa del Perú, asimismo es la capital de Cañete, en Lima, se encuentra sobre las orillas de Cañete, en promedio por 144 km al sur de Lima. Estimándose que la comunidad se encuentra albergado por 54 775 personas, un aproximado a 2017, Conocido como Capital y Cuna de Arte Negro Nacional o por su lema “Cañete Valle Bendito y Productivo”

3.2. Descripción de la zona de estudio

Para el MPC:

[...] La provincia de Cañete esta ubica al sur de Lima y al norte de Ica, los puntos geográficos sobre los que se ubica es 02” 16’ y 12° y los 36” 04’ y 13° de latitud sobre el sur entre lo meridiano de 00” 56’ y 78° y 04” 23’ y 76°. Es una provincia con mayor productividad en Lima por la fertilidad de los suelos y por la habilidad de su habitante que se ha convertido reconocidamente en lugar acoger, explotado técnicamente mediante la agricultura. Además, cuenta con una estación experimental que se instaló con el trabajo de cada agricultor (2010)

El valle del Río Cañete, con 24052 Has. Cultivadas, se encuentra ubicado en la parte central de la costa del país, al extremo sur de Lima. Fisiográficamente, esta área se conforma por los llanos aluvial de Cañete y por el abanico aluvial del distrito de Quilmaná y Pueblo Nuevo de Conta (roma).



Figura 6. Mapa de ubicación
Fuente: Municipalidad de Cañete

3.3. Recopilación de datos

3.3.1. Trabajos de campo

Para los trabajos de campo se basan en la toma de suelos para la investigación, teniendo presente las normas MTC E 103 – 200 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, en base a las normas ASTM C 702. Para obtener la calicata, se realizó un sondeo de campo, una por medio kilómetro, según recomienda, debe ser un monto representativo de suelo a estudiar. La profundidad de las calicatas será medida como mínimo sobre 1.50 debajo de la subrasante fijada. De este modo, se obtuvo muestra de suelo para la respectiva prueba de laboratorio.

La muestra que se estudia, se ubica en la Avenida Circunvalación Sur entre los paralelos $13^{\circ}04'14.8''$ de latitud sur y los meridianos $76^{\circ}21'34''$ de longitud occidental. Una vez identificado la zona de donde se recogerán las muestras para las pruebas convenientes, será necesario retinar las capas superficiales de los suelos, iniciando por el material orgánico existente.

3.3.1.1. Exploración y muestreo de las calicatas

Se pudo realizar 1 excavación con ayuda de una retro-excavadora y se denominaron como código de calicata C – 01.



Figura 7. Excavación para muestra a 1.50 metros
Fuente: Elaboración propia

Para un análisis respectivo del suelo, se debe llegar a niveles naturales de la subrasante y se tomará la muestra. Se tomará una fotografía en el lugar a la calicata respectiva con sus códigos luego se tomó una muestra del suelo homogénea a partir del 1.50 m de profundidad para la calicata, obteniendo así una muestra representativa sobre el suelo puesto en bolsa de polietileno para posteriormente ser analizado en los laboratorios.



Figura 8. Excavación para muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Excavación
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Muestreo de escoria

Para los muestreos de escoria del horno de arcos eléctrico, se realizaron encuestas en los puntos de almacén de la planta siderúrgica de Arequipa, en Pisco, y la escoria se tomó como muestra en varios puntos de recogida anterior, la cual se obtuvo una muestra representativa.

La escoria se representa como un material con gravas con menor presencia de fino y para obtener una muestra considerable se empleó el cuarteo de método C como estabilidad sobre la MTC E 103 – 2000.

3.4. Ensayos para el desarrollo de la investigación

Con el objetivo de determinar las propiedades de las muestras, se determinó a través del proceso establecido en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM – 200), aprobado por R.D.N° 028-2001-mtc/15.17 del 16-01-2011 que se indicaran en el siguiente cuadro:

Tabla 8

Ensayos para estudio

ENSAYOS	NORMA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107
Contenido de Humedad	MTC E 108
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico	MTC E 111
Clasificación de suelos método SUCS	NTP 339.134
Clasificación de suelos método AASHTO	NTP 339.135
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Proctor Modificado	MTC E 115
Relación de Soporte (CBR)	MTC E 132

Fuente: elaboración propia

Para alcanzar el objetivo de referido estudio se buscó que se realice un ensayo de laboratorio de la muestra del suelo, llegando a determinar cada característica de referido material en los estados naturales y posteriormente con la proporción de porcentaje de 5%, 15% y 20%, y 1g, 2g y 3g, de escoria de acero y terrazyme respectivamente, con el fin de que se mejore alguna propiedad en tal sentido que se pueda utilizar la subrasante mejorada y conocer los comportamientos de materiales para el fin antes mencionado.

3.5. Determinar la relación de la escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante

3.5.1. Ensayo de Análisis Granulométrico

El ensayo tiene como objetivo la determinación de distribución de partícula en el suelo de acuerdo al tamaño, la cual se determina a través del tamizado o paso del material a través de las mallas de distintos diámetros hasta el tamiz N° 200 con diámetros de 0.074mm. Para el ensayo de análisis granulométrico es derivado de la curva granulométrica donde se puede observar: Diámetro de las partículas en milímetros vs. Porcentajes que pasan por dicha malla. Estos ensayos pueden ser utilizados para realizar la presente investigación.

La granulometría por tamizados consiste en que se confeccione las curvas granulométricas de una muestra, lo cual es representativo sobre el tamaño de partículas. Para tal sentido, se hacen pasar muestras ya sean alteradas o inalteradas por mallas o tamices por vía seca con diversas aberturas, desde abertura del tamiz 5" 127 mm hasta tamiz 200" 0.075 mm.

El resultado final de los ensayos granulométricos de los sedimentos se recoge el graficode curva granulométrico para la Avenida Circunvalación Sur. La curva granulométrica, ha dibujado representando los porcentajes de sedimentos que pasan por cada tamiz ordenada de manera respectiva. Este análisis se hace importante debido a la gran variedad de sedimentos que se presentan en los ríos, ya que la distribución de minerales es diferente por cada fracción granulométrica.

Tabla 9
Resultado granulométrico de la Subrasante

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
5"	127.000				100.0
4"	101.600				100.0
3"	76.200				100.0
2 1/2"	63.300				100.0
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0

3/8"	9.500				100.0
N° 4	4.750	2.2	0.4	0.4	99.6
N° 10	2.000	7.6	1.5	1.9	98.1
N° 20	0.840	38.9	7.7	9.6	90.4
N° 40	0.425	128.4	25.6	35.2	64.8
N° 60	0.250	151.6	30.2	65.4	34.6
N° 100	0.150	92.2	18.4	83.8	16.2
N° 200	0.075	26.8	5.3	89.1	10.9

Fuente: Elaboración propia

Observamos en la distribución granulométrica del terreno natural tenga un mayor porcentaje de finos, seguido por el porcentaje de grava y arena. Según el Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, en los suelos la presencia de gravas en suelos proporcionan una alta resistencia de corte, la presencia de partículas aporta una cohesión sobre el suelo, la arena ocupa espacio vacío sobre la grava.

Al terreno natural agregado el aditivo terrazyme, no representa una variación en la clasificación, al ser un aditivo líquido, con el agregado de escoria de acero, mantiene de igual manera al ser un material fino.

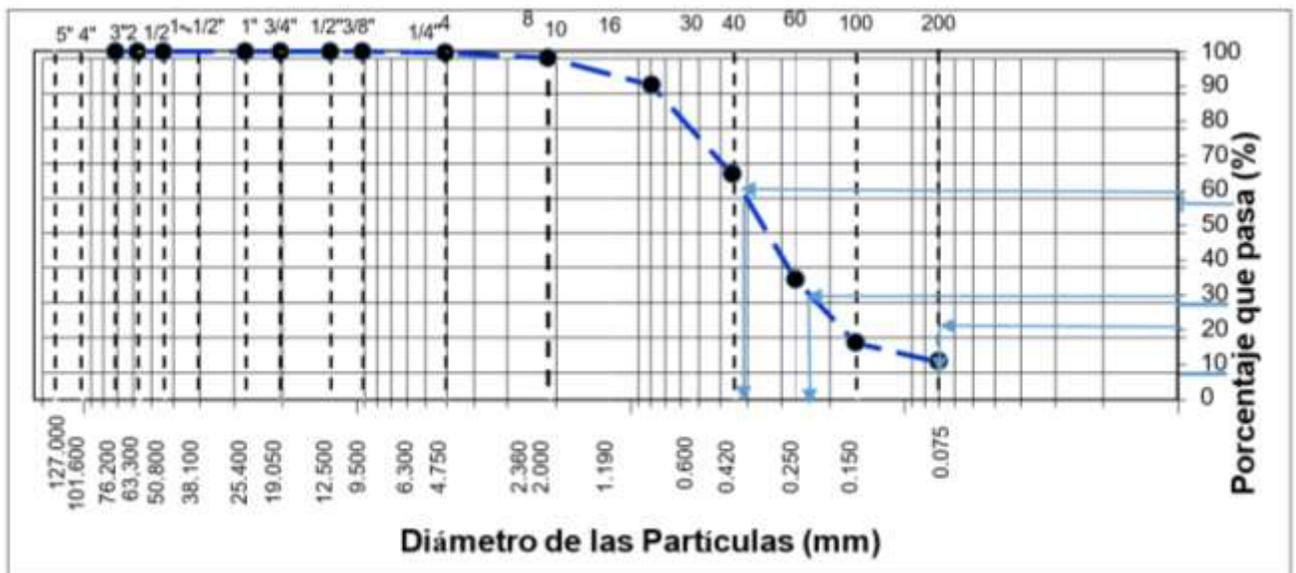


Figura 10. Curva granulométrica.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Clasificación de suelos SUCS Y AASHTO

Para la clasificación en SUCS se considera en la granulometría el porcentaje (%) que pasa por el tamiz de las mallas N°4, N°200 y las características plásticas.

Los porcentajes que pasan por la malla N°200, 40 y 10, del mismo modo que las características índice y plástica del grupo del suelo, se consideran granulometría. Es relevante para las evaluaciones de calidad del suelo, saber el Índice de grupo, que está en función del Limite Líquido, Índice Plástica y el porcentaje que pasa la malla N°200. La norma aplicable para el método de clasificación del suelo con propósitos de ingenierías SUCS es la NTP339.134 (ASTM D2487)

Para determinar el prefijo del suelo que están designados según sus símbolos con relación al análisis granulométrico por tamizado.

Tabla 10

Prefijos

G	GRAVA	EL 50% O MAS RETENIDO EN EL TAMIZ 4''
S	ARENA	SI MÁS DEL 50% PASA POR EL TAMIZ 4''

Fuente: SUCS

Se determina mediante el análisis granulométrico al observar que el porcentaje que pasa por el tamiz N°4'' es de 99.6%, es decir que es más del 50%, por lo tanto se asigna el prefijo S de Arena.

Tabla 11.

Resumen de análisis granulométrico

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	RETENIDO ACUMULADO
N°4	99.6	0.4
N°200	10.9	89.1

Fuente: Elaboración propia

Como se identificó el prefijo Arena (S), ahora se debe identificar que símbolo pertenece según los criterios de clasificación en el laboratorio, según su Índice Plástico es menor que 4 pertenece a arenas limosa, mezcla de limo y arena, en el caso según en la Tabla 4: Tipología de suelos (SUCS), tiene un Índice Plástico de 3, por lo tanto se denomina con el símbolo de SM y por estar arriba de las líneas A en las cartas de plasticidad, es necesario la utilización de símbolos dobles. Para ello se calcula el Coeficiente de Curvatura y el Coeficiente de Uniformidad. Para desarrollar la fórmula,

se deben sacar datos del GRAFICON°: CURVA GRANULOMETRICA

$$C_u = D_{60}/D_{10} \qquad C_c = \frac{D_{20}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_u = 5.6$$

$$C_c = 1.607$$

- Para una clasificación de suelos según AASHTO se muestra en la siguiente tabla.

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite líquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Figura 11. Clasificación de suelos métodos AASHTO
Fuente: Principes of geotechnical engineering braja m. das, 1998

Para saber el grupo de clasificación, se tiene en cuenta los resultados de la Tabla 11. Resumen de análisis granulométrico, cual indica que por el tamiz N°200 el porcentaje que pasa es de 10.9%, pertenece al grupo A-1-b. Para el Índice de grupo del material granular se determina mediante la siguiente fórmula:

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01 (F - 15) (IP - 10)$$

$$IG = -2.0025 = 0$$

Donde:

IP = Índice de plasticidad.

F = % que pasa por el tamiz 200

LL= Limite Liquido

Dado que el resultado del Índice de Grupo es menor a cero, el Índice de Grupo es igual a cero (0). Por lo tanto, obtenemos un suelo con Arena bien graduada con grava y lima, según la clasificación SUCS y con grupo de clasificación A-1-b (0), según la clasificación AASHTO.

3.5.3. Límites de consistencia

3.5.4. Contenido de Humedad Natural (MTC E-108)

Para un suelo el contenido de humedad en relación, es expresada como porcentaje (%), entre el peso de agua con masas que son dadas por los suelos, el peso de partícula sólida. Si el resultado de la humedad es menor o igual a la humedad óptima, el especialista propone una compactación normalizado de los suelos y los soportes de cantidad que conviene con el agua. Si la humedad es superior, se dará según la saturación de suelos, proponiendo una energía compacta, purificar los suelos y sustituir los suelos saturados, según el Manual de Ensayo de Materiales D.S. N° 034-2008-MTC.

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo sedado al horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Dónde:

W : Contenido de Humedad (%)

Mw : Peso del agua en gramos (g)

Ms : Peso de las partículas solidad en gramos (g).

Mc : Peso del contenedor en gramos (g).

Mcws : Peso del contenedor más el suelo húmedo en gramos (g).

Mcs : Peso del contenedor más suelo secado en horno en gramos (g).

Tabla 12
Humedad

HUMEDAD	
Peso de tara	265.83
Peso de suelo húmedo+tara	900
Peso de suelo seco+tara	847

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Ensayo de Proctor Modificado

Se llegó a determinar que la relación existente entre los contenidos de peso y humedad específico, donde la cual se determinó la densidad máxima seca y humedad óptima, igualmente sobre la gravedad específica en merito a los métodos Proctor Modificados.

Tabla 13
Densidad seca

NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	11,180	11,345	11,422	11,478	11,546
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	4,387	4,552	4,629	4,685	4,753
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	2.070	2.148	2.185	2.211	2.243
Numero de recipiente		-	-	-	-	-
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	900.0	686.4	802.6	679.4	701.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	847.0	639.8	735.4	610.1	621.8
Peso de la Tara	gr.	265.8	229.5	230.0	155.9	164.3
Peso del agua	gr.	53.0	46.6	67.2	69.3	79.4
Peso del suelo seco	gr.	581	410	505	454	457.5
Contenido de agua	%	9.1	11.4	13.3	15.3	17.4
Densidad Seca	gr/cc	1.897	1.929	1.928	1.918	1.911

Fuente: elaboración propia

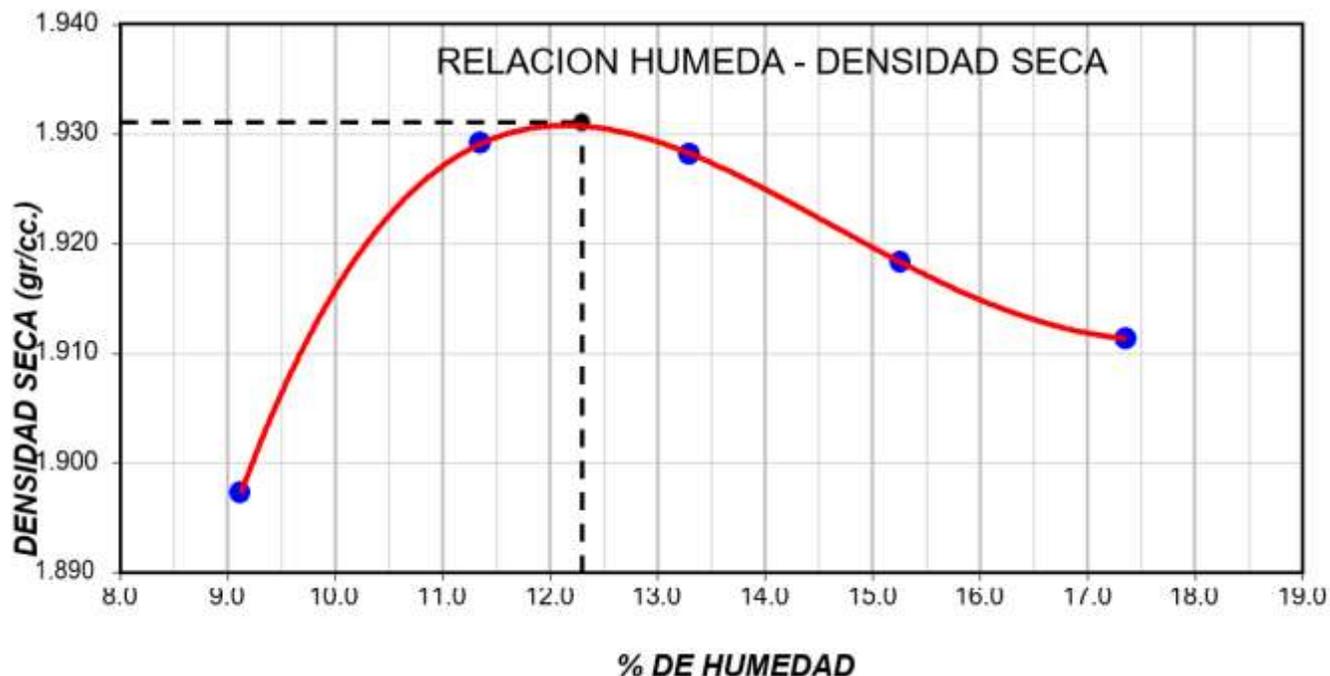


Figura 12. Relación Humedad–densidad seca
Fuente: Elaboración propia

Para el siguiente cuadro se muestran resultados obtenidos del terreno natural.

Tabla 14
Ensayos para estudio de la Subrasante

ENSAYOS		TERRENO NATURAL
Limite liquido (%)		19.0
Limite plástico (%)		16.0
Índice plástico (%)		3.0
Clasificación SUCS		SW – SM
Clasificación AASHTO		A-1-b (0)
Proctor Modificado	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.931
	OCHT (%)	12.30
CBR al 95% a 0.1'' (%)		17.2

Fuente: elaboración propia

La influencia de la escoria de acero a la subrasante, tiene un incremento del valor de CBR respecto a la subrasante, con una dosificación de 15% del peso seco.

Tabla 15

CBR con Escoria de Acero

ENSAYOS	T.N. + 5% de Escoria de acero	T.N. + 10% de Escoria de acero	T.N. + 15% de Escoria de acero
CBR al 95% a 0.1'' (%)	17.8	18.0	18.6

Fuente: elaboración propia

Tabla 16

CBR con Terrazyme

ENSAYOS	T.N. + 1g de Terrazyme	T.N. + 2g de Terrazyme	T.N. + 3g de Terrazyme
CBR al 95% a 0.1'' (%)	18.1	22.0	21.1

Fuente: elaboración propia

Podemos observar en la figura, que el valor de CBR de la Subrasante es de 17.8%, al adicionar escoria de acero el valor de CBR se incrementa en un 18.6%, lo cual su categoría de subrasante es de S3: Subrasante Buena, cuando se adiciona terrazyme su valor de CBR tiene un incremento en un 21.1% lo cual se categoriza en un S4: Subrasante Muy Buena.

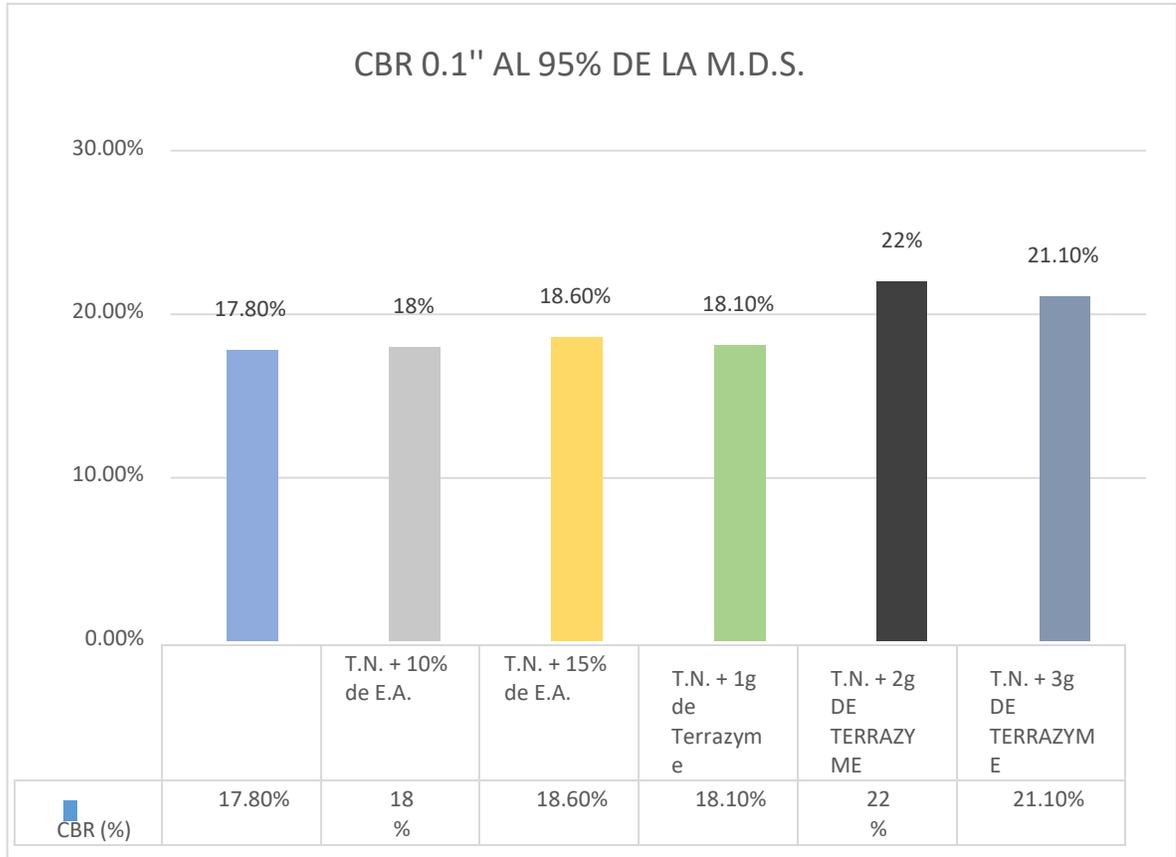


Figura 13. CBR 0.1" AL 95% de la M.D.S

Fuente: elaboración propia

3.6. Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la Resistencia en el mejoramiento de la Subrasante

3.6.1. Resistencia en Escoria de Acero

Tabla 17

Resistencia de Escoria de Acero con 5%

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm2)	Muestra: Escoria de Acero con 5%			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm2	Kg./cm2	CBR %
0.1	70.307	80	4.1	14.7	20.9
0.2	105.460	229	11.6	30.7	29.1

Fuente: elaboración propia

Tabla 18

Resistencia de Escoria de Acero con 10%

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Escoria de Acero con 10%			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	96	4.9	15.2	21.6
0.2	105.460	358	18.2	33.1	31.4

Fuente: elaboración propia

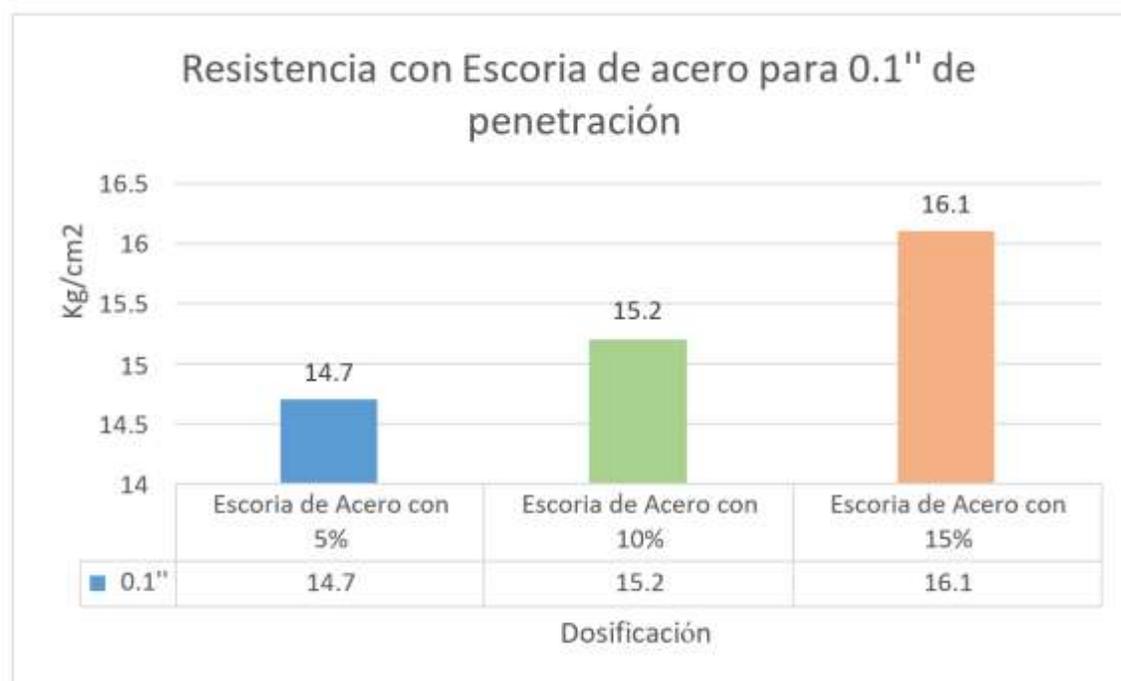
Tabla 19

Resistencia de Escoria de Acero con 15%

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Escoria de Acero con 15%			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	57	2.9	16.1	22.9
0.2	105.460	292	14.8	34.6	32.8

Fuente: elaboración propia

En los cuadros anteriores, se observa la relación entre la resistencia de la escoria de acero en sus diferentes dosificaciones, a que es sometida a diferentes cargas, la cual se ha seleccionado la carga de penetración de 0.1'', cuando se somete a una carga estándar de 70.307 kg/cm² la muestra obtiene un valor de CBR de 22.9% con un carga con corrección de 16.1 kg/cm².

**Figura 14.** Resistencia con Escoria de acero para 0.1" de penetración

Fuente: elaboración propia

Se puede ver en el diagrama, que la muestra de escoria de acero con un 15% de dosificación, arroja un resultado de 16.1 kg/cm², la cual su mayor carga de resistencia a comparación de las distintas dosificaciones.

3.6.2. Resistencia en Terrazyme

Tabla 20

Resistencia con Terrazyme con 1 gramo

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Terrazyme con 1gramo			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	74	3.8	15.9	22.6
0.2	105.460	319	16.2	32.1	30.4

Fuente: elaboración propia

Tabla 21

Resistencia con Terrazyme con 2gramos

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Terrazyme con 2gramos			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	128	6.5	18.4	26.2
0.2	105.460	468	23.7	38.1	36.1

Fuente: elaboración propia

Tabla 22

Resistencia con Terrazyme con 3gramos

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Terrazyme con 3gramos			
		Carga		Corrección	
		kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	168	8.5	18.6	26.5
0.2	105.460	492	25.0	38.4	36.4

Fuente: elaboración propia

En los cuadros anteriores, se observa la relación entre la Resistencia del terrazyme en sus diferentes dosificaciones, a que es sometida a diferentes cargas, la cual se ha seleccionado la carga de penetración de 0.1'', cuando se somete a una carga estándar de 70.307 kg/cm² la muestra obtiene un valor de CBR de 26.5% con un carga con corrección de 18.6 kg/cm².

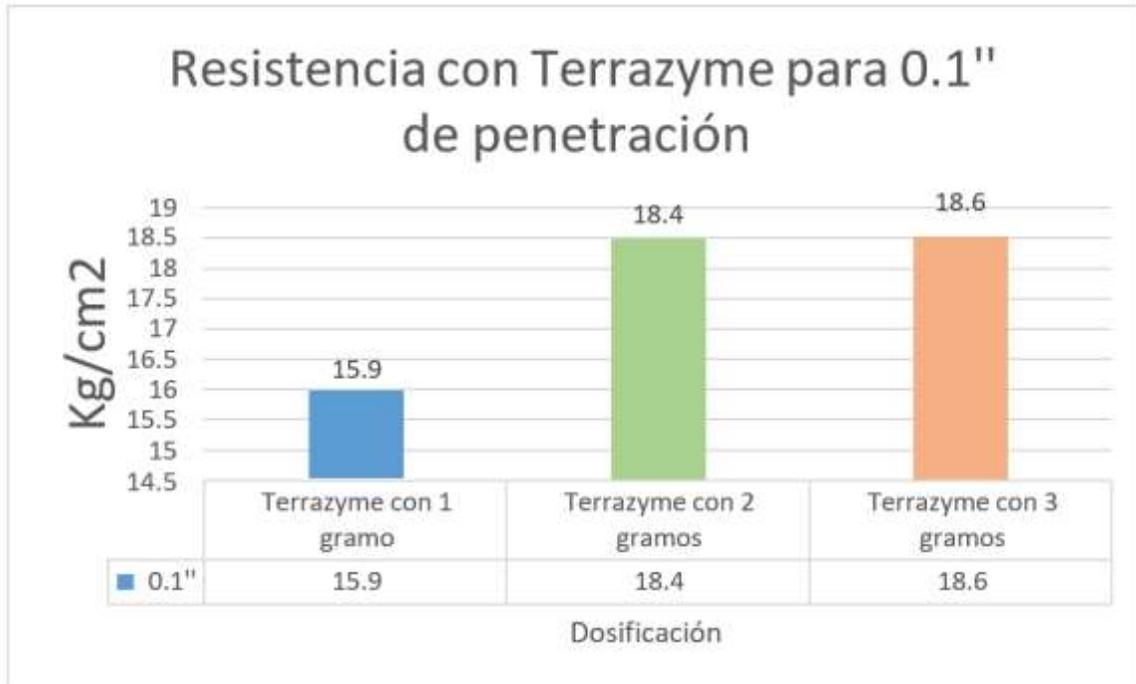


Figura 15. Resistencia con Terrazyme para 0.1" de penetración
Fuente: elaboración propia

Como se observa en la figura, que la muestra del terrazyme con unos 3 gramos de dosificación, arroja un resultado de 168.6kg/cm², siendo si mayor carga de resistencia a comparación de las distintas dosificaciones.

3.6.3. Resistencia en la Subrasante

Tabla 23

Resistencia de la Subrasante para 0.1" de penetración

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm ²)	Muestra: Subrasante			
		Carga		Corrección	
		Kg	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %
0.1	70.307	139	7.1	14.5	20.6
0.2	105.460	407	20.6	28.5	27.0

Fuente: elaboración propia

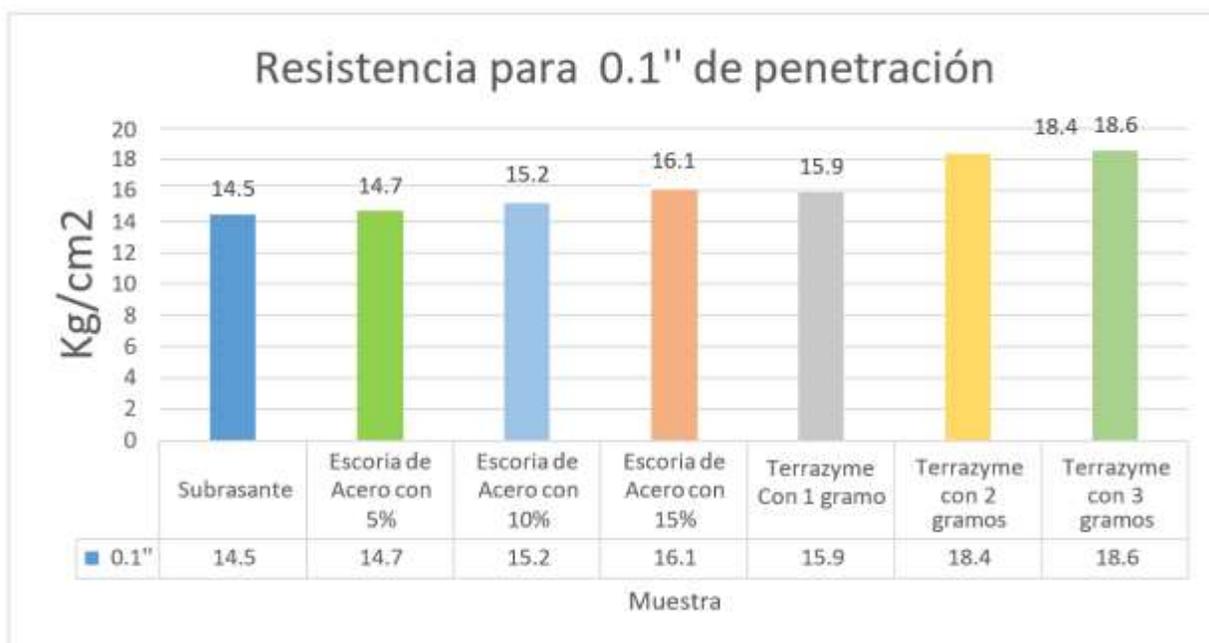


Figura 16. Resistencia de la Subrasante para 0.1" de penetración
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior, se ha realizado una comparación de resistencia, con todas las muestras ensayadas, la cual podemos observar que el aditivo terrazyme con las dosificaciones de 2 gramos y 3 gramos, resulta con cargas aproximadas, siendo estas muestras mayores resistentes.

3.7. Determinar como la escoria de acero y terrazyme influye en la expansión de 2'' en el mejoramiento de la subrasante

3.7.1. Expansión en escoria de acero

Tabla 24

Expansión con Escoria de Acero con 5% al 95%

Muestra: Escoria de Acero con 5%				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	5	0.00	0.00
04-oct	24	15	0.01	0.01
05-oct	48	23	0.02	0.01
06-oct	72	30	0.03	0.02

Fuente: elaboración propia

Tabla 25

Expansión con Escoria de Acero con 10% al 95%

Muestra: Escoria de Acero con 10%				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	12	0.00	0.00
04-oct	24	25	0.01	0.01
05-oct	48	27	0.02	0.01
06-oct	72	30	0.02	0.02

Fuente: elaboración propia

Tabla 26

Expansión con Escoria de Acero con 15% al 95%

Muestra: Escoria de Acero con 15%				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	7	0.00	0.00
04-oct	24	18	0.01	0.01
05-oct	48	26	0.02	0.02
06-oct	72	30	0.02	0.02

Fuente: elaboración propia

En los cuadros anteriores, se observa la relación entre la expansión de la escoria de acero en sus diferentes dosificaciones, donde es sometida a diferentes medidas de expansión, la cual se ha seleccionado para un tiempo de 72 horas, cuando es evaluada la muestra pasando las 72 horas se observa que tiene una expansión de 0.02 mm con 0.02%, siendo un porcentaje igualitario para las 3 muestras con escoria de acero.



Figura 17. Muestra al 95% con 72 hr Escoria de Acero

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que la muestra, las tres muestras con sus diferentes dosificaciones, la cual el porcentaje de expansión no tiene variación para las muestras.

3.7.2. Expiación en Terrazyme

Tabla 27

Expansión con Terrazyme con 1gramo al 95%

Muestra: Terrazyme con 1gramo				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	8	0.00	0.00
04-oct	24	16	0.01	0.01
05-oct	48	20	0.01	0.01
06-oct	72	28	0.02	0.02

Fuente: elaboración propia

Tabla 28

Expansión con Terrazyme con 2gramos al 95%

Muestra: Terrazyme con 2gramos				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	6	0.00	0.00
04-oct	24	12	0.01	0.01
05-oct	48	18	0.01	0.01
06-oct	72	21	0.02	0.01

Fuente: elaboración propia

Tabla 29

Expansión con Terrazyme con 3 gramos al 95%

Muestra: Terrazyme con 3gramos				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	5	0.00	0.00
04-oct	24	10	0.005	0.00
05-oct	48	16	0.0011	0.01
06-oct	72	21	0.0016	0.01

Fuente: elaboración propia

En los cuadros anteriores, se observa la relación entre la expansión de la escoria de acero en sus diferentes dosificaciones, donde es sometida a diferentes medidas de expansión, la cual se ha seleccionado para un tiempo de 72 horas, cuando se evalúa la muestra pasando las 72 horas se

observa que tiene una expansión de 0.0016 mm con 0.01%, siendo un porcentaje igualitario para las 3 muestras con escoria de acero.



Figura 18. Muestra al 95% con 72 hr - Terrazyme
Fuente: elaboración propia

Podemos observar en la figura las muestras con sus diferentes dosificaciones, la cual el porcentaje de expansión es mayor con 0.02% en la muestra de terrazyme con 1 gramo, cuando se aplica esta dosificación a la subrasante tendremos una expansión con igual resultado.

3.7.3. Expansión en la subrasante

Tabla 30

Expansión de la Subrasante al 95%

Muestra: Subrasante				
Fecha	Tiempo	Dial	Expansión	
	Hr		mm	%
03-oct	0	10	0.00	0.00
04-oct	24	19	0.01	0.01
05-oct	48	26	0.02	0.01
06-oct	72	35	0.03	0.02

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que en el cuadro anterior la relación entre la expansión de la subrasante en diferentes tiempo, donde es sometida a diferentes medidas de expansión, la cual se ha seleccionado para un tiempo de 72 horas, cuando se evalúa la muestra pasando las 72 horas se observa que tiene

una expansión de 0.03 mm con 0.02%, con un porcentaje mayor en todas las muestra



Figura 19. Expansión de la Subrasante al 95%
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior, se realizó una comparación de expansiones, con todas las muestras ensayadas, en la cual se observa que la subrasante y la escoria tienen el mismo porcentaje de expansión, mientras, el terrazyme tiene menor porcentaje de expansión.

3.8. Determinar como la Escoria de acero y Terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la Subrasante

3.8.1. CBR (California Bearing Ratio)

En este punto, el CBR se utiliza para la evaluación de la capacidad portante de las capas de base y subrasante, afirmado y subbase.

En la siguiente tabla se observa los valores y porcentaje de la escoria de acero y terrazyme que se utilizaron.

Tabla 31
CBR

Ensayos	Suelo natural	5% de escoria	10% de escoria	15% de escoria
CBR al 95% a 0.1'' (%)	17.2	17.8	18.0	18.6

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentara una tabla donde se observa que para el molde B con 5 capas

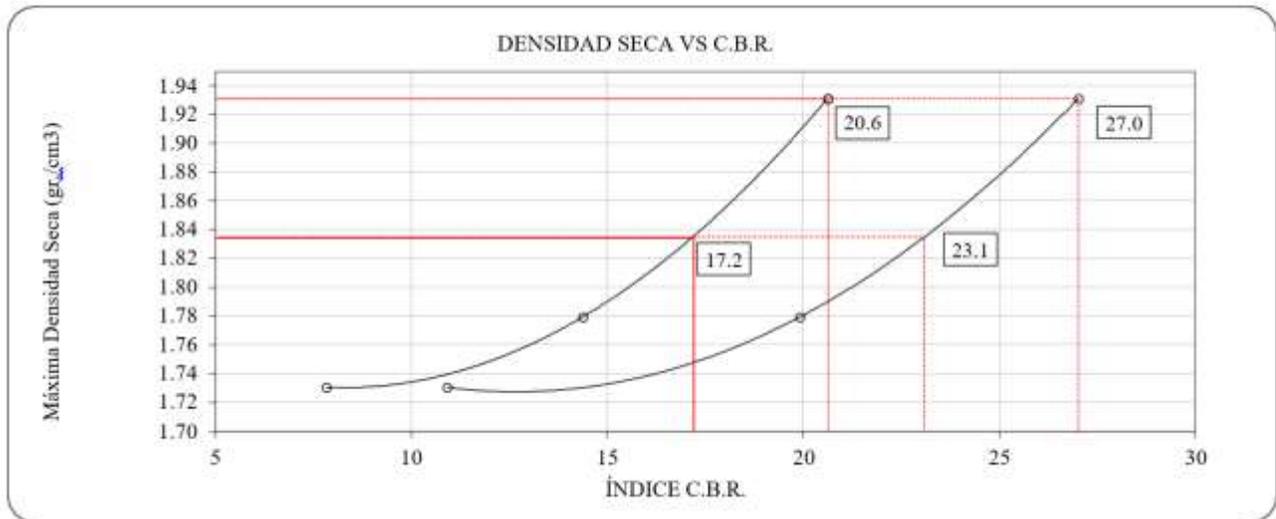


Figura 20. Curva densidad seca vs CBR terreno natural

Fuente: Elaboración propia

- **Terreno natura más Terrazyme**

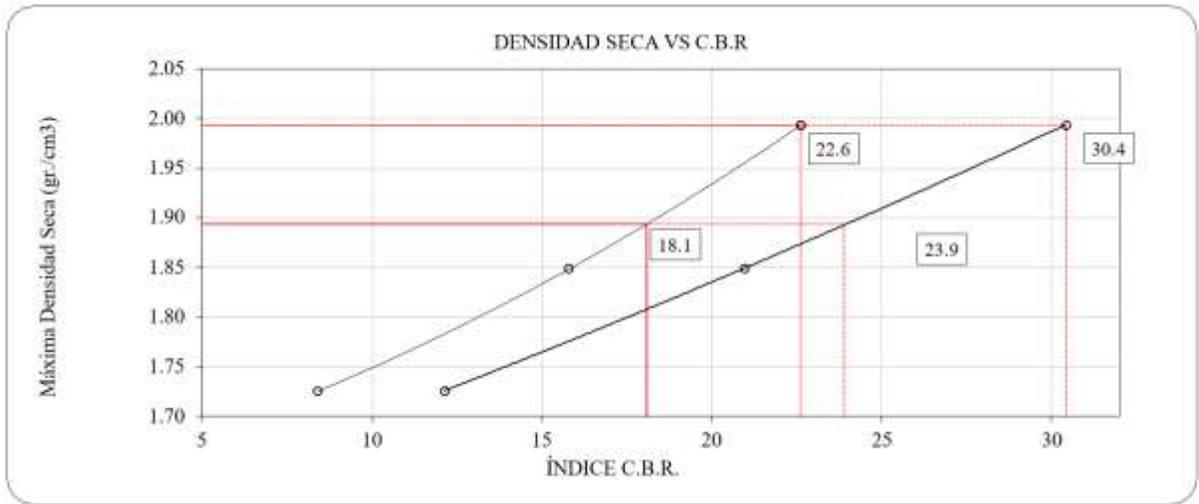


Figura 21. Curva densidad seca VS. CBR terreno natural más Terrazyme (1g)

Fuente: Elaboración propia

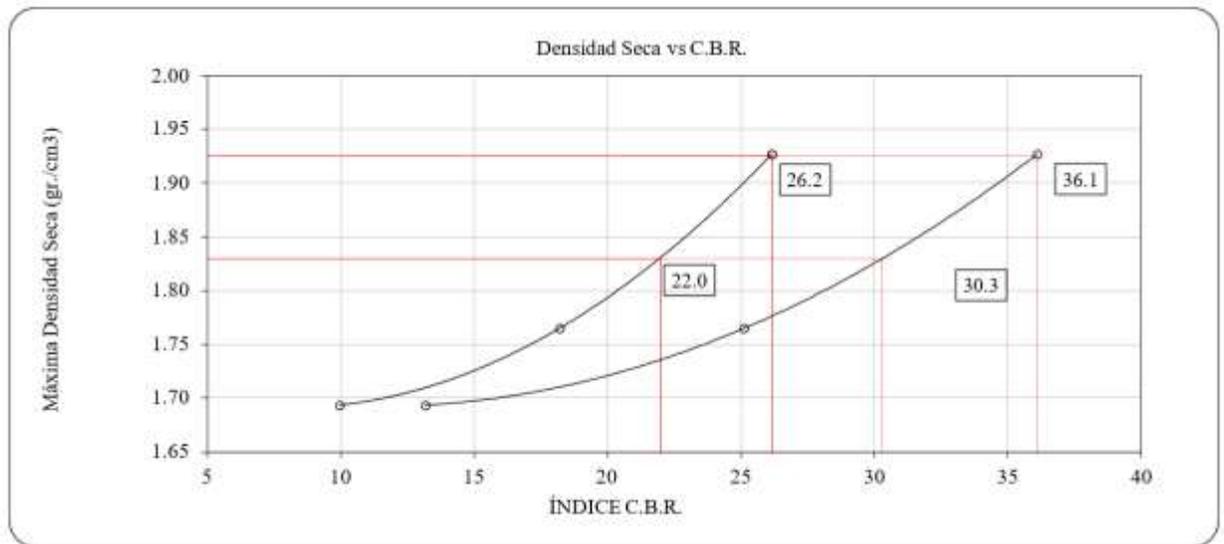


Figura 22. Curva densidad seca VS. CBR terreno natural + Terrazyme (2g)

Fuente: Elaboración propia

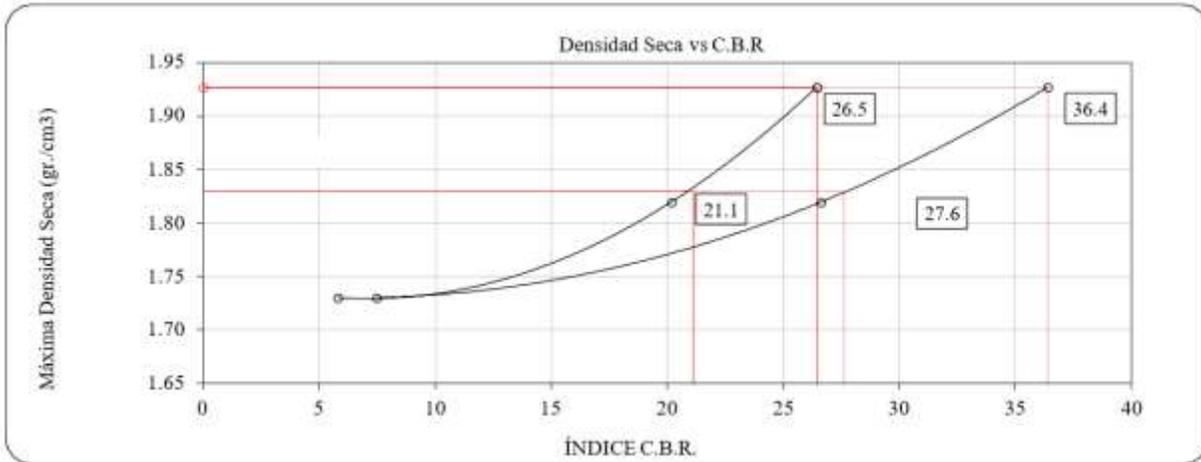


Figura 23. Curva densidad seca vs CBR terreno natural + Terrazyme (3g)
Fuente: Elaboración propia

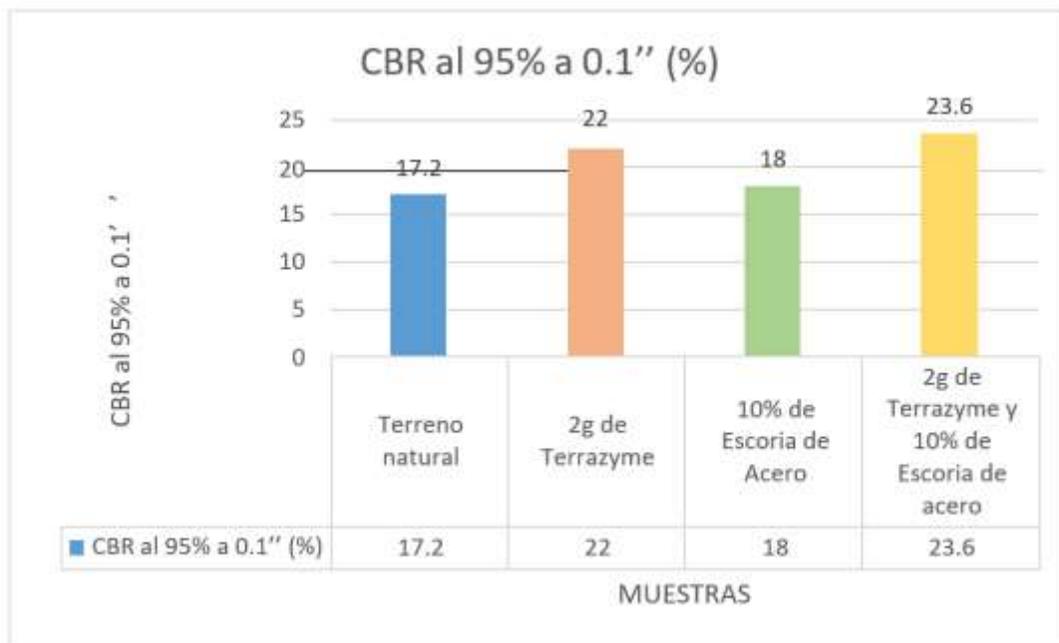


Figura 24. Índice CBR vs Dosificación de Terrazyme al 95% (1'')
Fuente: Elaboración propia

En el grafico podemos observar un aumento de porcentaje en valor de CBR, es decir que aplicando 2 gramo de Terrazyme al terreno natural se tiene una buena capacidad portante.

- **Terreno natura más escoria de acero**

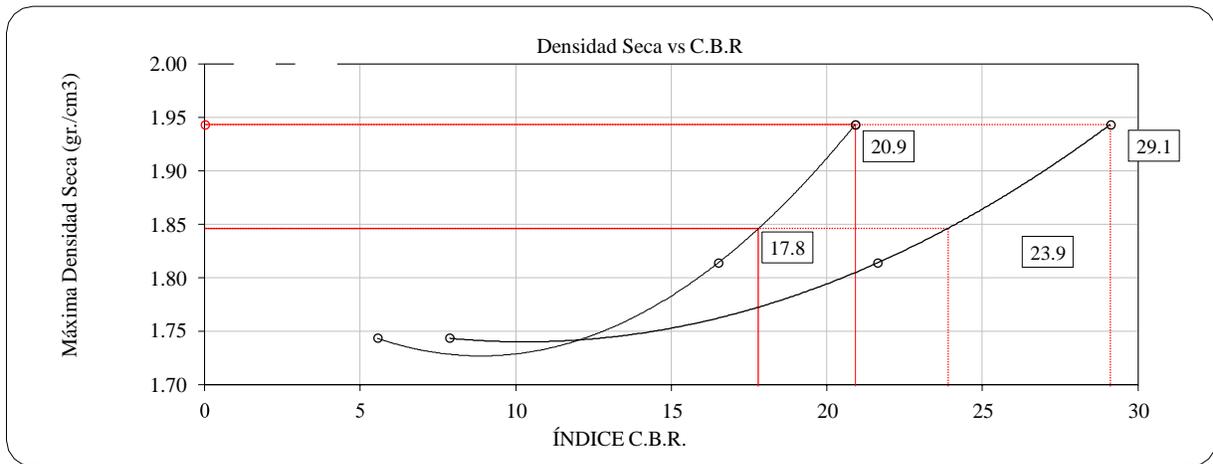


Figura 25. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 5%
Fuente: Elaboración propia

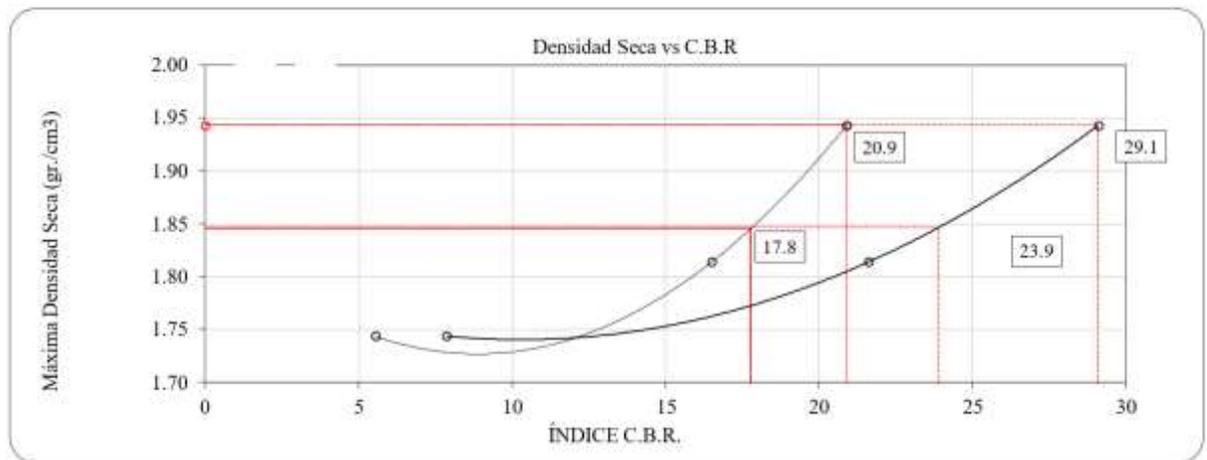


Figura 26. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 10%
Fuente: Elaboración propia

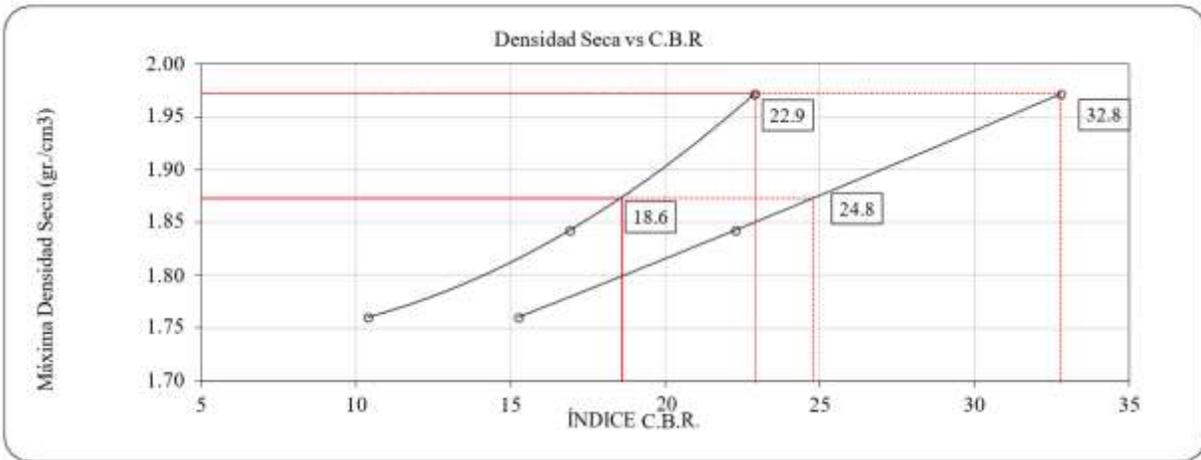


Figura 27. Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero 15%
Fuente: Elaboración propia

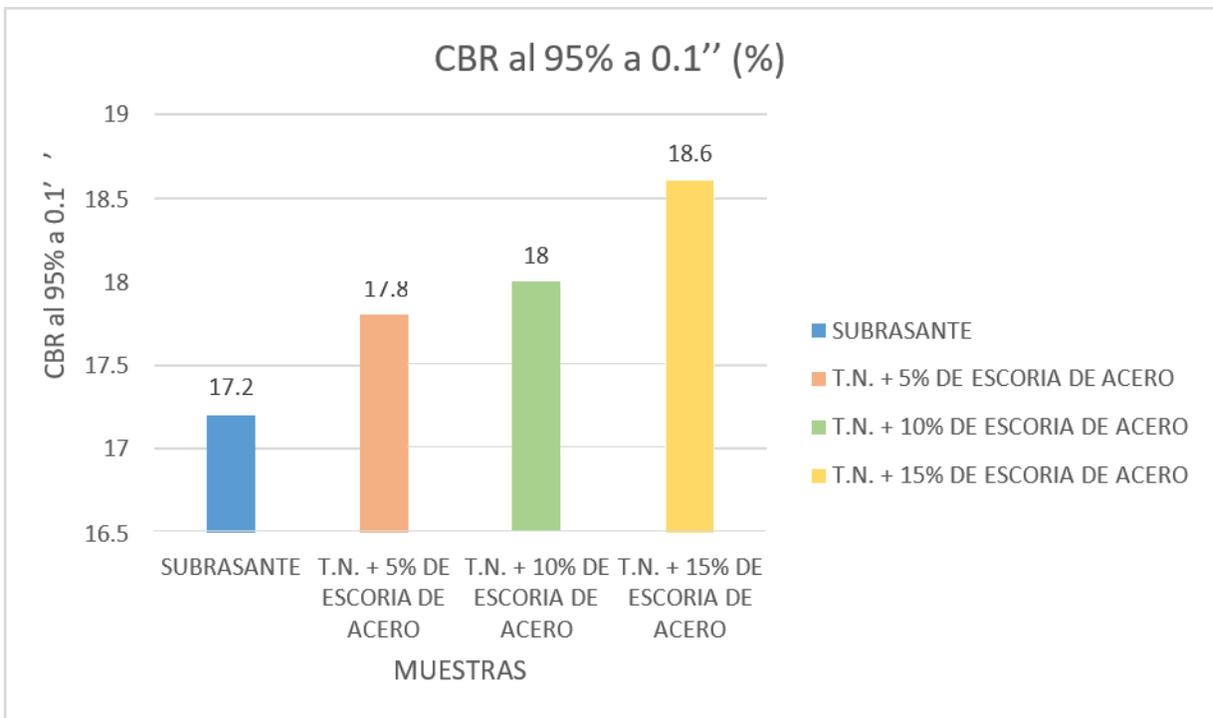


Figura 28. Índice CBR vs Porcentaje de escoria de acero al 95% (1'')
Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en el gráfico un aumento de porcentaje en valor de CBR, podemos decir que aplicando 15% de escoria de acero al terreno natural se obtiene una buena capacidad portante.

3.9. Resumen de resultados

La tabla 32. Resume las características del suelo natural con la adición de Terrazyme y la escoria de Acero.

Tabla 32
Resumen de las propiedades y combinado con Terrazyme

Ensayos		Terreno natural	1g de Terrazyme	2g de Terrazyme	3g de Terrazyme
Proctor Modificado	M.D.S. (gr/cm ³)	1.931	1.993	1.926	1.927
	OCH (%)	12.30	12.30	12.30	12.30
CBR al 95% a 0.1'' (%)		17.2	18.1	22	21.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33
Resumen de las propiedades y combinado con Escoria de acero

Ensayos		Terreno natural	5% de Escoria de acero	10% de Escoria de acero	15% de Escoria de acero
Proctor Modificado	M.D.S. (gr/cm ³)	1.931	1.944	1.953	1.971
	OCH (%)	12.30	12.30	12.30	12.30
CBR al 95% a 0.1'' (%)		17.2	17.8	18.0	18.6

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla de propiedades y un gráfico de CBR, se presentara una combinación del Terreno natural combinado en conjunto de Terrazyme y Escoria de acero con una proporción de 2g y 10% respectivamente.

Tabla 34
Resumen de las propiedades y combinado con Terrazyme y Escoria de acero

Ensayos		Terreno natural	2g de Terrazyme y 10% de Escoria de acero
Proctor Modificado	M.D.S. (gr/cm ³)	1.931	1.962
	OCH (%)	12.30	12.30
CBR al 95% a 0.1'' (%)		17.2	23.6

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Curva densidad seca VS. CBR terreno natural + escoria de acero y terrazyme
Fuente: Elaboración propia

Este último ensayo se realizó con el objetivo de observar si con la dosificación óptima de cada estabilizador resulta con un incremento de porcentaje en el valor de CBR, lo cual resulta verídico, ya que tiene un gran soporte de capacidad portante.

Tabla 35

Curva densidad seca vs CBR terreno natural más escoria de acero y Terrazyme

Ensayos	Terreno natural	2g de Terrazyme	10% de Escoria de Acero	2g de Terrazyme y 10% de Escoria de acero
CBR al 95% a 0.1'' (%)	17.2	22	18	23.6

Fuente: Elaboración propia

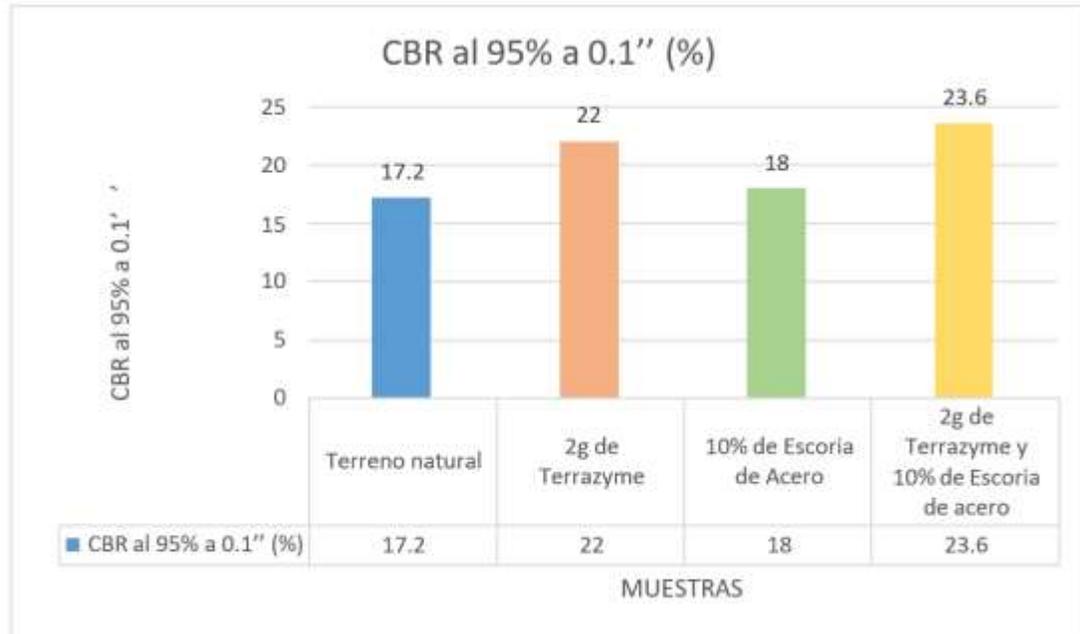


Figura 30. Índice CBR de terreno natural más escoria de acero y Terrazyme
 Fuente: Elaboración propia

Podemos ver en la figura que al combinar ambos estabilizadores, se observa que el terrazyme con 2 gramos y escoria de acero con 10%, tiene un mayor valor de porcentaje de CBR, siendo su mayor carga de capacidad portante.

IV. Discusión

➤ Para la estabilización del suelo con escoria y cal, el porcentaje de estimación respecto al peso de cal, está en rangos promedios entre los 1.5 y 3% y la escoria se fija sobre un rango de 35 y 45% en v. (MTC, 2013 pág. 119). Para Ortega (2017) con las aplicaciones de 0.027 y 0.054 milímetros de Terrazyme, tiene un incremento en un 25.89% y 46% de capacidad portante, respecto al suelo natural. Al determinar el incremento de porcentaje de CBR, con la aplicación de 1g 2g y 3g, se obtuvoun incremento de 18.1%, 22% y 21% con relación al terreno natural.

➤ En el estudio se concluyó que los incrementos de CBR al incorporar cal a los suelos arcillosos se presentan valores de CBR a 0.1” 5.20%, agregando 2% de cal un CBR de 5.30%, agregando 4% de cal un CBR de 6.30%, agregando 6% de cal un CBR de 7.20%, e agregando 8% de cal un CBR de 8.05%. En mi investigación, el agregado de la escoria de acero con una dosificación de 5%, 10% y 15%, se obtuvo como resultados un incremento de valor de CBR con 17.8%, 18.0% y 18.6% respectivamente, respecto al terreno natura que tiene un porcentaje de 17.2%. (García Gonzales, 2015).

➤ Demostró que la estabilización que se realizó a causa de una mejora relevante en cada característica mecánica y física inicial de los suelos, de subrasantes, incrementando sus valores de CBR de 9.5% y 15.8% aplicando las dosificaciones: suelos con enzimas orgánicas 1 litro cada 30 por metro cubico. Para una subrasante con mejor capacidad portante, se puede emplear la combinación de la Terrazyme y Escoria de acero, con una dosificación de 2g y 10% respectivamente, dando como resultado un porcentaje en el valor de CBR 23.6%, dando un óptimo de mejoramiento de subrasante. (CEDEÑO Plaza, 2013)

V. Conclusiones

- Se determinó que la relación de la escoria de acero y terrazyme para la mejora de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur, mediante los ensayos realizados, para la clasificación, la subrasante en combinación para el mejoramiento, resultan en la misma clasificación, la cual es una arena bien graduada con grava y limo, según su clasificación SUCS y con grupo de clasificación A-1-b (0), según clasificación AASHTO, podemos observar en la Tabla 9, que mediante la granulometría podemos sacar resultados y así determinar la clasificación.
- Se determinó que la escoria de acero y terrazyme influye en la resistencia en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur, mediante los ensayos de penetración para la deformación de 0.1'' y 0.2'', la cual se observó que la subrasante en combinación con el terrazyme con 3 gramos y 2 gramos de dosificación, presenta una mayor carga por centímetro cuadrado, las cuales son de 18.6 y 18.4 respectivamente, dándonos a una buena elección al terrazyme como mejoramiento de la subrasante, podemos ver los resultados mencionados en la Figura 16.
- Se determinó que la escoria de acero y terrazyme influye en la expansión en el mejoramiento de la Subrasante, mediante el ensayo de CBR en la parte de expansión del material, la toma de resultado es cada 24 horas, dando resultados en cuanto se expande la subrasante y en conjunto con sus estabilizadores, en la Figura 19, podemos observar que un menor porcentaje de expansión lo tiene el terrazyme a comparación a la escoria de acero y la subrasante.
- Se determinó la relación de la escoria de acero y terrazyme en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur, a través del ensayo entre la relación de soporte de CBR se obtuvo un incremento del valor de CBR 17.2% a 18.6% con la aplicación de escoria de acero con 15% y un 22% con terrazyme con 2g., la cual podemos observar los resultados mencionados en la Figura 13.

VI. Recomendaciones

Se recomienda:

1. Al MTC, se recomienda la aplicación y difusión de escoria de arco eléctrico para los suelos arcillosos de baja capacidad. Logrando ser aplicado para los suelos con CBR menor al 6% y que requiera una mejora.
2. Que se realice un estudio mecánico de suelo para conocer cada propiedad mecánica y física, donde se puede elegir alternativamente lo correcto el tipo de mejora de suelo, el suelo arcilloso generalmente presenta un diverso cambio como un fenómeno de expansión, puesto que este fenómeno puede ser perjudicioso a las estructuras de pavimentos. Es recomendable el empleo de escoria en la adición de suelos arcillosos, puesto que el presente estudio presenta un bajo porcentaje de CBR.
3. Se adiciona la necesidad de un porcentaje de escoria, depende a la cantidad que se contenga sobre el suelo fino para el terreno de fundación que presenta un CBR menor al 6% hasta que alcance los índices de CBR adecuados según a la necesidad requerida sobre determinados proyectos
4. Lograr el incremento y mejora de la propiedad mecánica de baja calidad de los suelos, minimizando los costos, contribuyendo a los cuidados del medio ambiente, minimizando todo gasto grande depósito de escoria sobre la empresa siderúrgica.

Referencias

Referencias

AASHTO. 1993. *Método de Diseño.* 1993.

ARIAS, Fidias G. 2012. *El Proyecto de Investigación: Guía para su elaboración.* Caracas, Venezuela: Episteme, 2012.

BAENA Paz, Guillermina. 2014. *Metodología de la Investigación.* México: Grupo EditorialPatria, 2014.

BOZA Reguera, Maile. 2011. *Utilización de las Escorias de Acería como material de construcción.* La Habana, Cuba: Universidad de Holguin, 2011. *Catalizador natural líquido para la construcción, mantenimiento, rehabilitación de carreteras y caminos generales.*

STASOIL. 2013. Lima: Stasioil S.A.C.Tecnología de Punta, 2013.

CEDEÑO Plaza, David Gabriel. 2013. *Investigación de la Estabilización de suelos con enzima aplicando a la Subrasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2013.

CEDEX. 2007. *Actualización de Catalogo de residuos utilizables en construcción.* Madrid, España: s.n., 2007.

CHÁVEZ Arévalo, Oswaldo, LÓPEZ Poveda, Luis y MORALES Cárdenas, Pedro Joaquín. 2009. *Efecto de la Alta Compactación de la capa de base en pavimento flexible.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.

DE LA PUENTE Viedma, Carlos. 2005. *Una guía para la Investigación.* Madrid, España: Complutense, 2005.

DE SOLMINIHAC T., Hernán, ECHEVARRIA G., Gerardo y THENOUX Z., Guillermo. 2010. *Estabilización Química de suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras depavimentos.* Santiago - Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010.

GARCÍA Gonzáles, Anabelén. 2015. *DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAL ESTRUCTURAL EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO DEL SECTOR 14 MOLLEPAMPA DE CAJAMARCA, 2015.* Cajamarca, Perú: UniversidadPrivada del Norte, 2015.

GAVILANES Bayas, Erick Giovanni. 2015. *Estabilización y Mejoramiento de Subrasante mediante Cal y Cemento para una obra Vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas delSur.* Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador, 2015.

GUTIÉRREZ Montes, Carlos Alberto. 2010. *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio.* Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, 2010.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. 2003. *Metodología de la Investigación*. D.F México: MC Hill Educación, 2003.

IHOBE Gobierno, Vasco. 1999. *Libro Blanco de Minimización de Residuos y Emisiones de Escorias de Acería*. 1999.

LA ROSA Orbezo, Nohelia Thais. 2006. *Aplicación del aditivo Quim KD-40 para estabilizar suelos en caminos no pavimentados*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.

LANDEU, Rebeca. 2007. *Elaboración de trabajos de Investigación*. Caracas, Venezuela: Alfa, 2007.

LAURENTE Ronceros, Yony. 2012. *Estudio Comparativo del mejoramiento de la subrasante y base de la carretera Cañete - Chupaca, TRAMO: Km 220+000 - Km 240+000*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.

LEIVA González, Roly Roberth. 2016. *Utilización de bolsas de Polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva Km 0+000 - Km 0+100. Distrito de Orcatuna, concepcion*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

LORÍA Salazar, Luis Guillermo y ARRIOLA Guzmán, Raquel. 2017. *Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales*. San José: Universidad de Costa Rica, 2017.

MÉNDEZ Álvarez, Carlos Eduardo. 2009. *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de Investigación con énfasis en ciencias empresariales*. Bogotá, Colombia: Limusa, 2009.

MINAYA Gonzáles, Silene y ORDÓÑEZ Huamán, Abel. 2006. *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.

MOHAMMAD Naghi, Namakforoosh. 2000. *Metodología de la Investigación*. México: Limusa, 2000.

MONTEJO Fonseca, Alfonso. 2002. *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002. 2002.958-96036-2-9.

MTC. 2013. *Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos: Suelos y Pavimentos*. Lima: s.n., 2013. —. **2016.** *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: s.n., 2016.

MUNICIPALIDAD Provincial de Cañete. 2010. *Municipalidad Provincial de Cañete*. [En línea] 01 de Febrero de 2010. [Citado el: 15 de noviembre de 2018.] <http://www.municanete.gob.pe/>.

ORTEGA López, Vanesa. 2011. *Aprovechamiento de escorias blancas (LFS) y negras (EAFS) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos*

reales. Burgos, España: Universidad de Burgos, 2011.

ORTEGA Porta, Humberto Marcelino. 2017. *Reducción de costos y Operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas Terrazyme en el distrito de Amarilis - 2016.* Huánuco, Perú: Universidad de Huánuco, 2017.

ORTEGA PORTA, Humberto Marcelino. 2017. *Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas Terrazyme en el distrito de Amarilis - 2016.* Huánuco, Perú: Universidad de Huánuco, 2017.

QUIRAN Alfaro, Willmer Enrique. 2015. *Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015.

RAVINES Merino, María Alejandra. 2010. *Pruebas con un producto Enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras.* Piura, Perú: Universidad de Piura, 2010.

REYES Ortiz, Oscar Javier y FERNANDO Camacho, Javier. 2013. *Efecto del desperdicio de una siderúrgica en bases y subbases granulares.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2013. Vol. 13.01248170.

TOMAYO y Tomayo, Mario. 2008. *El Proceso de la Investigación Científica 4° Ed.* Venezuela: Limusa, 2008.

UGAZ Palomino, Roxana María. 2006. *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de la subrasante.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.

XAVIER, Elías. 2009. *Valoración de residuos procedentes de grandes industriales.* Madrid: España: Días de Santo, 2009. 2009.9788479.

Anexos

ANEXO N° 1 Matriz de Consistencia

Título: “Aplicación de escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación sur en San Vicente de Cañete, 2018”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
Problema General	Objetivos General	Hipótesis General		Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • Escoria: 5%, 10% y 15% • Terrazyme: 1g, 2g y 3g 	<p>Tipo de Investigación Tipo aplicativo.</p> <p>Diseño de Investigación Experimental</p> <p>Nivel de Investigación: Correlacional</p> <p>Población: Avenida Circunvalación Sur.</p> <p>Muestra: 136. Metros de longitud.</p> <p>Muestreo: Una calicata ubicada en la Avenida Circunvalación Sur.</p>
¿Cómo se relaciona la Escoria de acero y Terrazyme para el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?	Determinar la relación de la Escoria de acero y Terrazyme para el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.	La Escoria de acero y Terrazyme se relaciona directamente en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.	Variable Independiente: Escoria y Terrazyme	Características	<ul style="list-style-type: none"> • Máxima densidad seca al 100% • Máxima densidad seca al 95% 	
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		Capacidad portante	<ul style="list-style-type: none"> • CBR 1'' • CBR 2'' 	
¿De qué manera la Escoria de acero y Terrazyme influye en la resistencia en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?	Determinar como la Escoria de acero y Terrazyme influye en la resistencia en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.	La Escoria de acero y Terrazyme influye en la resistencia en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.	Variable Dependiente: Subrasante	Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> • A1 1'' • A1 2'' 	
				Expansión	<ul style="list-style-type: none"> • 24h • 48h • 72h 	
				Capacidad portante	<ul style="list-style-type: none"> • CBR 1'' • CBR 2'' 	

<p>¿De qué manera la Escoria de acero y Terrazyme influye en la expansión en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?</p> <p>¿De qué manera la Escoria de acero y Terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018?</p>	<p>Determinar como la Escoria de acero y Terrazyme influye en la expansión en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.</p> <p>Determinar como la Escoria de acero y Terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.</p>	<p>La Escoria de acero y Terrazyme influye en la expansión en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.</p> <p>La Escoria de acero y Terrazyme influye en la capacidad portante en el mejoramiento de la Subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018.</p>				
--	--	--	--	--	--	--

ANEXO N° 2. Certificado de ensayo

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	23/10/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D8913 / MTC E - 204

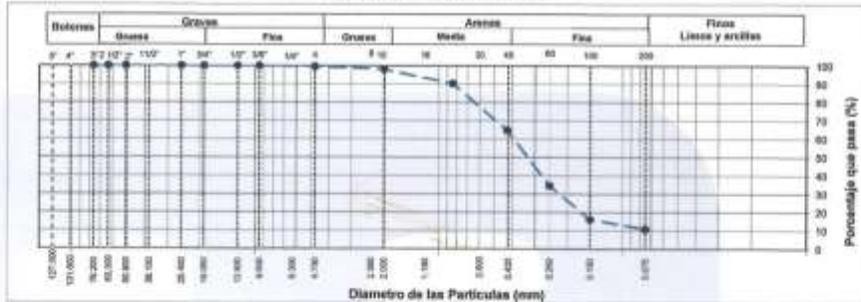
CERT. N° 2018-1680

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR YILCAPUMA
OBRA	*APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE 2018*
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.
SONDAJE	-
PROFUNDIDAD	1.50 m
MATERIAL	Tampero natural

Fecha de ensayo: 2/10/2018

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 8.1 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 19.0 Límite Plástico (LP) 16.0 Índice Plástico (IP) 3.0 Índice de Consistencia (Ic) 3.3 Índice de Líquidez (IL) -2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SW - SM Clasificación AASHTO (D3282) A-1-b (0) Nombre del Grupo Arena bien graduada con limo y grava INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.500	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	100.0		
3/8"	9.500	100.0		
Nº 4	4.750	96.6		
Nº 10	2.000	98.1		
Nº 20	0.840	90.4		
Nº 40	0.425	64.8		
Nº 60	0.250	34.6		
Nº 100	0.150	16.2		
Nº 200	0.075	10.9		

CURVA GRANULOMÉTRICA



- OBSERVACIONES:**
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 - * Presenta botaneras de hasta 1" de espesor
 - * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
 - * Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557/ NTP 339.141

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio		
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA		
PROYECTO	"APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2016"		
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo:	02/10/2016
SONDEO	MÉTODO: C		
MUESTRA	Tipo: Terreno Natural		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

Volumen Molda	2119	cm ³
Peso Molde	6793	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 11,180	11,345	11,422	11,478	11,546
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 4,387	4,552	4,629	4,885	4,753
Peso Volumétrico Humedo	gr. 2,070	2,148	2,185	2,211	2,243
Recipiente Numero	-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 900.0	886.4	850.6	879.4	701.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 847.0	839.9	735.4	810.1	621.8
Peso de la Tara	gr. 265.8	229.5	230.0	155.9	184.3
Peso del agua	gr. 53.0	46.5	67.2	69.3	79.4
Peso del suelo seco	gr. 581	410	505	454	457.5
Contenido de agua	% 9.1	11.4	13.3	15.3	17.4
Densidad Seca	gr/cc 1.897	1.825	1.928	1.918	1.911

Densidad Máxima Seca:	1.931	gr/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	12.30	%
------------------------------	-------	--------------------	----------------------------------	-------	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS, CIMENTOS Y ASFALTO YESERACION, TERRAZA SUELOS Y VULCANIZACION	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS, CIMENTOS Y ASFALTO YESERACION, TERRAZA SUELOS Y VULCANIZACION	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1483 / MTC E - 132

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	"APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIEME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 06/10/2018
SONDEO	-	
MUESTRA	Terreno Natural	
PROFUNDIDAD	1.50 m	

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	A			B			C						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	20			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso suelo + molde (gr)	13,080			13,148			12,784						
Peso molde (gr)	5,545			5,925			5,845						
Peso suelo compactado (gr)	4,535			4,211			4,119						
Volumen del molde (cm ³)	2,118			2,118			2,120						
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,143			1,991			1,943						
Humedad (%)	12.9			11.9			12.3						
Densidad seca (gr/cm ³)	1,913			1,779			1,730						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Terminado húmedo (gr)	350.0			367.2			374.1						
Terminado seco (gr)	310.2			346.0			333.2						
Peso de agua (gr)	39.8			21.2			40.9						
Peso de tierra (gr)	310.2			346.0			333.2						
Humedad (%)	12.9			11.9			12.3						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo	Dist	Expansión		Dist	Expansión		Dist	Expansión			
		hr	mm	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
3-Oct	08:30	0	10	0.00	0.00	8	0.00	0.00	3	0.00	0.00		
4-Oct	08:30	24	10	0.01	0.01	12	0.01	0.01	10	0.01	0.01		
5-Oct	08:30	48	20	0.02	0.01	23	0.02	0.01	29	0.02	0.02		
6-Oct	08:30	72	35	0.09	0.02	32	0.09	0.02	38	0.04	0.03		
PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	A				B				C			
		Carga	Dilatación			Carga	Dilatación			Carga	Dilatación		
		kg	mm	mm ²	CBR %	kg	mm	mm ²	CBR %	kg	mm	mm ²	CBR %
0.025		34	1.7			15	0.8			13	0.6		
0.050		69	3.0			34	2.7			31	1.0		
0.075		97	4.9			100	3.8			60	3.1		
0.100	70.307	100	7.1	14.5	20.8	104	5.3	10.1	34.4	95	4.0	0.5	7.8
0.150		280	15.4			304	15.4			170	8.0		
0.200	158.460	401	22.6			426	21.7			233	11.8		
0.300		709	38.0			982	39.0			337	17.1		
0.400		907	50.6			646	32.8			394	20.0		
0.500		1238	62.7			728	36.9			400	22.0		

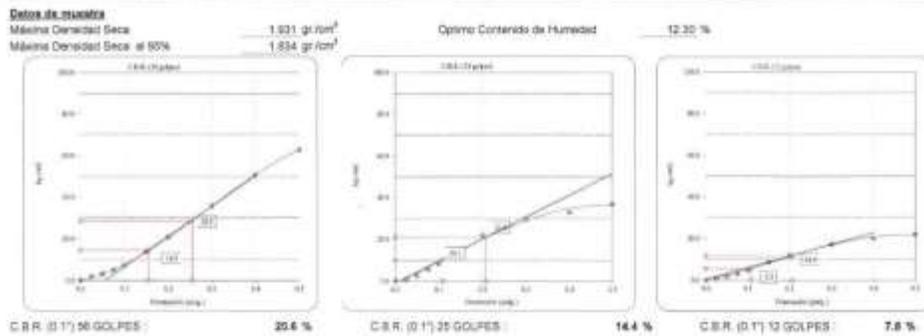
OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por:  YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 110003	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD
---	---	---

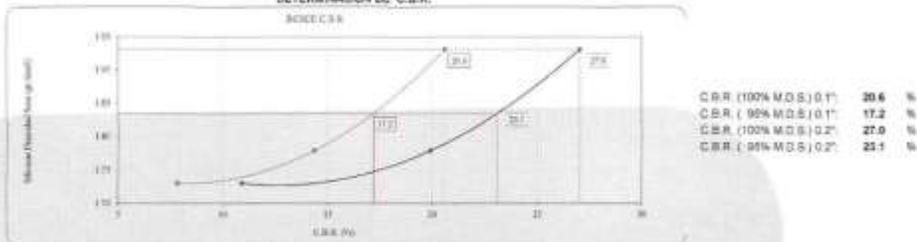
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	: APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018*	
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 05/10/2018
SONDED	: -	
MUESTRA	: Terreno Natural	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS RESERVA DE BARRAZA INGENIERO CIVIL SEP 108003 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	: "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	: -	
MUESTRA	: Terreno Natural+Terrazime (1 g)	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	

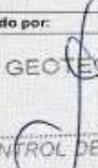
CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	A		B		14	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	59		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,285		13,313		11,854	
Peso molde (gr.)	8,545		8,935		7,685	
Peso suelo compactado (gr.)	4,720		4,378		4,165	
Volumen del molde (cm ³)	2,116		2,115		2,159	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,230		2,070		1,930	
Humedad (%)	11,9		12,0		11,9	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,950		1,848		1,725	

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Tara+suelo húmedo (gr.)	389,7	359,4
Tara+suelo seco (gr.)	348,3	318,2
Peso de agua (gr.)	41,4	38,2
Peso de tara (gr.)		
Peso de suelo seco (gr.)	348,3	318,2
Humedad (%)	11,9	12,0

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	09:25	0	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	3	0,00	0,00
10-Oct	09:25	24	16	0,01	0,01	15	0,01	0,01	8	0,01	0,01
11-Oct	09:25	48	20	0,01	0,01	21	0,01	0,01	17	0,01	0,01
12-Oct	09:25	72	28	0,02	0,02	30	0,02	0,02	24	0,02	0,02

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	A				B				Molde Nº 14			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		5	0.3			5	0.2			2	0.1		
0.050		20	1.0			15	0.7			7	0.4		
0.075		41	2.1			27	1.4			15	0.7		
0.100	70.307	74	3.8	15.9	22.6	71	3.6	11.1	15.8	26	1.3	5.9	8.4
0.150		176	8.9			128	6.5			61	3.1		
0.200	105.450	319	16.2			248	12.5			111	5.6		
0.300		682	34.6			483	24.5			239	12.1		
0.400		1050	53.3			747	37.8			367	18.7		
0.500		1421	72.2			1007	51.1			498	25.3		

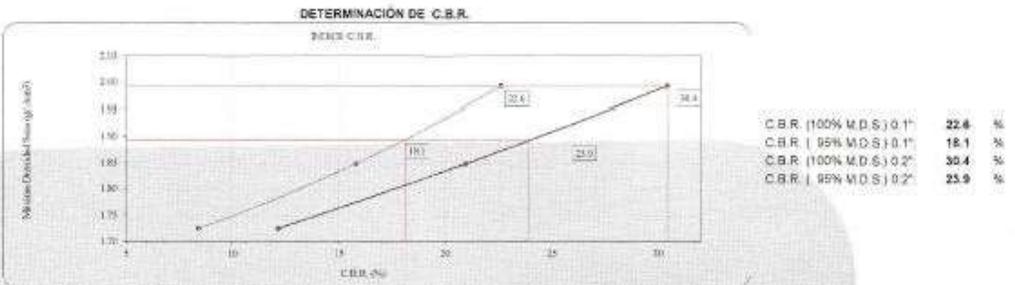
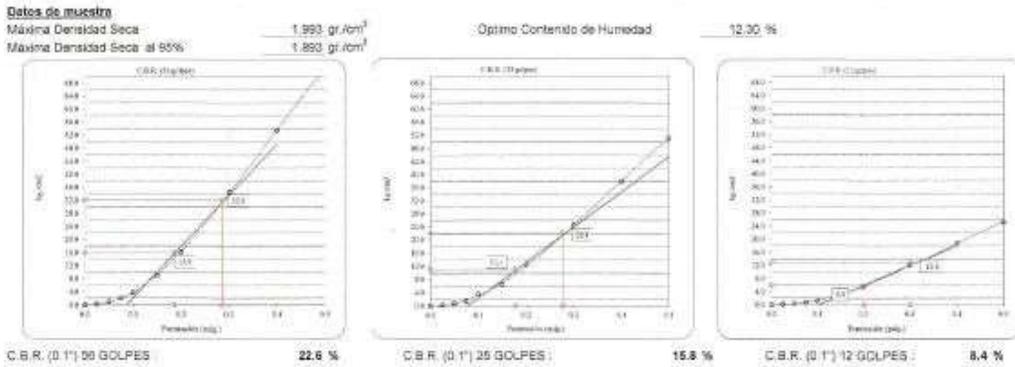
OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por:  YESENICA BARRAZA INGENIERO CIVIL CP: 113903	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD
---	---	--

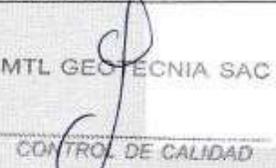
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA
PROYECTO	: "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2016"
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA. Fecha de ensayo: 12/10/2016
SONDEO	: -
MUESTRA	: Terreno Natural+Terrazyme (1 g)
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio		
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA		
PROYECTO	"APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCVNALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"		
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo:	12/10/2018
SONDEO	-		
MUESTRA	Terreno Natural+Terrazyme (2 g)		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

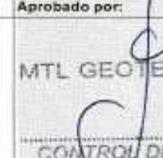
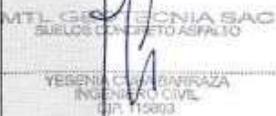
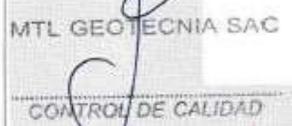
CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Mode N°	C		D		15	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,223		12,470		11,784	
Peso molde (gr.)	8,845		8,251		7,685	
Peso suelo compactado (gr.)	4,378		4,219		4,098	
Volumen del molde (cm³)	2,120		2,131		2,159	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,159		1,950		1,895	
Humedad (%)	12.1		12.2		12.1	
Densidad seca (gr./cm³)	1,926		1,764		1,693	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	548.2	457.6	412.4
Tara+suelo seco (gr.)	486.4	407.8	367.9
Peso de agua (gr.)	58.8	49.8	44.5
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	486.4	407.8	367.9
Humedad (%)	12.1	12.2	12.1

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo hr	Diel	Expansión		Expansión		Expansión		Expansión	
				mm	%	mm	%	mm	%		
9-Oct	09:35	24	5	0.00	0.00	5	0.00	0.00	5	0.00	0.00
10-Oct	09:35	24	12	0.01	0.01	18	0.01	0.01	14	0.01	0.01
11-Oct	09:35	48	18	0.01	0.01	23	0.01	0.01	19	0.01	0.01
12-Oct	09:35	72	21	0.02	0.01	26	0.02	0.01	23	0.02	0.02

PENETRACIÓN													
Penetración (0.05)	Carga Standard (kg./cm²)	C				D				Molde N° 15			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		10	0.5			7	0.4			4	0.2		
0.050		35	1.5			25	1.3			12	0.6		
0.075		73	3.7			51	2.6			25	1.3		
0.100	70.307	128	6.5	18.4	28.2	90	4.6	12.8	18.2	45	2.3	7.0	10.0
0.150		278	14.1			194	9.9			97	4.9		
0.200	128.460	468	23.7			327	16.6			164	8.3		
0.300		888	44.1			608	30.9			304	15.4		
0.400		1181	59.0			813	41.3			406	20.6		
0.500		1276	64.8			892	45.4			448	22.7		

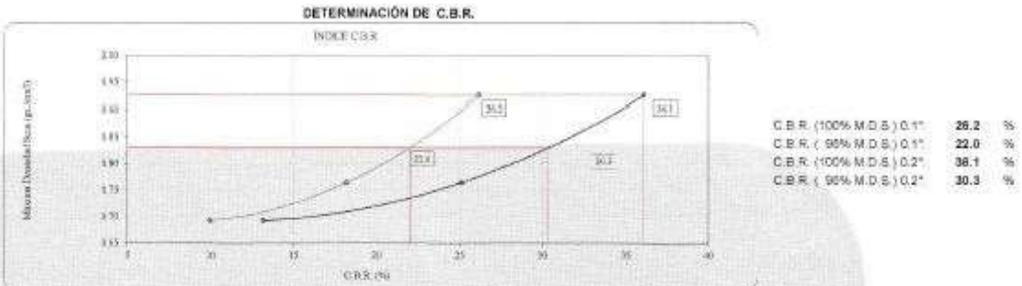
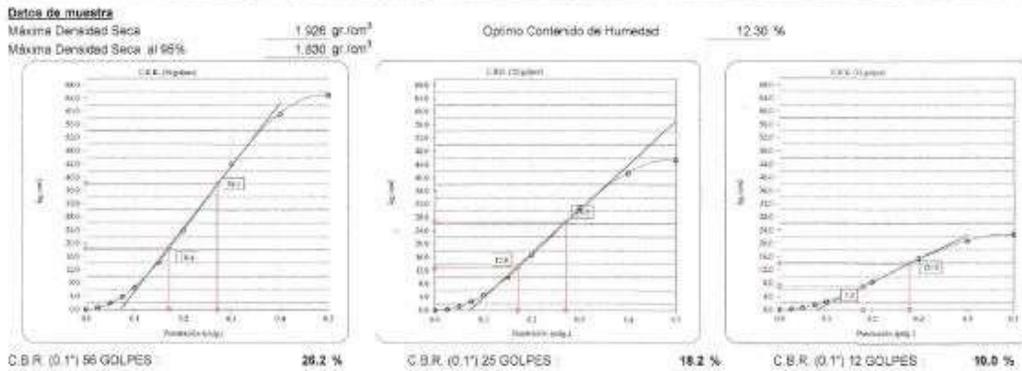
OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
		

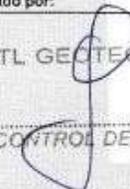
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	Ensayo en laboratorio ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCVNALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	-	
MUESTRA	Terreno Natural+Terrazyme (2 g)	
PROFUNDIDAD	1.50 m	



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	. Ensayo en laboratorio		
SOLICITANTE	. ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA		
PROYECTO	. APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018		
UBICACIÓN	. SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo:	12/10/2016
SONDEO	-		
MUESTRA	. Terreno Natural+Terrazyme (3 g)		
PROFUNDIDAD	. 1.50 m		

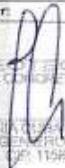
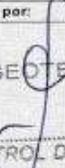
CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	E		F		16	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	99		29		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12 759		12 410		11 894	
Peso molde (gr.)	6 170		6 089		7 696	
Peso suelo compactado (gr.)	4 589		4 321		4 198	
Volumen del molde (cm³)	3 123		2 119		2 159	
Densidad húmeda (gr/cm³)	2 182		2 039		1 944	
Humedad (%)	12.2		12.1		12.4	
Densidad Seca (gr/cm³)	1 927		1 819		1 730	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	416.2	376.5	495.4
Tara+suelo seco (gr.)	370.1	335.0	360.7
Peso de agua (gr.)	45.1	40.5	44.7
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	370.1	335.0	360.7
Humedad (%)	12.2	12.1	12.4

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	09:55	0	9	0.00	0.00	4	0.00	0.00	3	0.00	0.00
10-Oct	09:55	24	10	0.005	0.00	10	0.01	0.01	9	0.01	0.01
11-Oct	09:55	48	16	0.011	0.01	15	0.01	0.01	13	0.01	0.01
12-Oct	00:55	72	21	0.016	0.01	21	0.02	0.01	17	0.02	0.01

PENETRACIÓN												
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	E				F				Molde N° 16		
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²
0.025		27	1.4			19	1.0			12	0.6	
0.050		66	3.3			46	2.3			17	0.9	
0.075		117	5.9			66	4.3			27	1.4	
0.100	70.907	168	8.3	10.0	26.6	117	5.9	14.2	20.2	44	2.2	4.1
0.150		331	16.8			234	11.4			76	4.0	
0.200	105.492	492	23.0			365	18.0			117	5.9	
0.300		827	47.1			677	34.4			192	9.8	
0.400		1377	70.0			978	49.7			329	16.7	
0.500		1908	96.9			1355	69.0			453	23.0	

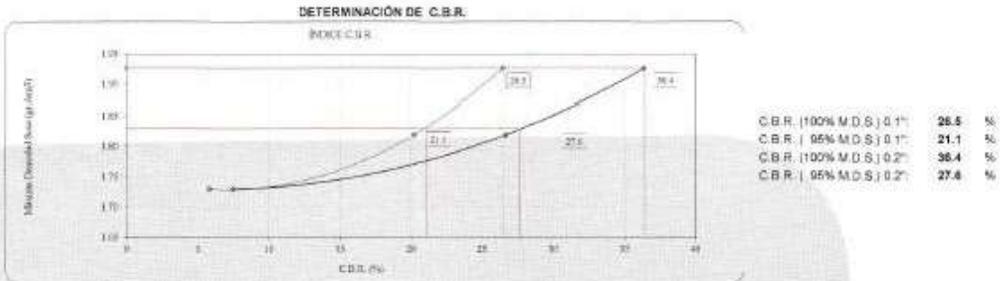
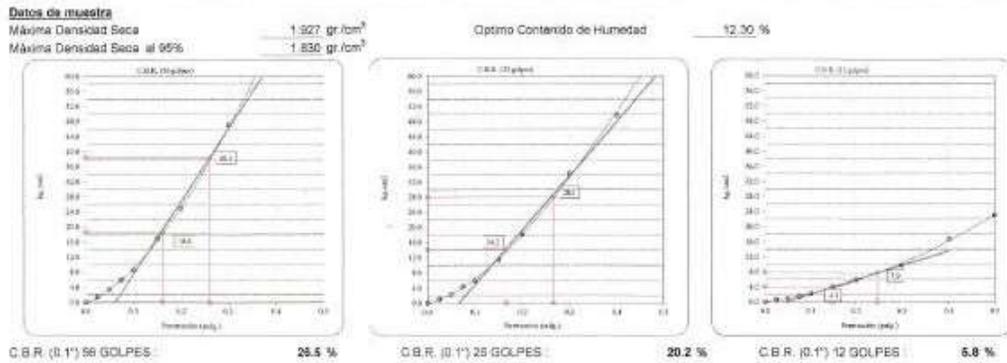
OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASPALTO YESENIA ROSA BARRAZA INGENIERO CIVIL Nº 115992	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
---	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUIMA
PROYECTO	: "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZyme PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCVNALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA. Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	: --
MUESTRA	: Terreno Natural+Terrazyme (3 g)
PROFUNDIDAD	: 1.50 m



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASPHALTO YERENI QUISPE BARRAZA INGENIERA CIVIL CP 15453	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA
PROYECTO	APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIEME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018*
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA. Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	" "
MUESTRA	Terrero Natural+Escoria 5%
PROFUNDIDAD	1.50 m

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	27		34		11	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	55		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,536		11,822		11,884	
Peso molde (gr.)	7,981		7,517		7,688	
Peso suelo compactado (gr.)	4,555		4,305		4,208	
Volumen del molde (cm ³)	2,095		2,123		2,159	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,174		2,028		1,949	
Humedad (%)	11.9		11.8		11.8	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,944		1,814		1,744	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tartrazuelo húmedo (gr.)	545.1	458.2	389.9
Tartrazuelo seco (gr.)	488.2	408.1	345.5
Peso de agua (gr.)	57.9	48.1	41.0
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	488.2	408.1	345.5
Humedad (%)	11.9	11.8	11.8

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo H	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	09:50	0	5	0.00	0.00	12	0.00	0.00	5	0.00	0.00
10-Oct	09:50	24	15	0.01	0.01	24	0.01	0.01	18	0.01	0.01
11-Oct	09:50	48	23	0.02	0.02	29	0.02	0.01	25	0.02	0.02
12-Oct	09:50	72	30	0.03	0.02	34	0.02	0.02	33	0.03	0.02

PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde Nº 27				Molde Nº 34				Molde Nº 11			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		18	0.8			12	0.8			6	0.5		
0.050		38	1.9			32	1.8			19	1.0		
0.075		61	3.1			51	2.8			30	1.6		
0.100	70.307	80	4.1	14.7	26.9	68	3.5	11.6	28.5	40	2.0	3.9	8.5
0.150		152	7.7			136	6.9			85	4.8		
0.200	100.480	229	11.6			195	10.0			148	7.4		
0.300		366	18.0			302	15.5			222	11.3		
0.400		487	23.5			418	21.4			300	15.3		
0.500		615	29.8			512	27.4			372	19.1		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por:  YERONIMO BARRAZA INGENIERO CIVIL 13650	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

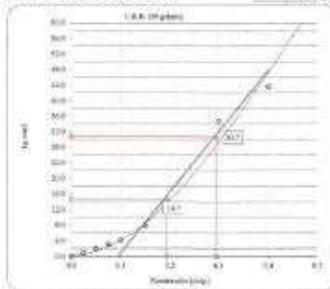
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	: "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZyme PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	: -	
MUESTRA	: Terreno Natural+Escoria 5%	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	

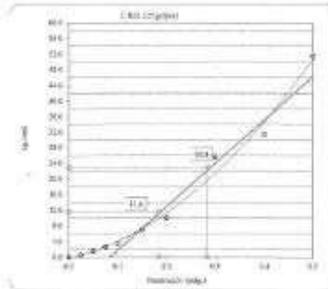
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca: 1.944 gr/cm³
Máxima Densidad Seca al 95%: 1.846 gr/cm³

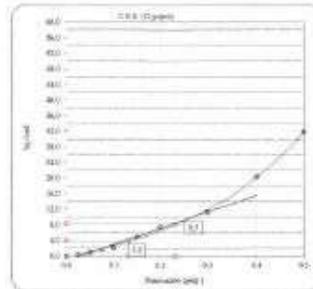
Óptimo Contenido de Humedad: 12.30 %



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES: 20.9 %

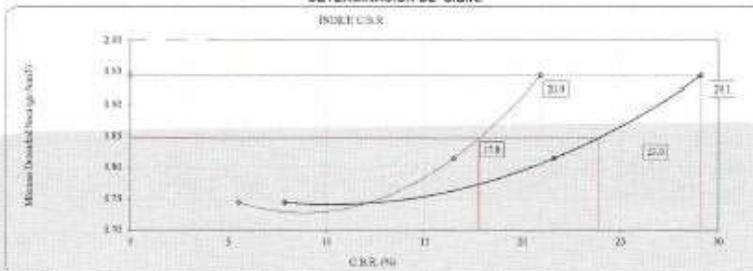


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: 16.6 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES: 6.6 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1' 20.9 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1' 17.8 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2' 29.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2' 23.9 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
	MTL GEOTECNIA SAC SUELOS DE PAVIMENTO ASFALTO YESSICA CLARA BARRERA INGENIERA CIVIL CIP 13803	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio		
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA		
PROYECTO	: APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018*		
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA	Fecha de ensayo:	12/10/2018
SONDEO	: -		
MUESTRA	: Terrazo Natural+Escozia 10%		
PROFUNDIDAD	: 1.80 m		

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	9			4			12						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	90			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso suelo + molde (gr.)	12,298	12,024		11,886	11,886		11,886	11,886					
Peso molde (gr.)	7,874	7,888		7,686	7,686		7,686	7,686					
Peso suelo compactado (gr.)	4,624	4,336		4,200	4,200		4,200	4,200					
Volumen del molde (cm³)	2,123	2,131		2,159	2,159		2,159	2,159					
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,178	2,035		1,945	1,945		1,945	1,945					
Humedad (%)	11,5	11,8		11,8	11,8		11,8	11,8					
Densidad Seca (gr./cm³)	1,953	1,823		1,740	1,740		1,740	1,740					
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	845,2			545,2			487,2						
Tara+suelo seco (gr.)	378,7			488,5			435,8						
Peso de agua (gr.)	466,5			56,7			51,4						
Peso de tara (gr.)	-			-			-						
Peso de suelo seco (gr.)	378,7			488,5			435,8						
Humedad (%)	11,5			11,5			11,8						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Diel		Expansión		Diel		Expansión				
			mm		%		mm		%				
9-Oct	10:10	0	12	0,00	0,00	8	0,00	0,00	9	0,00			
10-Oct	10:10	24	25	0,01	0,01	19	0,01	0,01	28	0,02			
11-Oct	10:10	48	27	0,02	0,01	23	0,02	0,01	29	0,02			
12-Oct	10:10	72	30	0,02	0,02	26	0,02	0,02	31	0,02			
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 9				Molde N° 4				Molde N° 12			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0,025		8	0,4			5	0,3			3	0,2		
0,050		26	1,3			17	0,9			8	0,4		
0,075		54	2,7			41	2,1			18	0,9		
0,100	70,907	86	4,9	15,2	21,6	71	3,6	11,8	16,5	34	1,7	6,5	9,2
0,150		211	10,7			168	8,5			74	3,8		
0,200	105,483	358	18,2			292	14,8			128	6,4		
0,300		739	37,6			563	28,6			258	13,1		
0,400		1110	56,4			896	45,5			388	19,7		
0,500		1422	72,2			1202	61,0			497	25,3		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
	MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YERENIA CEBALLOS SARRAZA INGENIERO CIVIL	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1683 / MTC E - 132

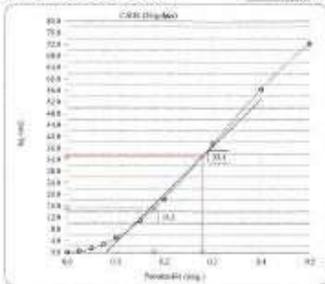
REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	: "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	: -	
MUESTRA	: Terreno Natural+Escoña 10%	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	

Datos de muestra

Máxima Densidad Saca : 1.853 gr./cm³
 Máxima Densidad Saca al 95% : 1.856 gr./cm³

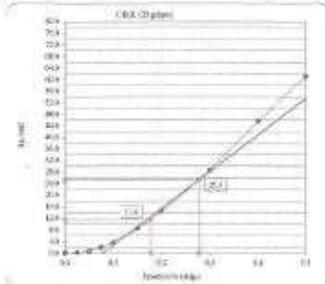
Optimo Contenido de Humedad :

12.30 %



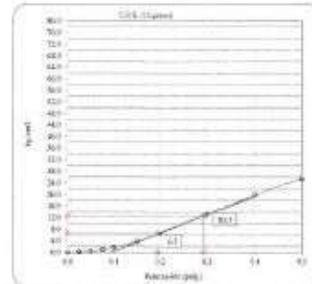
C.B.R. (0.1') 50 GOLPES :

21.6 %



C.B.R. (0.1') 25 GOLPES :

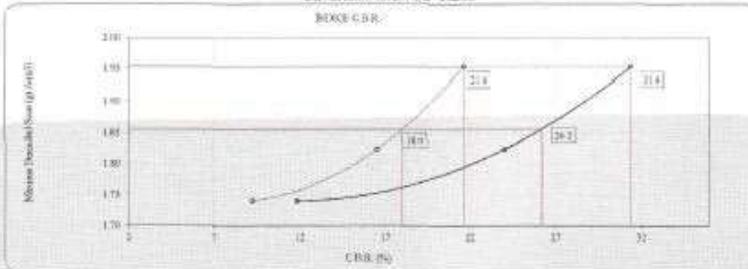
18.5 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES :

9.2 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1' : 21.6 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1' : 18.0 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2' : 31.4 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2' : 26.2 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA
PROYECTO	: APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZIEME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018*
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA Fecha de ensayo: 12/10/2016
SONDEO	: -
MUESTRA	: Terreno Natural+Escofia 15%
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

	Molde N° 8		Molde N° 10		Molde N° 13	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde (gr.)	0	0	0	0	0	0
Número de capas	5	5	5	5	5	5
Número de golpes	50	25	25	12	12	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,326	12,106	12,106	11,906	11,906	11,906
Peso molde (gr.)	7,635	7,686	7,686	7,686	7,686	7,686
Peso suelo compactado (gr.)	4,691	4,420	4,420	4,219	4,219	4,219
Volumen del molde (cm ³)	3,123	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,195	2,047	2,047	1,954	1,954	1,954
Humedad (%)	10.9	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,971	1,842	1,842	1,760	1,760	1,760

CONTENIDO DE HUMEDAD

	Molde N° 8	Molde N° 10	Molde N° 13
Tarifa suelo húmedo (gr.)	546.2	496.8	496.5
Tarifa suelo seco (gr.)	492.5	412.8	447.3
Peso de agua (gr.)	53.7	45.8	49.2
Peso de tara (gr.)	-	-	-
Peso de suelo seco (gr.)	492.5	412.8	447.3
Humedad (%)	10.9	11.1	11.0

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo (hr)	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	10:20	0	7	0.00	0.00	4	0.00	0.00	9	0.00	0.00
10-Oct	10:20	24	18	0.01	0.01	19	0.01	0.01	19	0.01	0.01
11-Oct	10:20	48	26	0.02	0.02	18	0.01	0.01	23	0.01	0.01
12-Oct	10:20	72	30	0.02	0.02	22	0.02	0.02	27	0.02	0.02

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 8				Molde N° 10				Molde N° 13			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		5	0.3			4	0.2			2	0.1		
0.050		16	0.8			11	0.5			7	0.4		
0.075		32	1.6			29	1.5			22	1.1		
0.100	70.307	57	2.9	15.1	22.9	30	1.8	11.9	18.9	29	1.9	7.3	10.4
0.150		142	7.2			132	6.7			95	4.9		
0.200	105.490	292	14.8			215	10.9			158	8.0		
0.300		699	35.5			512	26.0			324	16.5		
0.400		1180	59.9			876	41.4			601	30.5		
0.500		1666	84.1			1269	64.4			862	46.9		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

	Revisado por:  YESENIA OLIVERA BARRAZA INGENIERA CIVIL	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

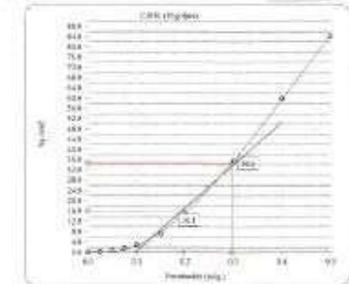
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	: ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	: APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	: SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	: -	
MUESTRA	: Terreno Natural+Escoria 10%	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	

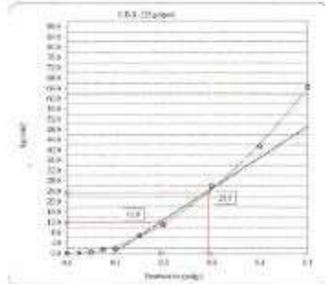
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 1.871 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.873 gr./cm³

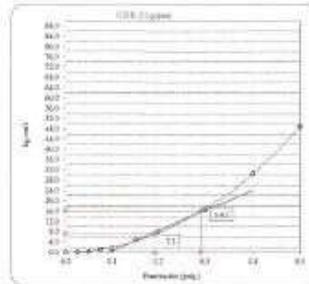
Óptimo Contenido de Humedad : 12.30 %



22.9 %

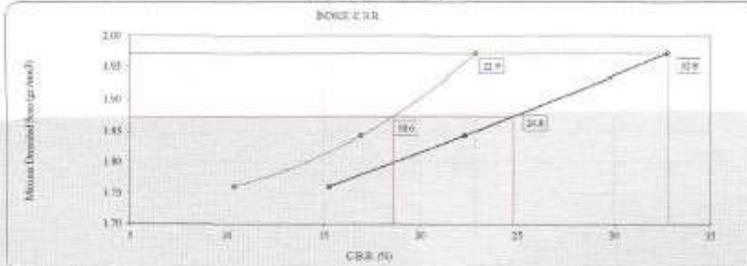


15.9 %



10.4 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



CBR (100% M.D.S.) 0.1" : 22.9 %
 CBR (95% M.D.S.) 0.1" : 18.6 %
 CBR (100% M.D.S.) 0.2" : 32.8 %
 CBR (95% M.D.S.) 0.2" : 24.6 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por:  YESSENIA BARRAZA INGENIERA CIVIL INFORME N° 115863	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	Ensayo en laboratorio ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA "APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	-
MUESTRA	Terrazo Natural + (Terrazyme 2g y Escoria 10%)
PROFUNDIDAD	1.50 m

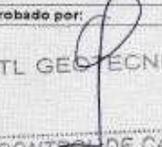
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	6		5		15	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	50		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,451		11,898		11,924	
Peso molde (gr.)	7,747		7,583		7,689	
Peso suelo compactado (gr.)	4,704		4,315		4,238	
Volumen del molde (cm ³)	2,141		2,129		2,199	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,197		2,032		1,963	
Humedad (%)	12,0		11,9		12,1	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,952		1,816		1,751	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	504,8		575,6
Tara+suelo seco (gr.)	450,5		517,1
Peso de agua (gr.)	54,1		58,5
Peso de tierra (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	450,5		517,1
Humedad (%)	12,0		11,9

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	10:35	0	5	0,00	0,00	12	0,00	0,00	9	0,00	0,00
10-Oct	10:35	24	15	0,01	0,01	17	0,01	0,00	17	0,01	0,01
11-Oct	10:35	48	19	0,01	0,01	22	0,01	0,01	21	0,01	0,01
12-Oct	10:35	72	23	0,02	0,01	25	0,01	0,01	25	0,02	0,01

PENETRACION													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 6				Molde N° 5				Molde N° 15			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección		
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0,025		11	0,5			7	0,4			4	0,2		
0,050		26	1,4			16	0,9			12	0,6		
0,075		56	2,9			42	2,1			29	1,5		
0,100	70,307	100	5,1	19,9	28,3	69	3,5	14,8	20,8	38	1,9	9,5	13,9
0,150		218	11,0			169	8,6			90	4,6		
0,200	105,450	368	19,7			275	14,0			196	10,0		
0,300		908	46,1			658	33,4			423	21,5		
0,400		1620	82,5			1105	56,1			609	30,9		
0,500		2402	122,0			1752	89,0			1101	56,0		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
		

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

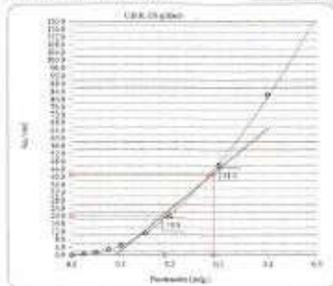
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	Ensayo en laboratorio	
SOLICITANTE	ARACELY DEL PILAR SOLAR VILCAPUMA	
PROYECTO	"APLICACIÓN DE ESCORIA DE ACERO Y TERRAZYME PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN SUR EN SAN VICENTE DE CAÑETE, 2018"	
UBICACIÓN	SAN VICENTE, CAÑETE, LIMA.	Fecha de ensayo: 12/10/2018
SONDEO	-	
MUESTRA	Terreno Natural + (Terrazyme 2g y Escoria 10%)	
PROFUNDIDAD	1.50 m	

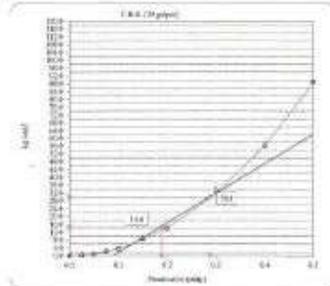
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.902 gr./cm³
Máxima Densidad Seca al 95% 1.863 gr./cm³

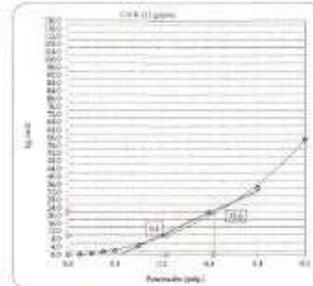
Óptimo Contenido de Humedad 12.30 %



C.B.R. (0.1%) 96 GOLPES : **28.3 %**

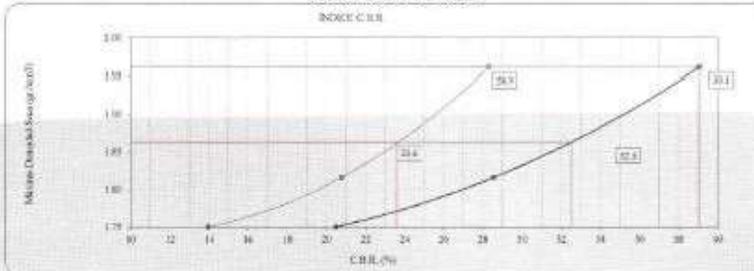


C.B.R. (0.1%) 25 GOLPES : **20.8 %**



C.B.R. (0.1%) 12 GOLPES : **13.9 %**

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" **28.3 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" **23.6 %**
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" **38.1 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" **32.5 %**

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
 MTL GEOTECNIA SAC BUELOS - CONCRETO ASFALTO	 YESSENIA BARRIAZA INGENIERO CIVIL 125115603	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD

ANEXO N° 3 Certificado de calibración



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LF-0054-2018

O.T. : 0359-0531

Fecha de emisión : 2018-03-03

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal. La Madrid Nro. 264 Aac. Los Olivos, Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CELDA DE CARGA
Marca : No indica
Modelo : No indica
Serie : 5K70836
Alcance : 1000 kg
Resolución : 0,1 kg
Procedencia : No indica
Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio de Suelos
Fecha de Calibración : 2018-02-23

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	32,2 °C	31,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	45,0%	46,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.


Lc. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico,
CFP :0316

CLL-M-001

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

Certificado : LP-0054-2016

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 700 bar TEST & CONTROL	CELDA ANYLOAD	LM-0761-2017

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kg)	Indicación del Patrón (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
100.0	101.1	1.1	0.1
500.0	500.6	0.6	0.6
1000.0	1001.2	1.2	1.2
2000.0	2002.1	2.1	2.4
2500.0	2501.3	1.3	3.0
3000.0	3000.9	0.9	3.6
3500.0	3501.2	1.2	4.2
4000.0	4001.2	1.2	4.8
4500.0	4503.8	3.8	5.4
5000.0	5004.0	4.0	6.0

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde.

Se utilizó el comparador de cuadrante con certificado LD-1449-2017 para la medición de la deformación del anillo.

INCERTIDUMBRE

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

FIN DEL DOCUMENTO



CLI-M-001

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

ANEXO N° 4. Certificado ISO 9902



Certificate of Registration

KPMG Quality Register (A business unit of KPMG Peat Marwick LLP) hereby registers:

Nature Plus, Inc.

555 Lombard Boulevard, Stratford, Connecticut, 06497

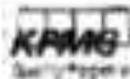
For its quality system described below under the American National Standards Institute - American Society for Quality

Q9002 (ISO 9002:1994) standard

The quality system is applicable to:

Formers and produce cleaning, evaluating and other related products

*We represent a good number of other certificate holders who have been certified under this standard. We represent neither KPMG Quality Register nor the American Society for Quality. Registration does not ensure the effectiveness or the quality of products produced by a certificate holder.



Certificate Number: 1442
 Effective Date: July 1, 1996
 Issue Date: July 31, 1996
 Expiration (renew): July 1, 1997

Donald L. Brennan, Partner
 KPMG Peat Marwick LLP
 3000 Hill, NJ 07044

ANEXO N° 5. Especificaciones Técnicas de Terrazyme

VI- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TERRAZYME

ASPECTO	TerraZyme®
Tecnología	Sistema enzimático
Efecto en la estructura mineral de la arcilla	Reduce la plasticidad y permeabilidad Incrementa la densidad y CBR.
Características y comportamiento	Reacciones e intercambio iónico, electroquímico con las partículas de la arcilla; reducción de tensión superficial; elimina el agua contenida – hidrofóbico, degradación enzimática del material orgánico en el suelo.
Naturaleza	Tecnología de fermentación de vegetales. Líquido.
Rango	Amplio rango de suelos naturales incluyendo materiales con alto contenido arcilloso cohesivo.
Aplicación	Los requerimientos de aplicación son mínimos, es de fácil aplicación. Construcción económica. Aplicación manual, basado en una buena mezcla de suelo, suficiente dilución en agua del producto y una adecuada compactación. Moderado PI; especificado (<20). El suelo puede contener material orgánico.
Rendimiento	Un Bidón de 20 Lts. Rinde para 660 m ³ , con un largo de 1100 m, ancho de 4 m, y espesor de 15 cm. Rinde 1 Lt. para 220 m ³ ó 1 Lt. sirve para 33 m ³ .
Fabricante	NATUREplus, Inc. (USA) Presentación: Bidones de 20 Lts.
Vencimiento	36 meses, contados desde la fecha de su fabricación.
Medio ambiente	Ecológico. No tóxico, biodegradable.
Propiedades a 25 °C	PH = 4 - 9 Gravedad específica = 1,0-1,10 Color = Marrón claro Viscosidad, CPS = 20 Olor = Inodoro
Test de laboratorio y evaluación	Análisis usuales durante la pre - construcción: Granulometría del suelo, límite líquido e índice de plasticidad, PH, Humedad natural, Ensayo Proctor. DCP/CBR y medidas de densidad en cameteras tratadas, para establecer el incremento de compactación con respecto al tiempo. Las condiciones en el campo y resultado se simulan en el laboratorio.

ANEXO N° 6. Plano de ubicación general



ANEXO N° 7. Panel Fotografió



Fotografía 1: Vista panorámica de la Avenida Circunvalación Sur



Fotografía 2: Terrazyme y Escoria de Acero



Fotografía 3: Excavación de la muestra de la Subrasante



Fotografía 4: Muestra para la Granulometría



Fotografía 5: Ensayo de Granulometría



Fotografía 6: Pesaje por tamizado



Fotografía 7: Ensayo de Limite liquido



Fotografía 8: Agregando la primera capa de la muestra del suelo en el molde para el ensayo de ProctorModificado.



Fotografía 9: Realización de compactación del ensayo de CBR



Fotografía 10: Agregando muestra con Terrazyme en la primera capa



Fotografía 11: Compactación del ensayo de CBR de la Subrasante en combinación del Terrazyme



Fotografía 12: Saturación de las muestras y la toma de lectura de la Expansión



Fotografía 13: Realización de ensayo de Penetración



Fotografía 14: Muestra ensayada

Yo, Jose Luis Benites Zuñiga:

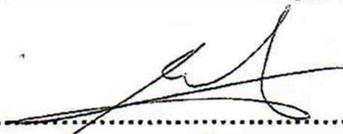
Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

“Aplicación de escoria de acero y terrazyme para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida Circunvalación Sur en San Vicente de Cañete, 2018” del (de la) estudiante Aracely del Pilar Sobr. Velazquez

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha. LIMA, 10-DIC-2018


.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Jose L. Benites Z
.....

DNI: 42414842
.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------