



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Junior Fernando Juan de Dios Salazar

ASESORES:

Dra. María Ysabel Garcia Alvarez

Mg. Luis Humberto Díaz Huiza.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR cuyo título es: ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUB RASANTE APLICANDO CAL HIDRATADA EN LA AVENIDA CANTORAL EN SAN JUAN DE LURIGANCHO.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ...14...(número)Catorce.....(letras).


Lima, 03 de Julio del 2018



 PRESIDENTE
 Esarozza



 SECRETARIO
 Casuso



 VOCAL
 DIAZ

Elaboro	  Dirección de Investigación	Revisó	  Responsable del SGC	Aprueba	  vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dedicatoria

Va dedicado a mis padres, por siempre creer en mí, fueron los primeros en motivarme y brindarme su incondicional apoyo para seguir mi camino.

Agradecimientos

Agradezco a mi esposa, por casi obligarme a seguir adelante cuando sentía que ya no podía más, a mis dos hijos Paulo y Jared, ya que sin ellos no hubiese tenido la suficiente motivación para continuar.

Al asesor de la presente investigación, Mg Luis Humberto Días Huiza, por su apoyo y creer en mí.

Declaratoria de autenticidad

Yo Juan de Dios Salazar Junior Fernando con DNI N° 47113156, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela Profesional de ingeniería civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de julio de 2018



Junior Fernando Juan de Dios Salazar
DNI: 47113156

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho”, cuyo objetivo fue Analizar las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero civil. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica el marco teórico, los objetivos, las hipótesis, problemáticas de la investigación; en el segundo capítulo se muestra la metodología usada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, en el tercer capítulo se detalla los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos. En el cuarto capítulo se explica cuales fueron mis referencias para poder llevar a cabo la investigación. En el quinto capítulo se presenta imágenes, cuadros, fotos todo basado en la realización de la investigación. En el sexto capítulo se detalla la ubicación donde se realizaron los ensayos.

Junior Fernando Juan de Dios Salazar

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar las propiedades mecánicas de la sub rasante aplicando cal hidratada para suelos cohesivos. Pretendiendo aportar diferentes tipos de resultados que generara la aplicación de cal hidratada a la sub rasante de la avenida Cantoral. Este agregado es beneficioso cuando se requiere estabilizar suelos limo arcilloso, siempre que estos cumplan con especiales requerimientos. Por lo general un suelo arcilloso es apto para el uso de cal hidratada si tiene un I.P (índice de plasticidad) de 10 que sería lo mínimo.

A partir de esos resultados, llegar a una dosificación cal- suelo, generando así un método económico y sencillo de estabilización que puede ser utilizado para sub rasantes base o sub base de las carpetas asfálticas. Para tal propósito, los ensayos de laboratorio hechos a las muestras de suelo evalúan los cambios positivos que la cal agrega sobre los suelos arcillosos y miden, de acuerdo a sus propiedades propias de cada uno de ellos, el cambio alcanzado. Los ensayos de laboratorio que se realizaron fueron, CBR, granulometría, proctor modificado y límites de consistencia; posteriormente se compararon los resultados finales de los ensayos, obteniendo así una data muy importante la cual nos da lugar a la dosificación correcta y así obtener un suelo óptimo. Este cuasi experimento, se planeó y ejecutó en cuatro etapas.

En la primera etapa, realizaron calicatas de profundidad de 1.50 metros. En la segunda etapa, se realizó un secado de las muestras al aire libre. En la tercera etapa se realizaron los trabajos respectivos en campo y laboratorio de dichas muestras obtenidas en las calicatas. Finalmente, en la cuarta etapa, se procesaron los datos obtenidos, y se contrastó pruebas iniciales y finales de las muestras.

Palabras clave: cohesivos, cal, propiedades, estabilización.

Abstract

The objective of the research was to determine the mechanical properties of the subgrade by applying hydrated lime for cohesive soils. trying to provide different types of results that would generate the application of hydrated lime to the subgrade of the Cantoral avenue. This aggregate is beneficial when it is necessary to stabilize clayey silt soils, as long as these comply with special requirements. In general, a clay soil is suitable for the use of hydrated lime if it has an I.P (index of plasticity) of what would be the minimum. Based on these results, we arrive at a soil titration, thus generating an economic and simple stabilization method that can be used for sub-base or sub-base of the asphalt binders. For this purpose, the laboratory tests done on the soil samples evaluate the positive changes that the lime adds to the clay soils and measure, according to their own properties, the change achieved. the laboratory tests that were carried out were, CBR, granulometry, modified proctor and limits of consistency; later, the final results of the tests were compared, thus obtaining a very important data which gives rise to the correct dosage and thus obtaining an excellent soil. This quasi-experiment was planned and executed in four stages.

In the first stage, they made pits of depth of 1.50 meters. In the second stage, the samples were dried outdoors. In the third stage, the respective works were carried out in the field and laboratory of said samples obtained in the pits. Finally, in the fourth stage, the obtained data were processed, and initial and final tests of the samples were checked.

Keywords: cohesive, lime, properties, stabilization.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	3
1.2 Trabajos previos.....	5
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	8
1.4 Formulación del problema.....	15
1.5 Justificación del estudio.....	15
1.6 Hipótesis.....	16
1.7 Objetivos.....	17
II. MÉTODO.....	18
2.1 Diseño de la investigación.....	19
2.2 Variables, operacionalización.....	19
2.3 Población y muestra.....	22
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
2.5 Métodos de análisis de datos.....	24
2.6 Aspectos éticos.....	24
2.7 Propuesta de una metodología de trabajo para la estabilización de la sub rasante según estudios de mecánica de suelos realizados en la avenida Cantoral.....	25
III. RESULTADOS.....	34
3.1 Análisis de resultados.....	35
3.2 Propiedades del suelo de terreno natural.....	35
3.3 Propiedades del suelo de terreno natural + 2.0 % de cal hidratada.....	39
3.4 Propiedades del suelo de terreno natural + 4 % de cal hidratada.....	42
3.5 Propiedades del suelo de terreno natural + 10 % de cal hidratada.....	45
3.6 Resultados unificados.....	48
IV. DISCUSIÓN.....	56

V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES.....	64
VII. REFERENCIAS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalizacion de variables.....	20
Tabla 2 Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	21
Tabla 3 Grados de validez del instrumento de medición.....	23
Tabla 4 Coeficiente de Validez por juicio de expertos.....	23
Tabla 5 Ficha tecnica de la cal hidratada.....	28
Tabla 6 Unificación de la dosificación de la cal hidratada.....	28
Tabla 7 Límites de consistencia.	36
Tabla 8. Resultados de proctor modificado.	37
Tabla 9 Límites de contingencia.....	39
Tabla 10 Resultados de proctor modificado.	40
Tabla 11 Límites de consistencia.....	42
Tabla 12 Resultados de proctor modificado.	43
Tabla 13 Límites de contingencia.....	45
Tabla 14 Resultados de proctor modificado.	46
Tabla 15 Límites de contingencia.....	48
Tabla 16 Comparacion de proctor modificado sobre porcentajes de cal.....	49
Tabla 17 Relación de soporte de California	51
Tabla 18 Costo de estabilización de suelos	52
Tabla 19 Costo de mantenimiento de suelo estabilizado.....	53
Tabla 20 Análisis de precios unitarios.....	96
Tabla 21 Análisis de precios unitarios.....	96
Tabla 22 Análisis de precios unitarios.....	97
Tabla 23 Análisis de precios unitarios.....	97
Tabla 24 análisis de precios unitarios.....	98
Tabla 25 Análisis de precios unitarios.....	98
Tabla 26 Análisis de precios unitarios.....	99
Tabla 27 Análisis de precios unitarios.....	99
Tabla 28 Análisis de precios unitarios.....	100
Tabla 29 Análisis de precios unitarios.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grietas de contracción. Fuente: Elaboracion propia.	4
Figura 2. Avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho. Fuente: Elaboración propia.....	4
Figura 3. Proceso de cal hidratada. Fuente: Oxical.	8
Figura 4: Aplicación de la cal hidratada a la subrogante. Fuente: Sampedro	9
Figura 5: Lado izquierdo suelo tratado con cal y lado derecho sin tratar. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 6: Carta de plasticidad – AASTHO. Fuente: Mott L. R.....	11
Figura 7: Curva de compactación. Fuente: Elaboración propia	12
Figura 8: Prensa para medida de expansión. Fuente: Orión laboratorios.....	13
Figura 9: Metodología de trabajo para estabilización de suelos. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 10: Mapa de suelos cartográficos de distritos de lima. Fuente: Sinia.	25
Figura 11: Obteniendo las primeras muestras. Fuente: Elaboración propia.....	26
Figura 12: Obteniendo muestras de más profundidad. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 13: Transporte de las primeras muestras en total 200 kilogramos. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 14: Entrega de muestras al laboratorio lugar Huachipa. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 15: Movimiento de tierras. Fuente: Sampedro.....	30
Figura 16: Distribución de sacos de cal hidratada. Fuente: Sampedro.....	31
Figura 17: Apertura de sacos de cal hidratada. Fuente: Sampedro.	31
Figura 18: Mezclado de cal hidratada por medio de maquinarias. Fuente: Sampedro...	32
Figura 19: Compactación de suelo estabilizado. Fuente: Sampedro.	33
Figura 20: Curva granulométrica. Fuente: Orión laboratorios.	35
Figura 21: Límites de consistencia de muestra natural. Fuente: Orión laboratorios.	36
Figura 22: Proctor modificado de muestra natural. Fuente: Orión laboratorios.....	37
Figura 23: C.B.R. muestra natural. Fuente: Orión laboratorios.	38
Figura 24: Limites de consistencia de muestra natural + 2% de cal. Fuente: Orión laboratorios.	39
Figura 25: Proctor modificado suelo natural + 2% de cal. Fuente: Orión laboratorios..	40
Figura 26: C.B.R. de suelo natural + 2% de cal. Fuente: Orión laboratorios.....	41

Figura 27: Límites de consistencia de suelo natural + 4% de cal. Fuente: Orión laboratorios	42
Figura 28: Proctor modificado + 4 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.	43
Figura 29: Relación de soporte de California (C.B.R) +4 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.	44
Figura 30: Límites de consistencia + 10 % de cal hidratada. Fuente: Orion laboratorios.....	45
Figura 31: Proctor modificado + 10 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios. ...	46
Figura 32: Relación de soporte de California (C.B.R) + 10 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.	47
Figura 33: Disminución del límite plástico sobre los porcentajes de cal. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 34: Variación del límite líquido sobre los porcentajes de cal. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 35: Elevada variación del índice de plasticidad. Fuente: Elaboración propia....	49
Figura 36: Variación de la máxima densidad seca sobre el porcentaje de cal. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 37: Comportamiento de OCH sobre el porcentaje de cal. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 38: Variación del CBR sobre los porcentajes de la cal. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 39: Variación del CBR sobre el porcentaje de cal. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 40: Certificación de calibración. Fuente: Inacal	74
Figura 41: Certificación de calibración. Fuente: Inacal	75
Figura 42: Certificación de calibración. Fuente: Inacal	76
Figura 43: Certificación de calibración. Fuente: Inacal	77
Figura 44: Calicata con la altura final. Fuente: Elaboración propia.	94
Figura 45: Suelo amarillento con de material limo y un poco de arcilla. Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura 46: Calicata terminada. Fuente: Elaboración propia.	95
Figura 47: Técnicos evaluando preparando los instrumentos. Fuente: Elaboración propia.	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	73
Anexo 2. Autorizaciones	74
Anexo 3. Instrumento de recolección de datos.....	78
Anexo 4. Trabajos realizados en campo.....	94
Anexo 5. Transporte y entrega de muestras al laboratorio de mecánica de suelos y análisis de precios unitarios.	95

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada, se puede definir como la variación de características que se generaran a la subrasante cuando sea aplicada con cal hidratada, las cuales reaccionaran generando resultados diferentes, ya que la dosificación de cal será en diferentes proporciones.

La característica principal de este tipo de análisis, es obtener resultados de laboratorio óptimo y favorable, para poder generar a base de esta información soluciones rápidas y económicas para el mejoramiento de las características de la subrasante.

“La cal más usada en las estabilizaciones es la hidratada, su efecto básico es la constitución de silicatos de calcio que se forman por acción química de la cal sobre las arcillas, para ser compuestos cementadores” (Beltrán y Copado, 2011.p.2).

Al respecto existen muchas razones que argumentan y sustentan las cualidades de la cal hidratada. En ese mismo orden, Celaledin, Atakan , Halit (2011) Sostienen que “las propiedades de la cal hidratada, que incluyen el tamaño de partícula, la rugosidad y la energía superficial, pueden demostrar que es una carga con un impacto único sobre la reología del ligante bituminoso y la mecánica de daños de las masillas de concreto”(p.139).

Por otro lado, Celaledin et al. (2011) identifican que la cal hidrata es una carga activa y con el aumento en porcentajes respecto al peso del suelo la resistencia a la deformación permanente aumento (p.147).

Por su parte, Jian Z., Marco I., y Reynaldo R. (2013). Argumentan que la cal hidratada se debe usar ampliamente como un aditivo en las carpetas debido a sus efectos beneficiosos en términos de resistencia al daño por humedad, que es un importante contribuyente al sufrimiento prematuro (p.302).

Para poder determinar las propiedades mecánicas se realizaron ensayos donde evaluamos los diferentes resultados, que se generan al variar las dosificaciones de cal las cuales son de 2%, 4%, y 10%, con este tipo de dosificación podremos comprobar la efectividad de la norma CE 030 del reglamento nacional de edificaciones.

1.1 Realidad problemática

La aplicación de la cal tiene muchos años de antigüedad en la construcción. Por ejemplo, las calzadas romanas están apoyadas sobre bases de mezclas compactadas de arcillas y cal, las pirámides de Shersi en el Tíbet , como también, en Europa, la china y la india a lo largo de la historia, se ha usado de diferentes maneras la estabilización con cal, pero a finales de los 1940, en EEUU, fueron los primeros en hacer una mezcla de suelo y cal, por sus grandes resultados estas técnicas se desarrollaron con gran rapidez. Ya que, gracias a estas se pudo construir miles de kilómetros de carreteras, como también aeropuertos como el de Dallas Fort Worth en EEUU, obteniendo grandes resultados en sus aplicaciones.

“El Informe Global de Competitividad, elaborado por el Foro Económico Mundial, posiciona a Chile como el país con mejores carreteras en Latinoamérica, y esto se debe a que desarrollaron técnicas de compactación de agregados como la cal hidratada, con resultados favorables y duraderos para sus carreteras. El informe también nombro a Paraguay, Perú, Colombia y Haití como los países con mayores problemas en su red vial” (Beltrán, 2011, p.90).

Gracias a este informe se pudo encontrar una relación entre el aumento de la escolaridad y las mejoras en las carreteras. En el Perú las carreteras se caracterizan por su deficiencia en cuanto a calidad y cantidad, siendo estas la mejor comunicación a pueblos alejados, además las carreteras son la mejor inversión económica por que ayudara al desarrollo del negocio. Según Aviactran, el asfaltado de las pistas debería estar en buenas condiciones durante unos 20 años. Sin embargo, en varios distritos de Lima, este se deteriora en solo cinco años. Debido a ello, Al menos el 70% de las pistas y calzadas están en mal estado o tienen algún tipo de problema en su infraestructura.

Estudios estadísticos de la INEI nos mencionan que, en el 2015 se generó el mayor gasto en obras destinadas a infraestructura vial, con un monto de S/ 2 mil 681 millones, principalmente para la construcción, rehabilitación, ampliación y mejoramiento de pistas y veredas, puentes, reparación y apertura de carreteras, trochas, entre otras. Para ello, es necesario utilizar tecnologías económicas comprobadas, que brinden mejor calidad en cuanto a su durabilidad y eficiencia. Para eso se buscó diferentes métodos que pueden modificar y dar más durabilidad a las avenidas y carreteras.

El mal estado de las pistas, se debe principalmente a malos procesos constructivos. Porque, muchas veces no se utilizan materiales de calidad o no hay un ingeniero residente supervisando correctamente todo el proceso, desde la fase subrasante, hasta la subbase, base y carpeta asfáltica.



Figura 1: Grietas de contracción. Fuente: Elaboracion propia.

Lamentablemente, algunas municipalidades, tal sea el caso del distrito de San Juan de Lurigancho, optan por realizar trabajos superficiales en las pistas, cuando estas requieren el retiro de toda la estructura debido a la magnitud del daño.



Figura 2. Avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 como se observa en la avenida Saúl cantoral, es necesario la construcción de pistas, ya que estas, después de los parques y plazas, son el mayor espacio público donde interactuamos.

Para Wilson y Kelling (2008), “El estado de las pistas y veredas y la poca iluminación hacen a una zona vulnerable a la delincuencia” (p.08).

La avenida cantoral se encuentra ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho la cual pertenece a la provincia de Lima en el departamento de Lima. Este sector no cuenta con algunos servicios de necesidades básicas que permitan tener una mejor calidad de vida de sus habitantes, una de ella es que en muchos lugares no cuentan con pistas, veredas y algunos otros servicios básicos las cuales pueden haber sido por el aumento de sus habitantes que llegaron de otros lugares y convirtieron las zonas desérticas en asentamientos humanos las cuales no fueron previstos en los estudios de desarrollo de la planificación urbana.

Las rutas principales de acceso a la zona son por la Avenida Fernando Wiesse las cuales cuentan con carreteras que son de tipo pavimento flexible.

El distrito de San Juan de Lurigancho presenta suelos arcillosos de alta y baja plasticidad las cuales no cumplen con las exigencias de las normas técnicas para fundar estructuras.

En ese sentido, este trabajo de investigación, consistirá en generar una dosificación de mezcla suelo-cal que cumpla con los requisitos establecidos (esta dosificación podría variar de acuerdo a las propiedades físicas-mecánicas del suelo) mediante la aplicación adecuada de cal hidratada con el material a estabilizar. Además de evaluar los efectos de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso de la avenida cantoral.

1.2 Trabajos previos

Antecedentes internacionales

Así pues, Beltrán (2011) en su tesis titulada: “Estabilización de un suelo arcilloso con cal, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de ciudad Obregón México”, determino como objetivo estabilizar un suelo del sector localizado entre las colonias casa blanca y San Juan Capistrano en Obregón, adicionando al suelo un porcentaje óptimo de cal hidratada, y que este posteriormente pueda ser usado como capa subrasante de un pavimento (p. 4). Para ello clasificaron el

suelo en base a sus características físicas, además de, determinaron las propiedades mecánicas del suelo a estabilizar, obteniéndose límites de plasticidad del suelo estabilizado y comparar los resultados con la plasticidad del suelo en estado natural. Se concluyó que el suelo analizado no cumplió con los requisitos establecidos por las normas de la SCT, por ellos que, mediante la cal, se buscó incrementar su capacidad de soporte CBR cumpliendo con los requerimientos mínimos de la capa subrasante.

Posteriormente, Manrique (2009) en su trabajo de investigación titulado: “Guía básica para la estabilización de suelos con cal, tuvo como objetivo elaborar una guía para la estabilización de suelos plásticos ($IP \geq 10$)”, mediante el diseño de una mezcla suelo-cal, para ser usada en caminos de baja intensidad vehicular en el salvador (p. 7). Encontrándose viable técnicamente en suelos plásticos utilizando los procedimientos de las normas respectivas. Se concluyó que la adición de cal disminuye la plasticidad del suelo, reduciendo de igual manera su cohesión, y la resistencia en los primeros días de curado; razón por la cual la resistencia a la compresión a temprana edad, en probetas elaboradas con suelo natural son superiores que las de mezcla suelo-cal.

Por su parte, Ruano (2009) en su tesis titulada: “Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva”, tuvo como objetivo principal Realizar el estudio de estabilización de suelos cohesivos con arenas volcánicas y cal viva, para ello, se realizaron ensayos en el laboratorio de suelos, así como la obtención y comprobación de resultados (p. 6). Se determinó que utilizando cualquiera de las dos arenas tanto la sílice como la azul, ambas obtienen valores muy similares de CBR, sin embargo, su mayor valor de densidad específica y la composición mineralógica de la arena azul, logra que alcance valores un poco más altos que la arena sílice. Las conclusiones fueron: que se puede utilizar estas arenas de origen volcánicas combinadas con un 10 por ciento de cal viva para poder lograr estabilizaciones de varios valores según sean las necesidades que requiera el constructor.

Antecedentes nacionales

Así pues, García (2015) en la tesis titulada: “Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando la cal estructural en el suelo limo arcilloso”, tuvo como objetivos: Determinar las variaciones de plasticidad, densidad y resistencia de la subrasante al incorporar cal estructural.

Aplicando una metodología exhaustiva y ordenada en un estudio de caso real (p. 7). Se determinó que al incorporar cal estructural en diferentes porcentajes nos permitirá conocer si la cal realmente aumenta la resistencia y disminuye su índice de plasticidad. Finalmente se concluyó que el uso de la cal aumenta la resistencia de una subrasante limo arcilloso, aumentando su máxima densidad seca y disminuye su índice de plasticidad logrando así un suelo limo arcilloso mejorado.

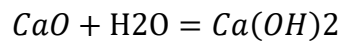
Por su parte, Jara (2014) con su tesis titulada: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca”, así como aumentar la resistencia de la subrasante. La metodología utilizada comprendió el marco legal e institucional del diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito (p. 9). Obtuvieron como resultado que, habiéndose hechos los ensayos de suelos en el laboratorio, estos no obtenían la resistencia necesaria para una óptima estabilización, dado esto se tuvo que hacer mezclas de suelo y cal. Se concluyó que el CBR de desafío al 95% máximo se logra con un porcentaje de cala de 4% con un valor de 11.48%. El CBR mínimo es de 2.55% sin adicionar cal a la muestra, el cual está por debajo de 6 exigido para subrasantes según norma (MTC EM 115).

Por otro lado, Gutiérrez (2012) con su tesis titulada:” Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio frente al cloruro de calcio” tiene como objetivo aplicar y comparar dos tipos de agregados químicos que resulten satisfactorios para la estabilización de suelos su metodología utilizada permite conocer las ventajas técnicas, económicas y ambientales de los productos químicos estabilizadores (p. 4). Se concluyó que gracias a los procesos realizados el cloruro de magnesio tiene grandes desventajas frente al cloruro de calcio por que este se adecua a las condiciones climatológicas del Perú ya que el cloruro de magnesio se necesitan altas cantidades para tener concentraciones (28%) que a comparación del cloruro de calcio no sucede así (40%), por lo tanto como primera alternativa para la estabilización y habilitación de caminos y que cumplan con las expectativas de economía y duración para las zonas de la costa peruana es el cloruro de calcio.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Cal hidratada

“La cal es un aglomerante que procede de la calcinación de piedras calizas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca puede obtenerse una serie de cales, que varían desde cales muy puras; altamente cálcicas” (Rico y Castillo, 2006, p.150).



En la figura 3 nos muestra las etapas de la cal hidratada las cuales nos permite tener una idea exacta de lo que sucede física y químicamente durante la combinación de otros agentes como es el H₂O. Para Serrano (2016) “Al agregarse agua al óxido de calcio se produce hidróxido cálcico Ca (OH)₂, denominada cal apagada o cal hidratada; este tipo de cal desprende calor, elevando su temperatura a unos 160° C., pulverizándose y aumentando considerablemente de volumen aparente” (p. 84).

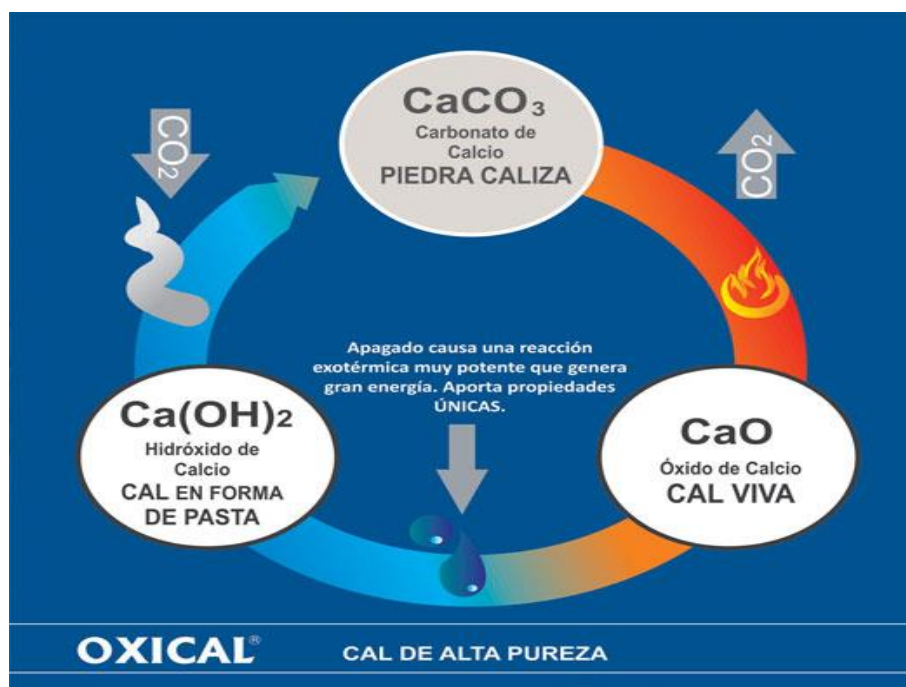


Figura 3. Proceso de cal hidratada. Fuente: Oxical.

“El mecanismo básico consiste en la carbonatación de los hidratos de carbono en contacto con el dióxido de carbono atmosférico, que le lleva a aumentar la resistencia y durabilidad de los materiales” (Bauzá, 2010, p.67).

“La cal hidratada mejora de manera importante las características de los materiales a los que se le aplica, desarrollando así, su consistencia y resistencia. Ya que gracias a su consistencia mejora la trabajabilidad de los materiales y principalmente de los suelos. Por medio de la modificación de sus propiedades de plasticidad, penetración, capacidad de retención del agua y penetración” (Bauzá, 2010, p.45).

Como se observa en la figura 3, para Sampedro (2009) “Generalmente se realiza la estabilización de la subrasante con una mezcla, esta vez con una dosificación de cal hidratada. Sin embargo, esta dosificación debe ser determinada con un diseño de mezcla y un protocolo de prueba. La cal hidratada tiene la propiedad de estabilizar permanentemente el suelo cohesivo, para crear una capa con un valor estructural muy importante en el sistema del pavimento. Estos suelos tratados pueden ser de material de préstamo o también del mismo lugar” (p. 86).



Figura 4: Aplicación de la cal hidratada a la subrogante. Fuente: Sampedro

Como nos muestra la figura 4 la cal hidratada cambia considerablemente las características del suelo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, como también de forma permanente, en particular a lo concerniente a la acción del agua.



Figura 5: Lado izquierdo suelo tratado con cal y lado derecho sin tratar. Fuente: Elaboración propia

Además, que, “Sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar diferentes tipos de suelos. Las propiedades de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. Mayormente, los suelos arcillosos de grano fino se consideran buenos candidatos para la estabilización. Los suelos que contienen cantidades significativas de material orgánico o sulfatos pueden requerir cal hidratada adicional o procedimientos de construcción especiales” (National Lime Association The Versatile Chemical, 2006, p. 5). Por lo tanto, la aplicación de este material modifica la textura del suelo y se genera un incremento de su resistencia, estos efectos varían según el tipo de suelos, granulometría y mineralogía y también la cal usada en función de su riqueza y actividad.

Suelos cohesivos.

Los suelos tienen partículas de varios tamaños además de características físico químicas que los identifican, es muy importante conocer todos estos detalles para cualquier tipo de proyecto sobre un suelo por eso que se tiene que hacer estudios de suelos y obtener la información más precisa del suelo sobre el cual se va a construir (Juárez y Rico, 2010, p 67).

Los suelos cohesivos fundamentalmente tienen propiedades de cohesión y plasticidad estos suelos pueden ser granulares con parte limo orgánico o arcilla, que les transfieren cohesión y plasticidad también de ser limosos y arcillosos o de grano muy fino (Juárez y Rico, 2010, p 67).

Resistencias al corte.

Se define como el máximo valor que la tensión cortante puede alcanzar sin que se verifique la rotura de la estructura del suelo, mientras que esta resistencia proviene de la fricción de sus partículas, pero depende de la tensión aplicada (Juárez y Rico, 2010, p 23).

Aspectos físicos químicos.

Los tamaños de partículas de las arcillas hacen que sean más complejas para el comportamiento al corte de los suelos cohesivos. Es arcilla cuando sus partículas son de menor tamaño que 0.002 mm así también, la consolidación eleva la resistencia al corte debido a que las partículas son aproximadas unas de las otras por efecto de una carga, si la carga es retirada las fuerzas de superficie impiden el retorno de las partículas y surge así la cohesión (Juárez y Rico, 2010, p 23).

Índice de plasticidad

Es el nivel de humedades cuando el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición, es la diferencia entre el Límite líquido y el Límite plástico. En la figura 6, muestra las características de material fino contenido en la masa. Este ensayo, permite conocer cualitativamente el comportamiento de un suelo en función de su humedad con lo cual se podrá trabajar un suelo de forma tal que éste sea capaz de resistir solicitaciones, deformándose sin fallar.

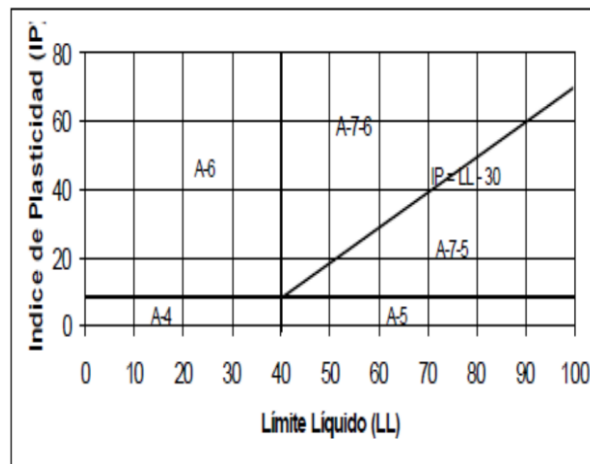


Figura 6: Carta de plasticidad – AASTHO. Fuente: Mott L. R.

Límite líquido

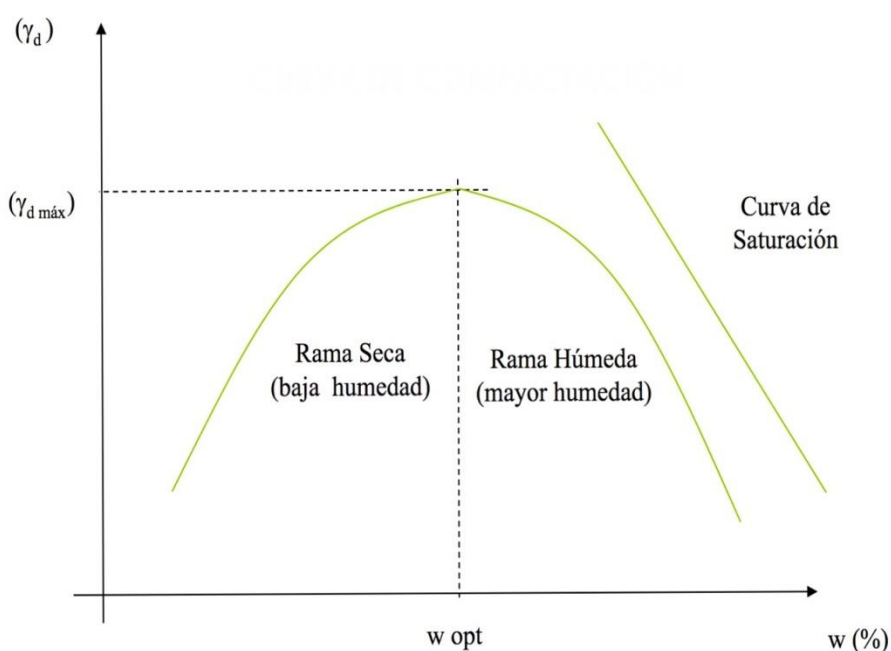
Se define como el contenido de humedad con el cual el suelo varía del estado líquido al plástico. Así pues, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte y según Atterberg es de 25 g/cm² (MTC E10, 2014, p 5)

Limite plástico

Es el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. El límite plástico se determina con el material sobrante del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta obtener una mezcla plástica que sea moldeable. Se forma una pequeña bola que deberá rodillarse enseguida aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos (MTC E10, 2014, p 6).

Humedad optima

Se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo, la cual se consigue la máxima densidad seca. En general es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable (Juárez y Rico, 2010, p 263).



Dónde:

Figura 7: Curva de compactación. Fuente: Elaboración propia

Ds: Densidad seca.

Dh: Densidad húmeda.

W%: Contenido de humedad.

En la figura 7, la densidad seca que está en la cima de la curva se le relaciona como máxima densidad seca de compactación, por otro lado, el correspondiente contenido de

humedad se designa como el contenido óptimo de humedad. En el tiempo que se compacta un suelo bajo distintas condiciones de humedad y siendo alguno el método empleado, se vinculan las densidades con los porcentajes de humedad.

“El óptimo contenido de humedad es el valor de la humedad que desarrolla la máxima densidad seca. Debido a la influencia que el método de compactación ejerce sobre la curva de humedad y densidad” (Juárez y Rico, 2010, p 264).

Resistencia del suelo

Como se muestra en la figura 8, con la prensa podemos realizar el ensayo de C.B.R., es el más empleado para el diseño de pavimentos, y mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante), de un suelo bajo condiciones de humedad y densidades controladas.



Figura 8: Prensa para medida de expansión. Fuente: Orión laboratorios.

$$C.B.R. = 100 \times \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}}$$

El ensayo C.B.R. mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo, después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento. Así que, el hecho de sumergir la muestra se debe a que así podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por consiguiente, después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, lo

penetramos con un pistón, el cual va conectado a un pequeño plotter que nos genera una gráfica donde se nos representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra (NTP 339.145. 2015. p 6).

Plasticidad

Se define como la capacidad que posee una masa de cal para cambiar su forma cuando ésta es sometida a presión sin que se produzca la ruptura y para mantener la forma alterada (NTP 339.145. 2015. p 6).

Finura

Es una característica importante en la medida que interviene en las condiciones de almacenamiento, transporte y mezcla con el suelo. La hidratación de la cal viva con el agua produce la cal hidratada lo que lleva, además, una auto pulverización muy fina, incluso micronizada del producto. Además, la finura puede intervenir en la reactividad de la cal (NTP 339.145. 2015. p 6).

Dureza

La dureza de las cales varía entre muy blandas y una dureza que se aproxima a la de la piedra original de donde se obtuvo, la dureza de la cal dependerá de la temperatura de calcinación (NTP 339.128. 2015. p 6).

Fraguado

La mezcla de suelo y cal debería fraguar suficientemente para permitir la reacción química que cambia las propiedades del material. Así también el período de fraguado, comúnmente, es de 1 a 7 días. Luego del fraguado, el suelo deberá ser mezclado de nuevo antes de la compactación. Para suelos con índice de plasticidad bajos, o cuando el objetivo es el secado o la modificación, por lo general, el fraguado no es necesario (Sampedro, 2004, p 25).

Cálcicos

Al producirse con piedra caliza alta en carbonato de calcio, puede adquirirse una cal de alta pureza en calcio. Al reaccionar con el aluminio y sílice de las arcillas, forma materiales cementantes que contribuyen a ganar resistencia en las capas estabilizadas con cal hidratada. (Sampedro, 2004, p 32).

El contenido en óxido de calcio (CaO)

Es el componente fundamental de la cal. Puede estar, en forma de óxido CaO en la cal viva y en forma de hidróxido Ca (OH)₂ en la cal hidratada (Sampedro, 2004, p 45).

1.4 Formulación del problema

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

Problema general

¿Cómo influye la aplicación de la cal hidratada a las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018?

Problemas específicos

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿De qué manera contribuyen las características físicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la subrasante de la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018?
- ¿Cuál es la incidencia de las características químicas de la cal hidratada para los suelos cohesivos en la subrasante de la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018?
- ¿Cómo varía las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con la dosificación de la cal hidratada en la subrasante de la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018?

1.5 Justificación del estudio

Justificación teórica

Este análisis se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el uso de la cal hidratada como agregado estabilizador, cuyos resultados de esta investigación podrá brindar propuestas para ser incorporado como conocimiento y demostrar la versatilidad del agregado.

Justificación metodológica

Ya que esta investigación tiene el interés de concientizar a los profesionales e investigadores con el tema de la estabilización de suelos cohesivos con cal hidratada y todos los beneficios que pueden tener.

Justificación ambiental

Porque la cal hidratada es un mineral natural que se extrae del ambiente el cual por medios de procesos se convierte en un mineral atóxico, además este mineral absorbe el dióxido de carbono y la humedad, es evidente entonces que ayuda al medio ambiente. Además, que en su proceso de aplicación es mínimo lo generado en daños al ambiente

Justificación económica

Por el bajo costo de la cal hidratada hace que, esta aplicación no sea el tanto costoso, por consiguiente, el resultado es pavimentos de mucha más durabilidad.

1.6 Hipótesis

Hipótesis general

HG: La aplicación de la cal hidratada mejorará las propiedades mecánicas de la subrasante de suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018.

Hipótesis específicas

- **HE1:** Las características físicas de la cal hidratada contribuyen a las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018.
- **HE2:** Las características químicas de la cal hidratada inciden en las propiedades mecánicas de suelos cohesivos de la avenida cantoral en San Juan de Lurigancho 2018.
- **HE3:** La dosificación de la cal hidratada varía de manera importante las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018.

1.7 Objetivos

Objetivo general

El objetivo general fue Analizar las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar las características físicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018.
- **OE2:** Determinar las incidencias de las características químicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018
- **OE3:** Determinar la variación de las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con la dosificación de la cal hidratada en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

Según Castro Paúl (2011) sostiene que “La importancia del método científico esta expresada en cuanto a la toma de decisiones que el proceso o fenómeno que exige a los investigadores y a quienes administran las organizaciones, a enfrentarse casi a diario” (p. 12).

Asimismo, Borja Suarez (2012) manifestó que: “Es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento y que permitirá la interpretación de la realidad” (p. 8).

Debido a estas consideraciones, la presente investigación empleará el método científico ya que se aplicará los pasos principales de dicho método.

2.2 Variables, operacionalización

Variables

Variable independiente: Cal hidratada

Variable de pendiente: Suelos cohesivos.

2.2.1 Operacionalización de las variables

Tabla 1.
Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN
X1: Cal hidratada	Es un producto compuesto por óxido de calcio, posee una gran avidez para el agua, produciendo hidróxido cálcico (Villarino, 2010 p.23)	Grado de influencia de la cal hidratada para la estabilización de suelos cohesivos	D1 Propiedades físicas D2: Propiedades químicas D3: Dosificación de la cal hidratada	D1.1 Plasticidad D1.2 Finura D1.3 Dureza D2.1 Fraguado D2.2 Cálcicos D2.3 El contenido en óxido de calcio (CaO) D3.1 Porcentajes de 2%, 4%, 10%	Escala
Y1: Suelos cohesivos	Son de partículas muy pequeñas limo-arcillosas de características cohesivas y plásticas que se emplean de forma directa en la compactación de suelos. (Bañón, 2011 p. 15)	Nivel de mejoramiento de la estabilización de suelos cohesivos	D1: Límites de plasticidad D2: Compactación D3: Resistencia del suelo	D1.1 Límite líquido. D1.2 Límite plástico D1.2 Índice de plasticidad D2.1 Óptimo contenido de humedad D2.2 Máxima densidad seca D3.1 CBR al 0.1" D3.2 CBR al 0.2"	Escala

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Matriz de Operacionalización de las variables

Tabla 2

Matriz de operacionalización de las variables de la investigación

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
Cal hidrata (Jiménez Martha, 2010, p. 35; García Ana Belén, 2015, p. 42)	Es el resultado de la hidratación de la cal viva (Jiménez Martha, 2010, p. 35; García Ana Belén, 2015, p. 42)	Es generalmente para referirse a las formas manufacturadas del carbonato de calcio o piedra caliza,	características físicas (Beltrán Mario, 2011, p. 38; Copado José, 2011, p. 38)	Plasticidad (Ruano Denis, 2012, p. 15; Altamirano José, 2015, p. 22; Díaz Axell 2015, p. 22)	Ficha de recopilación de datos	Escala del indicador de la dimensión 1
Suelos cohesivos (Bauza Carlos, 2009, p. 13; Juárez _Humberto, 2008, p. 19)	Es la característica de algunas partículas del suelo de atraer y adherirse a partículas semejantes (Bauza Carlos, 2009, p. 13; Juárez _Humberto, 2008, p. 19)	Esta determina si los suelos pueden cementarse como en el caso de las arcillas	Características químicas (Juárez Elmer, 2012, p. 33; Gutiérrez Carlos, 2015, p. 39; Jara Ricardo, 2014, p. 44)	Indicador de la dimensión 2.1 (Juárez Elmer, 2012, p. 33; Gutiérrez Carlos, 2015, p. 39; Jara Ricardo, 2014, p. 44)	Ficha de recopilación de datos	Escala del indicador de la dimensión 2.1

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población y muestra

Población.

“Se define población al conjunto de elementos que reúnen por lo menos alguna característica” (González, 2011, p. 142).

En la presente investigación, la población estará conformada por suelos cohesivos de diferente plasticidad del acceso de la avenida cantoral en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Muestra.

“Se define como a la porción de la población, que reúne necesariamente las características clave de aquella” (González, 2011, p. 144).

Además, se realiza por economía de tiempo y recursos. Se tomó como muestra la cuadra 15 de la avenida cantoral sector 3 del distrito de san juan de Lurigancho.

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

Tipo de técnicas:

Observación directa de los hechos:

“Se recogen datos directamente de los objetos percibidos mediante registros” (Hernández, 2014. p. 252). En la presente investigación se empleará la técnica de observación directa.

Instrumentos

“Son aquellos que deben representar verdaderamente las variables de investigación, cuyas respuestas se obtienen, codifican o transfieren a una matriz o base de datos y se preparan para su análisis” (BORJA , 2012, p. 197). Se empleará como instrumento de investigación la *ficha de recopilación de datos*.

Validez del instrumento

Según Hernández (2011, p. 154), “Se refiere al grado en que un instrumento realmente mide las variables que pretende medir”, quien además los clasifica en Validez de contenido, Validez de criterio, Validez de constructo y la Validez de expertos.

Tomando en cuenta la clasificación, para nuestro estudio solamente se considerará la validez de expertos.

Por otro lado, para medir esta validez, según (OSED, 2011. p . 154), se tomará en cuenta la siguiente ficha:

Tabla 3
Grados de validez del instrumento de medición

Grado	Denominación
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Valida
0,66 a 0,71	Muy Valida
0,72 a 0,99	Excelente Validez
1,00	Validez perfecta

Fuente: (OSED, 2011. p . 154)

Realizado el grado el análisis de validez en la ficha de recolección de datos anexo 6.3 cotejando los datos en la tabla 3 este alcanzo un valor de 0.90 el cual según tabla 2 se interpreta como una validez excelente.

Tabla 4
Coefficiente de Validez por juicio de expertos

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
TOTAL	1	0.85	0.85	0.90
	Índice de Validez			0.90

Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad.

Es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes, según (HERNANDEZ Sampieri, et al., 2014 p. 197).

En la presente investigación no se realizada la prueba de confiabilidad puesto que se presentaron documentos anexados dentro de esta investigación la cual permite obtener altos grados de confiabilidad además que, el instrumento de investigación no es un cuestionario por que se realizaran en un laboratorio.

2.5 Métodos de análisis de datos

La estadística descriptiva e inferencial se realizó con la aplicación del Excel y el SPSS24 y se evaluó las propiedades físicas, químicas y biológicas de las muestras en los laboratorios certificados de Orion Lab sac.

Los gráficos, mapas conceptuales se generando empleando el programa AutoCAD 2017 y los cálculos de operaciones matemáticas se realizarán mediante el Excel.

2.6 Aspectos éticos

El investigador se compromete a respetar la veracidad de los resultados adquiridos, la confiabilidad de los datos obtenidos a partir de los resultados del trabajo en laboratorio que arroje la muestra, así como la identidad de los participantes en el proceso de investigación del estudio.

2.7 Propuesta de una metodología de trabajo, para la estabilización de la subrasante, según estudios de mecánica de suelos realizados en la avenida Cantoral.

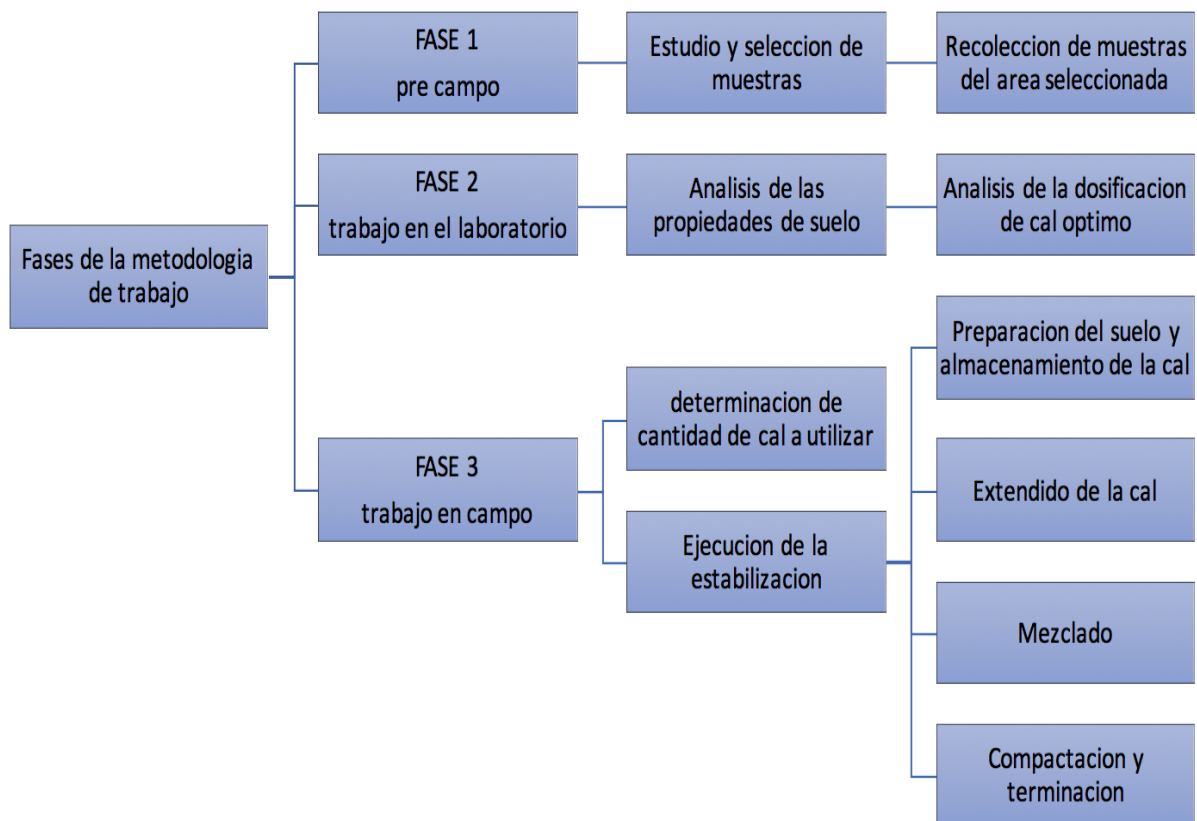


Figura 9: Metodología de trabajo para estabilización de suelos. Fuente: Elaboración propia.

FASE 1

Estudio y selección de muestras.

Para este proyecto se tomó como referencia un mapa estratigráfico, donde nos permite ubicar a San Juan de Lurigancho zonas donde podemos encontrar suelos arcillosos, los cuales son compatibles con este tipo de estabilización.

Por tal motivo, seleccionamos la avenida Cantoral para el análisis de la toma de muestras y verificar si es compatible con el método a aplicar.

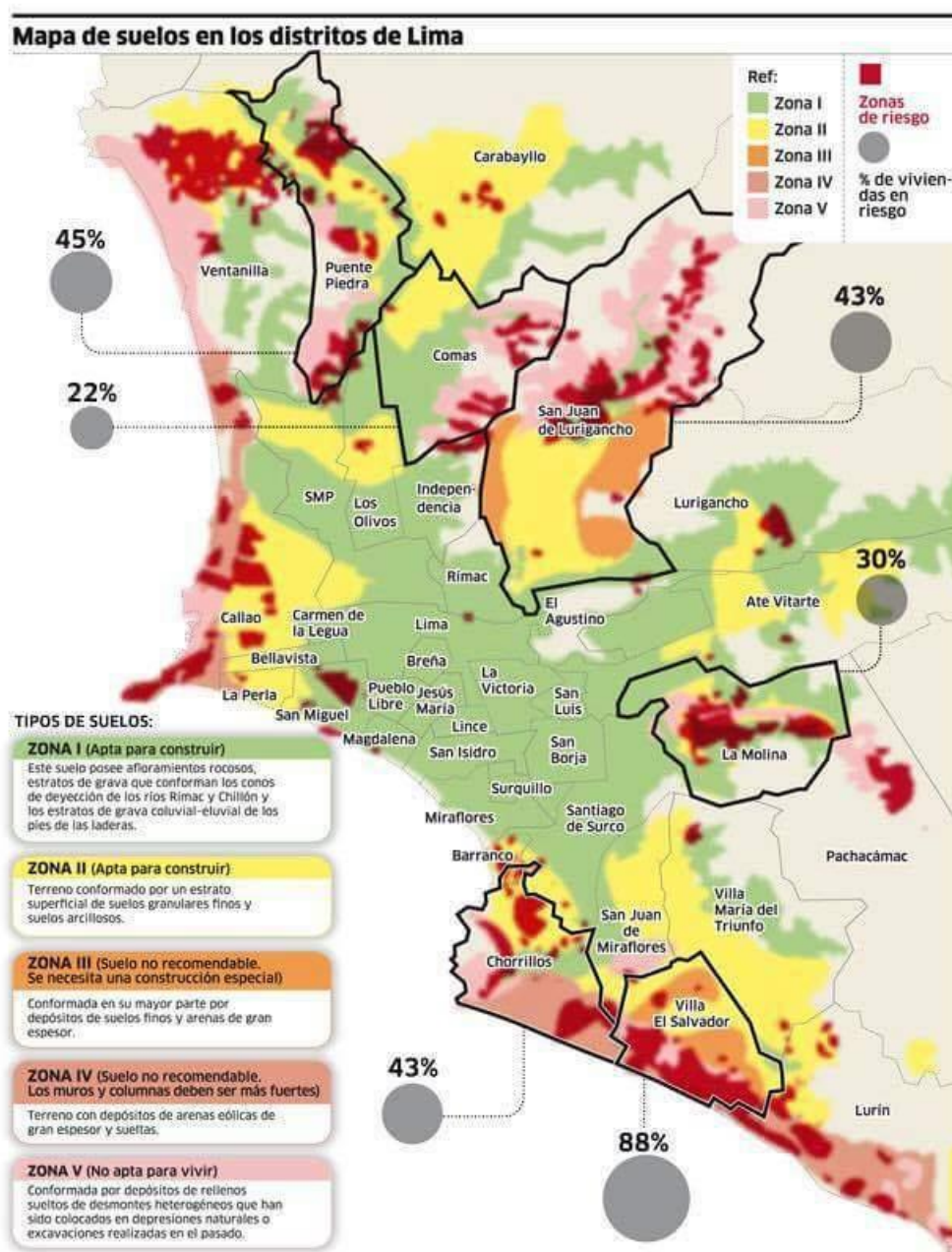


Figura 10: Mapa de suelos cartográficos de distritos de Lima. Fuente: Sinia.

Recolección de muestras del área seleccionada.

Como ya se determinó el lugar de la muestra se procede a recolectar muestras por medio de calicatas las cuales se tomarán de medidas de 30 centímetros de profundidad y un metro respectivamente.



Figura 11: Obteniendo las primeras muestras. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Obteniendo muestras de más profundidad. Fuente: Elaboración propia.

FASE 2

Análisis de las propiedades del suelo

Con las muestras recolectadas se procede a transportarlas a la empresa ORION LABORATORIOS E.I.R.L. calibración, Ensayos de laboratorio suelos, concreto y asfalto.



Figura 13: Transporte de las primeras muestras en total 200 kilogramos. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 14: Entrega de muestras al laboratorio lugar Huachipa. *Fuente:* Elaboración propia.

Análisis de la dosificación de cal óptimo.

Se presenta la ficha técnica de la cal que se usara para el análisis.

Tabla 5

Ficha tecnica de la cal hidratada

CAL HIDRATADA				
DESCRIPCION	FORMULA QUIMICA	PRECAUCIONES PERSONALES	USO	MEDIDAS DE PROTECCION
Cal hidratada o hidroxido de calcio, que se obtiene como resultado del proceso de hidratacion de la cal viva. Es un polvo de color blanco que puede tener una ligera tonalidad crema, de alta finura y muy liviana	Ca (OH) ₂	Evitar el contacto con la piel y los ojos. Llevar equipo de proteccion adecuado	Estabilizante de suelos limo arcillosos en porcentajes de 2%, 4%, 10% del peso natural	Usar gafas de proteccion, ademas de guantes impermeables y respiradores de proteccion.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se unificaron los resultados de las dosificaciones, obtenido así, como mejor resultado la dosificación con 4%. Ya que, las propiedades de la dosificación son apropiadas para la dosificación.

Tabla 6

Unificación de la dosificación de la cal hidratada.

	MATERIAL ARCILLOSO	SUELO NATURAL SUELO NATURAL + 2 % DE CAL	SUELO NATURAL SUELO NATURAL + 4 % DE CAL	SUELO NATURAL SUELO NATURAL + 10 % DE CAL
LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO	30	26	20
	LIMITE PLASTICO	17	16	10
	INDICE DE PLASTICIDAD	13	10	9
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD MAXIMA SECA	1.861	1.876	1.896
	OCH	11.98	14.74	16.42
CBR	CBR AL 95% A 0.1"	5.7	19.1	27.9
	CBR AL 95% A 0.2"	11.9	20.8	31.2

Fuente: Elaboración propia.

En esta fase se usarán como referencia figuras, cantidades y fotos de apoyo de otras estabilizaciones para poder facilitar de manera sencilla y practica los procesos para la estabilización.

Determinación de cantidad de cal a utilizar.

Para calcular la cantidad de bolsas necesarias para estabilizar un tramo de sub rasante se realizaron los siguientes pasos:

- Se calcula el volumen de la distancia que se va a estabilizar. Las características de la distancia a estabilizar son:

ANCHO	LARGO	ESPESOR	VOLUMEN TOTAL
5 metros	150 metros	0.30 metro	225m ³

- El volumen total será multiplicado por el peso volumétrico seco máximo que se obtuvo mediante el proctor realizado al material arcilloso, resultando así el peso del mismo

$$\text{Peso volumétrico seco} = 1545\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Peso} = \text{Volumen} \times \text{Peso volumétrico seco}$$

$$\text{Peso} = 225\text{m}^3 \times 1545\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Peso} = 347625 \text{ Kg.}$$

- Se multiplica por el % de cal elegido óptimo para la estabilización.

% cal optimo: 4%

$$\text{Peso} = 347625 \text{ Kg} \times 0.04$$

$$\text{Peso} = 13905 \text{ Kg de cal}$$

Entonces la dosificación de cal es:

Peso de cal / volumen total

$$\frac{13905 \text{ kg}}{225 \text{ m}^3}$$

$$61.2 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ o } 18.5 \text{ kg}/\text{m}^2$$

- Para poder obtener la cantidad de bolsas de cal se tendrá que dividir el peso calculado anteriormente y el peso por bolsa de cal.

$$\text{Bolsa de cal} = 25\text{Kg}$$

Cantidad de bolsas = 13905 Kg / 25Kg

Cantidad de bolsas = 556 bolsas de cal

Nota: Las bolsas deberán ser distribuidas de manera uniforme sobre lo largo y ancho de la distancia elegida.

Ejecución de la estabilización.

- Preparación del suelo y almacenamiento de la cal.
- Para este proceso el terreno es sometido a varias operaciones las cuales son importantes para el alto rendimiento de la estabilización, como son:
- La escarificación la cual se hacen con maquinarias de discos y también de forma manual con rastrillos en lugares donde la maquinaria no tenga libre acceso.
- La humectación en esta operación se roseara con maquinarias cisternas la distancia a estabilizar evitando así el esponjamiento y previniendo el riesgo de dispersión por consecuencia del viento.
- Eliminación de agentes no homogéneos que perjudiquen la estabilización como son terrones basura o rocas de canto rodado.



Figura 15: Movimiento de tierras. Fuente: Sampetro.

Extendido de la cal

Si la superficie a estabilizar es reducida se puede aplicar manualmente la cal en sacos, la cual será in situ, pero si la superficie es de tramos largos se necesitará apoyo de maquinarias esparcidoras.

Para estabilización de tramos reducidos se procederá con la distribución de las bolsas de cal en una forma adecuada que tienen que ser en formación de columnas y filas con el objetivo de realizar una dosificación correcta.



Figura 16: Distribución de sacos de cal hidratada. *Fuente:* Sampedro.

En esa misma ubicación se abrirán las bolsas de cal, pero utilizando sus elementos de seguridad como lo son respiradores, para evitar la inhalación de partículas de cal.



Figura 17: Apertura de sacos de cal hidratada. *Fuente:* Sampedro.

Mezclado

Con una motoniveladora es suficiente para poder mezclar la cal con el material a estabilizar, en este caso porque se debe a un tramo corto, pero si fuera un tramo largo y especificaciones muy exigentes se necesitaría maquinaria de pulvimezcladores de eje horizontal. Esta fase consiste en voltear el material escarificado con la hoja de la motoniveladora hasta alcanzar una notable mezcla homogénea y que no presenten grumos de cal o lleguen a tener un color uniforme en todo el tramo.

La hoja de la maquinaria deberá alcanzar una profundidad de 30 centímetros, para una mezcla homogénea, además que el número de pasadas del equipo es dependerá de la supervisión del ingeniero de campo, pero como experiencia de otros trabajos realizados se debe hacer como mínimo tres pasadas de mezclado.

Compactación y terminación

Con la motoniveladora se debe realizar una compactación hasta llegar a una altura requerida de la capa suelo-cal, mediante movimientos de tierras.

Es fundamental que el espesor sea igual al rendimiento de los compactadores, cabe recalcar que no se debe exceder espesores de las capas de compactación si no cuentan con maquinaria para realizar el proceso.



Figura 18: Mezclado de cal hidratada por medio de maquinarias. Fuente: Sampedro.

La fase de compactación se terminará cuando este alcance la densidad igual o mayor al 95% en la capa suelo-cal, después de la compactación el tramo tendrá que estar húmedo hasta que se le adicione el curado. La capa estabilizada deberá ser curada en un lapso de tiempo de 3 a 7 días para llegar a un endurecimiento óptimo, para poder colocar la capa de base o sub-base, para el curado se procederá a regar de manera ligera con cisternas y será compactado nuevamente si es necesario. El número de pasadas del rodillo, depende del espesor a tratar y el peso volumétrico seco.



Figura 19: Compactación de suelo estabilizado. Fuente: Sampedro.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de resultados.

Se presentarán los resultados de las pruebas realizadas en la empresa Orión laboratorios E.I.R.L.

3.2 Propiedades del suelo de terreno natural.

Análisis granulométrico por tamizado

- Tamaño máximo: 2.36 mm
- Peso inicial seco: 600.0 g
- Peso fracción fina: 600.0 g
- Límite líquido: 30
- Límite plástico: 17
- Índice de plasticidad: 13
- Clasificación (AASHTO): A-2-6
- Clasificación (SUCS): SC
- Índice de grupo: 1
- Descripción (AASHTO): Regular
- Peso húmedo: 1015 kg
- Peso seco: 1545 kg
- Humedad natural: 3.21 %

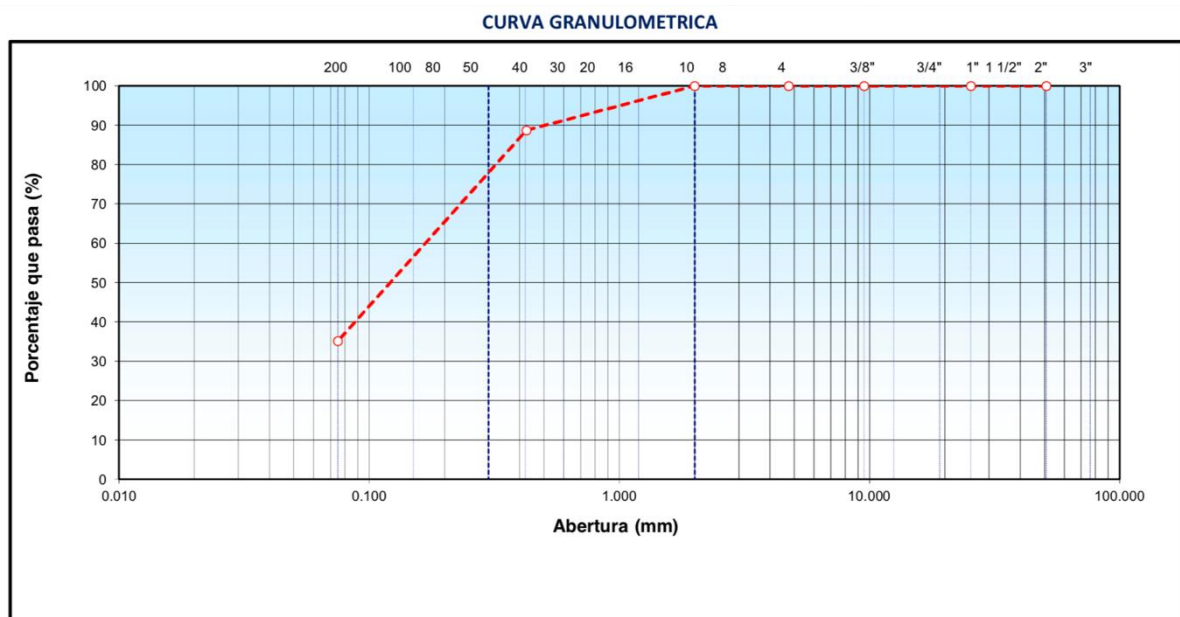


Figura 20: Curva granulométrica. Fuente: Orión laboratorios.

Límites de consistencia

Estos ensayos indican la plasticidad de un suelo fino, donde se adhieren diferentes contenidos de humedad para el cual la consistencia cambia de un estado a otro. Los resultados de la plasticidad del suelo en estado natural son los siguientes:

- Límite líquido: 30
- Límite plástico: 17
- Índice de plasticidad: 13

Tabla 7
Límites de consistencia.

LÍMITE LIQUIDO					LÍMITE PLASTICO				
Nº TARRO	(g)	40	13	29	Nº TARRO	(g)	27	90	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	50.53	55.42	65.13	PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	42.08	37.91	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.25	50.68	59.59	PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	41.82	37.61	
PESO DE AGUA	(g)	5.28	4.74	5.54	PESO DE AGUA	(g)	0.3	0.3	
PESO DEL TARRO	(g)	28.26	34.82	40.3	PESO DEL TARRO	(g)	40.26	35.9	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17	15.9	19.3	PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.6	1.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	31.08	29.89	28.75	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.67	17.54	
NUMERO DE GOLPES		15	26	34					

Fuente: Orión laboratorios

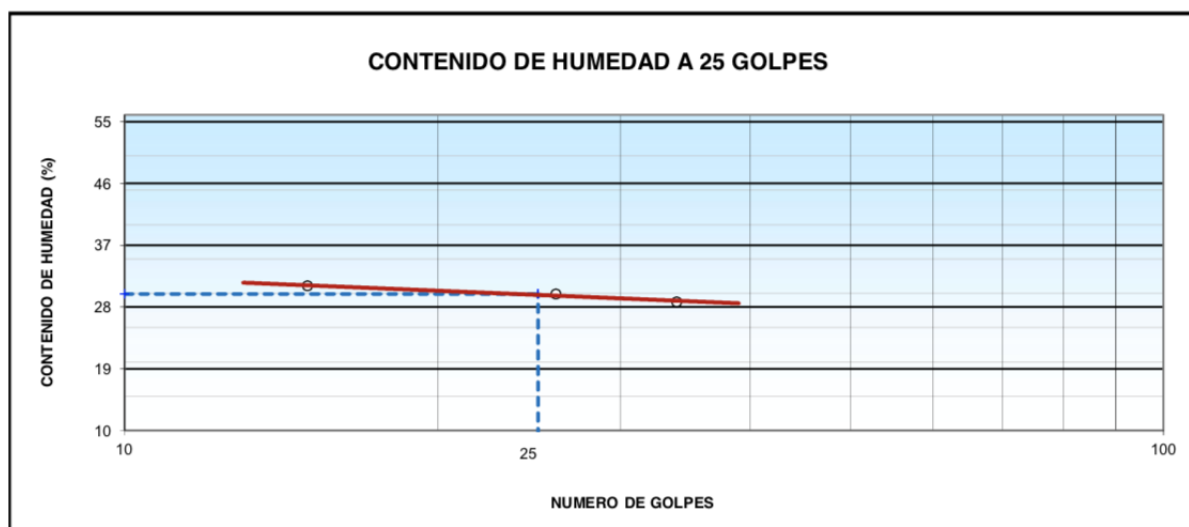


Figura 21: Límites de consistencia de muestra natural. Fuente: Orión laboratorios.

Proctor modificado

Estos resultados nos proporcionan la compactación máxima del suelo analizar en relación con su grado de humedad, además de encontrar el contenido de humedad óptimo que requiere el material para desarrollar el peso específico seco máximo. El método de compactación es del tipo C.

Tabla 8.
Resultados de proctor modificado.

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
PESO SUELO + MOLDE	gr	10358	10592	10604	10516
PESO MOLDE	gr	6126	6126	6126	6126
PESO SUELO HUMEDO					
COMPACTADO	gr	4232	4466	4478	4390
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2151	2151	2151	2151
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr	1.967	2.076	2.082	2.041
RECIPIENTE N ^o		M25	N12	N10	F42
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr	819	806	741	808
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr	769	750	684	736
TARA	gr	269	269	262	266
PESO DE AGUA	gr	50	56	57	72
PESO DEL SUELO SECO	gr	500	481	422	470
CONTENIDO DE AGUA	%	10	11.64	13.51	15.32
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm3	1.789	1.86	1.834	1.77
DENSIDAD MAXIMA SECA	gr/cm3			1.861	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%			11.98	

Fuente: Orión laboratorios

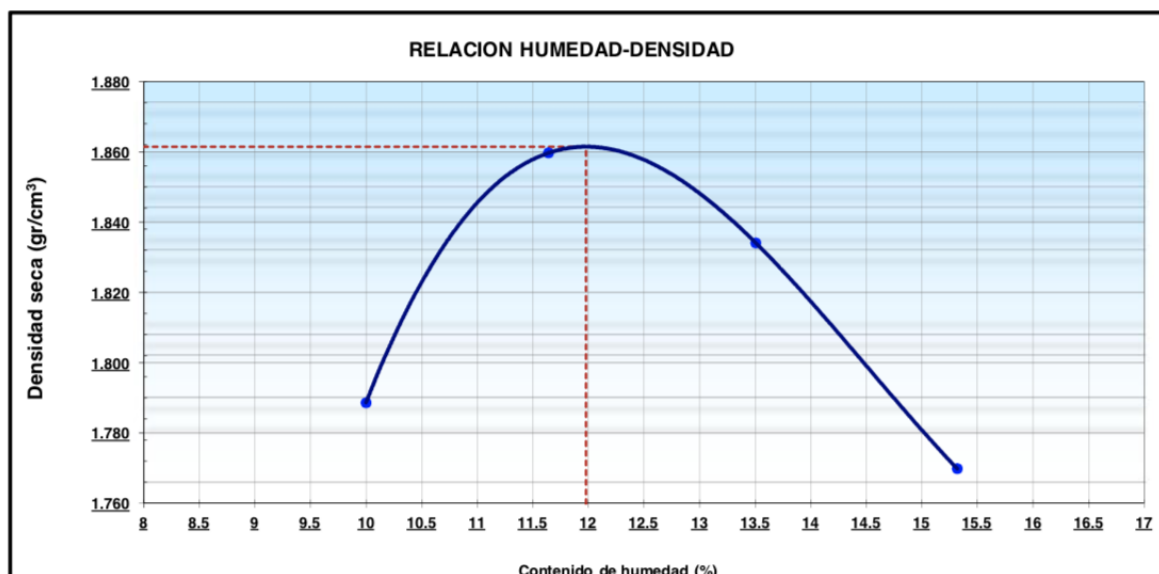


Figura 22: Proctor modificado de muestra natural. *Fuente:* Orión laboratorios.

Relación soporte california (C.B.R)

Podemos determinar la capacidad admisible del suelo, así como también la expansión que se genera, así como también la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.

- Método de compactación : ASTM D1557
- Máxima densidad seca (gr/cm³) : 1.855
- Optimo contenido de humedad (%) : 12.03
- 95% máxima densidad seca (gr/cm³):1.763
- C.B.R. al 100% de la M.D.S.(%) : 29.1 (%)
- C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 11.9 (%)
- Valor de C.B.R. al 100 % de la M.D.S. =29.1 (%)
- Valor de C.B.R. al 95 % de la M.D.S. =11.9 (%)

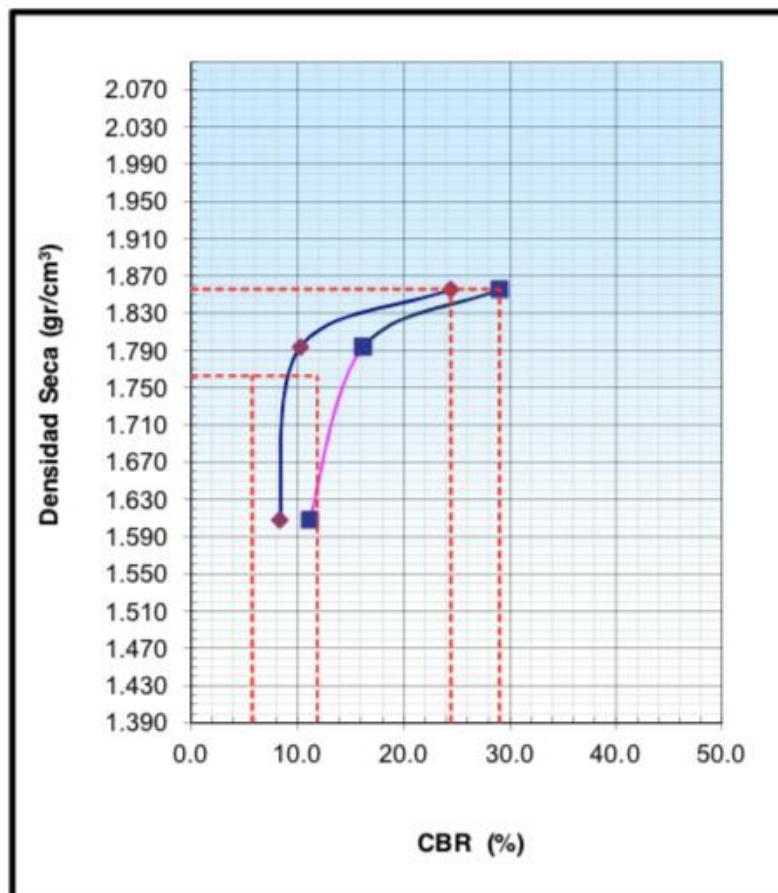


Figura 23: C.B.R. muestra natural. Fuente: Orión laboratorios.

3.3 Propiedades del suelo de terreno natural + 2.0 % de cal hidratada.

Se adiciono el 2 % de cal hidratada al suelo arcilloso, la cual se hicieron los tres ensayos mencionados en el proyecto de investigación, para analizar los cambios que se efectúen durante la dosificación.

Límites de consistencia + 2.0% de cal hidratada.

- Límite líquido: 26
- Límite plástico: 16
- Índice de plasticidad: 10

Tabla 9
Límites de contingencia.

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		11	15	20	Nº TARRO	(g)	H10	H21
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	51.23	62.32	55.42	PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	45.11	39.21
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.14	56.5	52.48	PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44.36	38.78
PESO DE AGUA	(g)	5.09	5.82	2.94	PESO DE AGUA	(g)	0.7	0.4
PESO DEL TARRO	(g)	28.55	34.05	40.12	PESO DEL TARRO	(g)	39.5	36.22
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.6	22.4	12.4	PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.9	2.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.92	25.95	23.76	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15.33	16.86
NUMERO DE GOLPES		16	25	35				

Fuente: Orión laboratorios

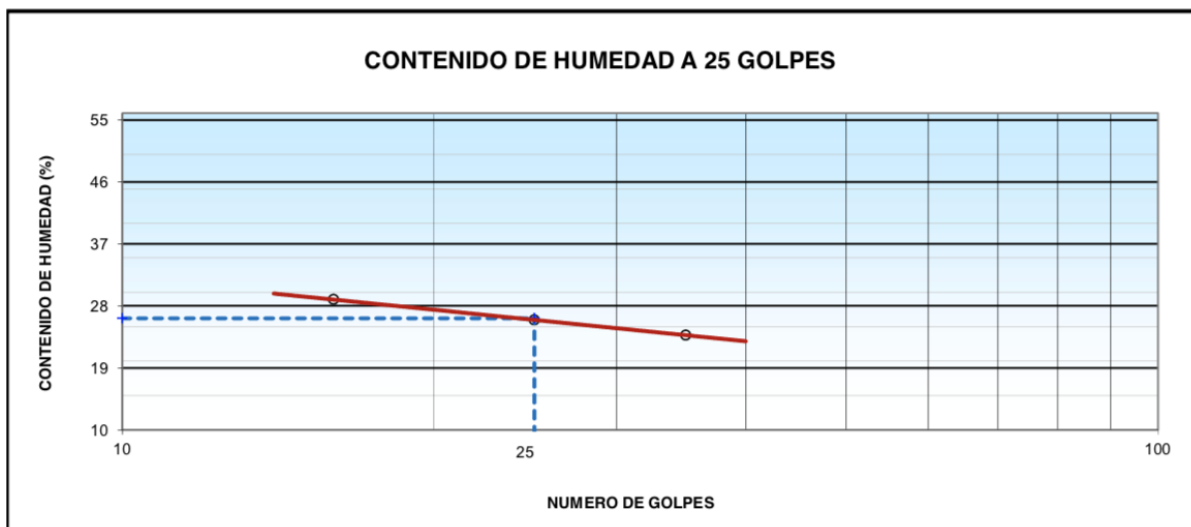


Figura 24: Límites de consistencia de muestra natural + 2% de cal. *Fuente:* Orión laboratorios.

Proctor modificado + 2 % de cal hidratada

Método de compactación tipo C.

Tabla 10

Resultados de proctor modificado.

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
PESO SUELO + MOLDE	gr	10363	10698	10790	10596
PESO MOLDE	gr	6214	6214	6214	6214
PESO SUELO HUMEDO					
COMPACTADO	gr	4149	4484	4576	4382
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2126	2126	2126	2126
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr	1.952	2.109	2.152	2.061
RECIPIENTE N ^º		K10	N11	G10	H20
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr	780	956	790.5	809
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr	726	872	715.88	733.92
TARA	gr	268.5	268	210	267
PESO DE AGUA	gr	53.5	84	74.6	75.1
PESO DEL SUELO SECO	gr	458	604	505.9	466.9
CONTENIDO DE AGUA	%	11.68	13.91	14.75	16.08
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1.747	1.852	1.876	1.776
DENSIDAD MAXIMA SECA	gr/cm ³			1.876	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%			14.74	

Fuente: Orión laboratorios

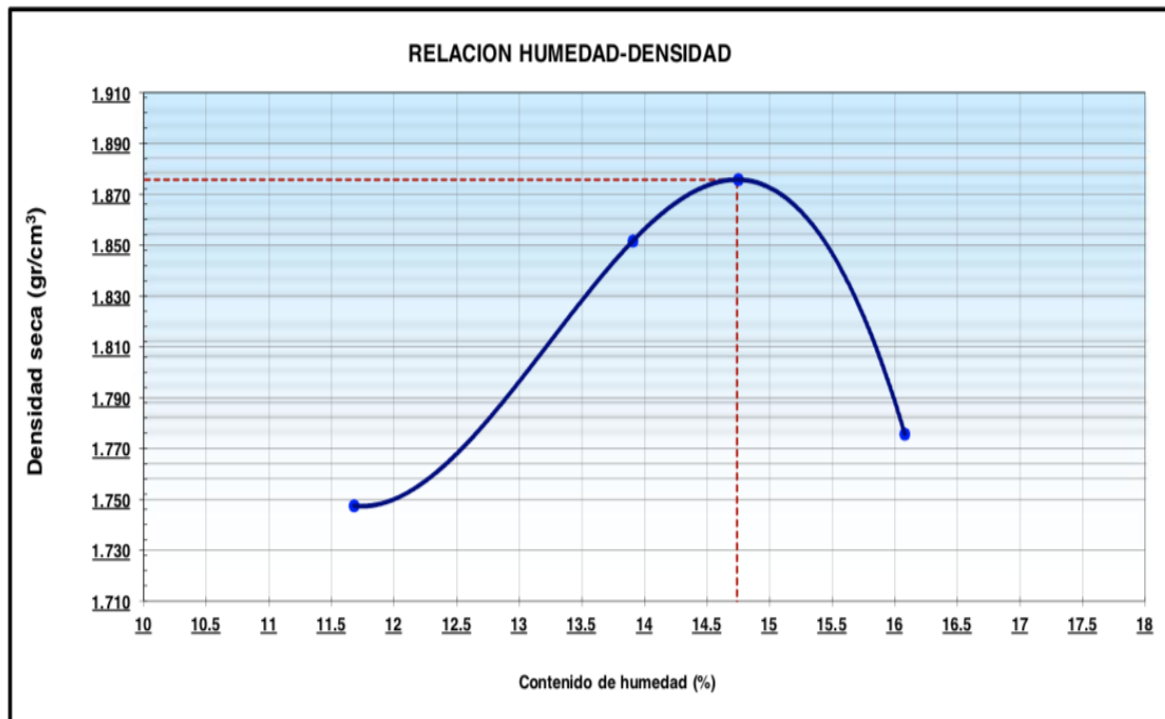


Figura 25: Proctor modificado de suelo natural + 2% de cal. Fuente: Orión laboratorios.

Relación soporte de California (C.B.R.) + 2 % de cal hidratada.

- Método de compactación : ASTM D1557
- Máxima densidad seca (gr/cm³) : 1.854
- Optimo contenido de humedad (%) :14.64
- 95% máxima densidad seca (gr/cm³):1.761
- C.B.R. al 100% de la M.D.S.(%) : 35.9 (%)
- C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 20.8 (%)
- Valor de C.B.R. al 100 % de la M.D.S. = 35.9 (%)
- Valor de C.B.R. al 95 % de la M.D.S. = 20.8 (%)

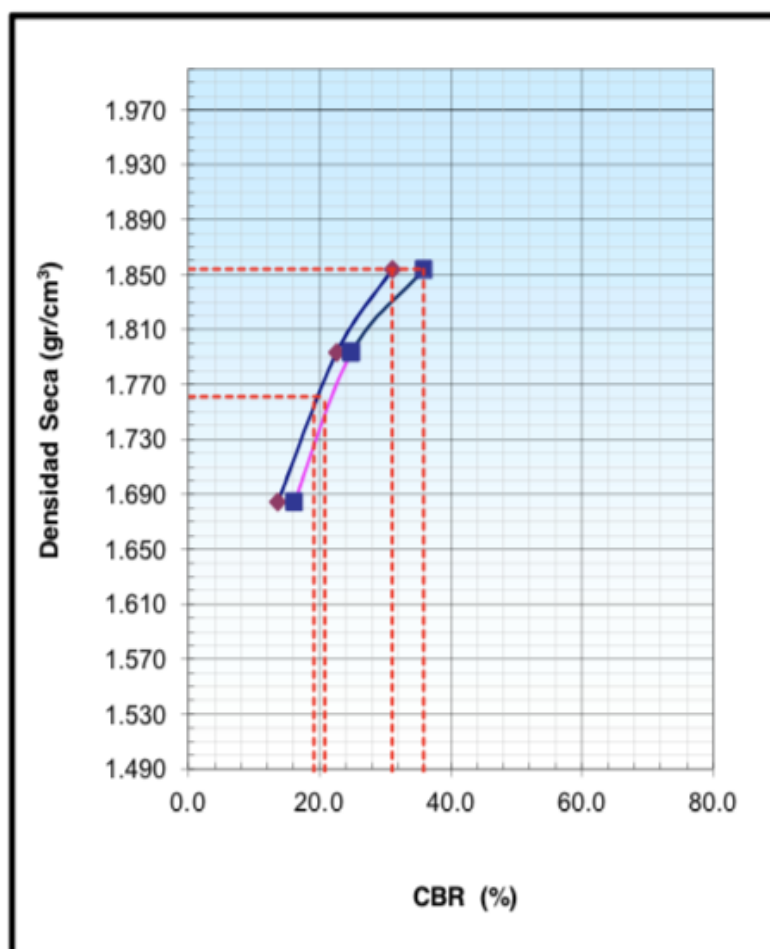


Figura 26: C.B.R. de suelo natural + 2% de cal. Fuente: Orión laboratorios.

3.4 Propiedades del suelo de terreno natural + 4 % de cal hidratada.

Se adiciono el 4 % de cal hidratada al suelo arcilloso, la cual se hicieron los tres ensayos mencionados en el proyecto de investigación, para analizar los cambios que se efectúen durante la dosificación.

Límites de consistencia + 4 % de cal hidratada.

- Límite líquido: 26
- Límite plástico: 16
- Índice de plasticidad: 10

Tabla 11

Límites de consistencia.

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Nº TARRO	R11	R20	R13	Nº TARRO	(g)	B11	B20
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g) 61.5	67.45	64.51	PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g) 46.11	56.78	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g) 54.85	61.31	60.10	PESO TARRO + SUELO SECO	(g) 45.09	54.12	
PESO DE AGUA	(g) 6.65	6.14	4.41	PESO DE AGUA	(g) 1.0	2.7	
PESO DEL TARRO	(g) 28.6	34.67	40.55	PESO DEL TARRO	(g) 38.12	35.19	
PESO DEL SUELO SECO	(g) 26.3	26.6	19.6	PESO DEL SUELO SECO	(g) 7	18.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 25.33	23.05	22.54	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 14.59	14.03	
NUMERO DE GOLPES	16	25	35				

Fuente: Orión laboratorios

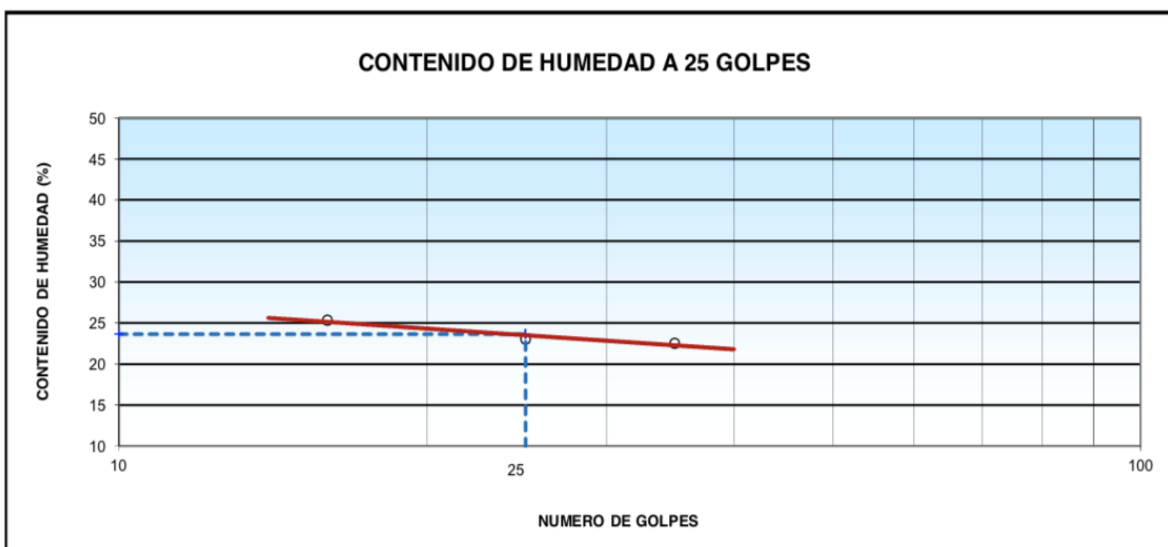


Figura 27: Límites de consistencia de suelo natural + 4% de cal. *Fuente:* Orión laboratorios

Proctor modificado + 4 % de cal hidratada.

Método de compactación tipo C.

Tabla 12

Resultados de proctor modificado.

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
PESO SUELO + MOLDE	gr	10410	10712	10896	10712
PESO MOLDE	gr	6214	6214	6214	6214
PESO SUELO HUMEDO					
COMPACTADO	gr	4196	4498	4682	4498
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2126	2126	2126	2126
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr	1.974	2.116	2.202	2.116
RECIPIENTE N ^o		H11	N12	G25	U12
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr	758	812	852	830
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr	704.21	743.86	762.59	739.0
TARA	gr	269.0	268	211	268
PESO DE AGUA	gr	53.8	68.1	89.4	91
PESO DEL SUELO SECO	gr	435.2	475.9	551.6	471.0
CONTENIDO DE AGUA	%	12.36	14.32	16.21	19.32
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1.757	1.851	1.895	1.773
DENSIDAD MAXIMA SECA	gr/cm ³			1.896	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%			16.42	

Fuente: Orión laboratorios

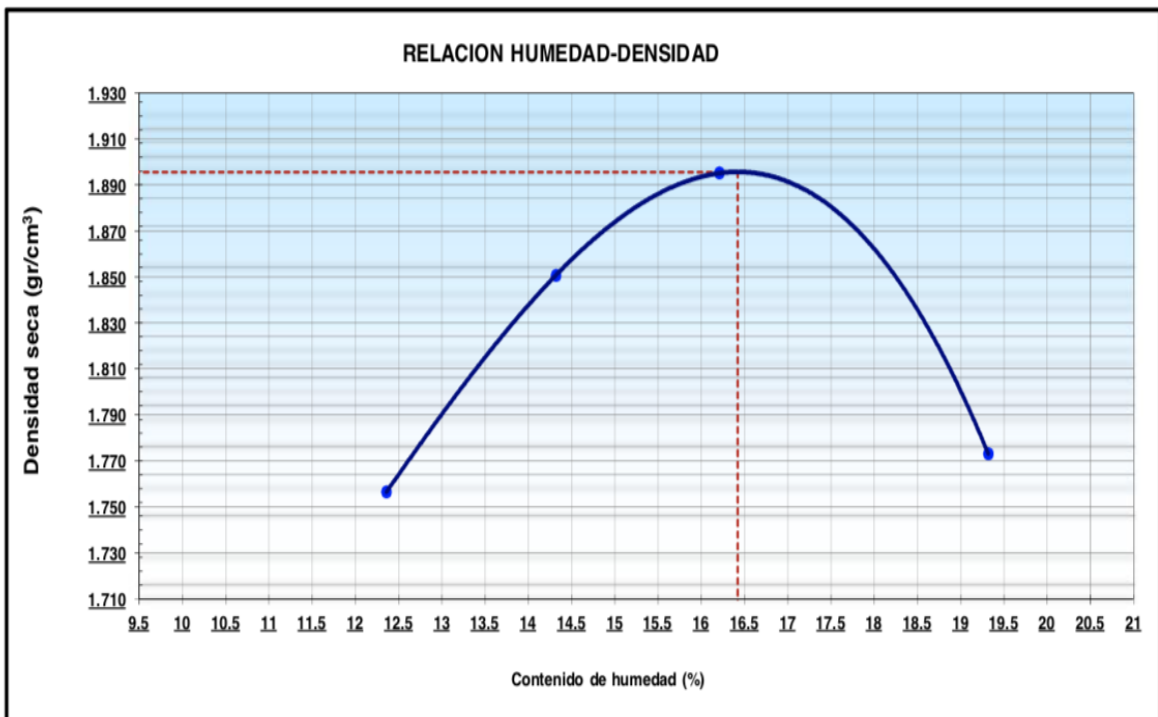


Figura 28: Proctor modificado + 4 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.

Relación de soporte de California (C.B.R) +4 % de cal hidratada.

- Método de compactación : ASTM D1557
- Máxima densidad seca (gr/cm³) : 1.868
- Optimo contenido de humedad (%) :16.5
- 95% máxima densidad seca (gr/cm³):1.774
- C.B.R. al 100% de la M.D.S.(%) : 39.5 (%)
- C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 31.2 (%)
- Valor de C.B.R. al 100 % de la M.D.S. = 39.5 (%)
- Valor de C.B.R. al 95 % de la M.D.S. = 31.2 (%)

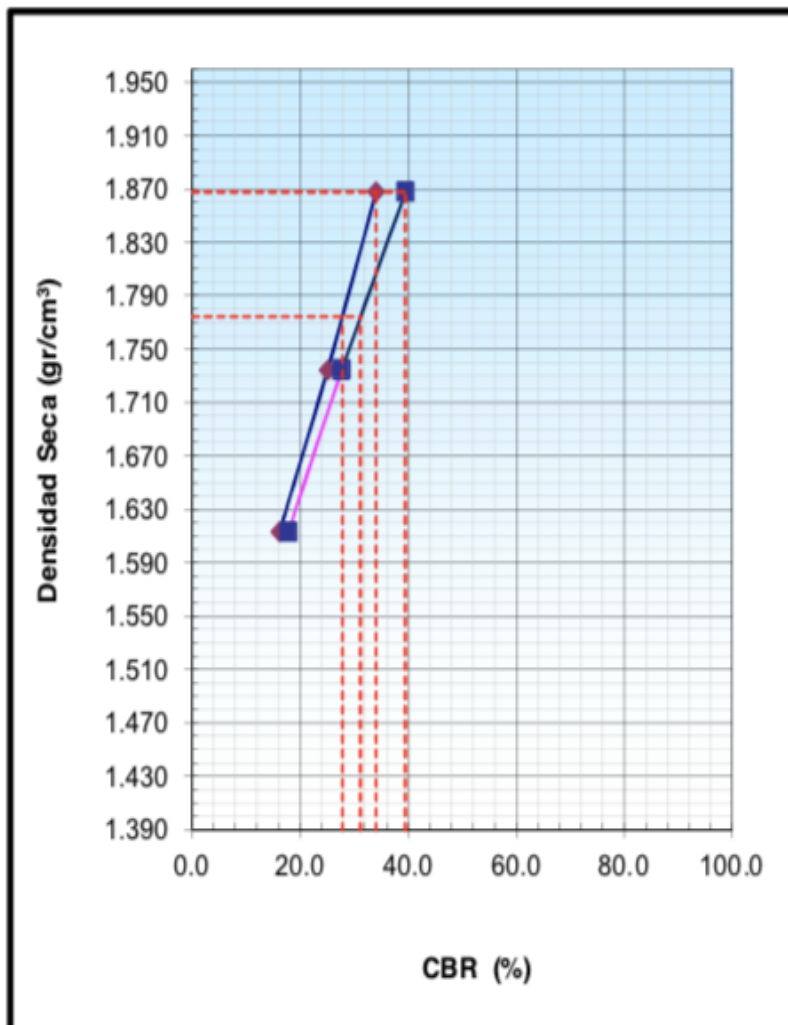


Figura 29: Relación de soporte de California (C.B.R) +4 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.

3.5 Propiedades del suelo de terreno natural + 10 % de cal hidratada.

Se adiciono el 10 % de cal hidratada al suelo arcilloso, la cual se hicieron los tres ensayos mencionados en el proyecto de investigación, para analizar los cambios que se efectúen durante la dosificación.

Límites de consistencia + 10 % de cal hidratada.

- Límite liquido: 20
- Límite plástico: 10
- Índice de plasticidad: 11

Tabla 13

Límites de contingencia.

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		P10	P52	P66	Nº TARRO	(g)	H55	R21
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	68.12	67.52	66.11	PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	47.21	55.32
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	60.29	61.18	60.21	PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.15	53.49
PESO DE AGUA	(g)	7.83	6.34	5.9	PESO DE AGUA	(g)	1.1	1.8
PESO DEL TARRO	(g)	24.31	29.55	30.01	PESO DEL TARRO	(g)	35.65	34.08
PESO DEL SUELO SECO	(g)	36.0	31.6	30.2	PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.5	19.4
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.77	20.04	19.52	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	10.07	9.43
NUMERO DE GOLPES		16	27	34				

Fuente: Orión laboratorios

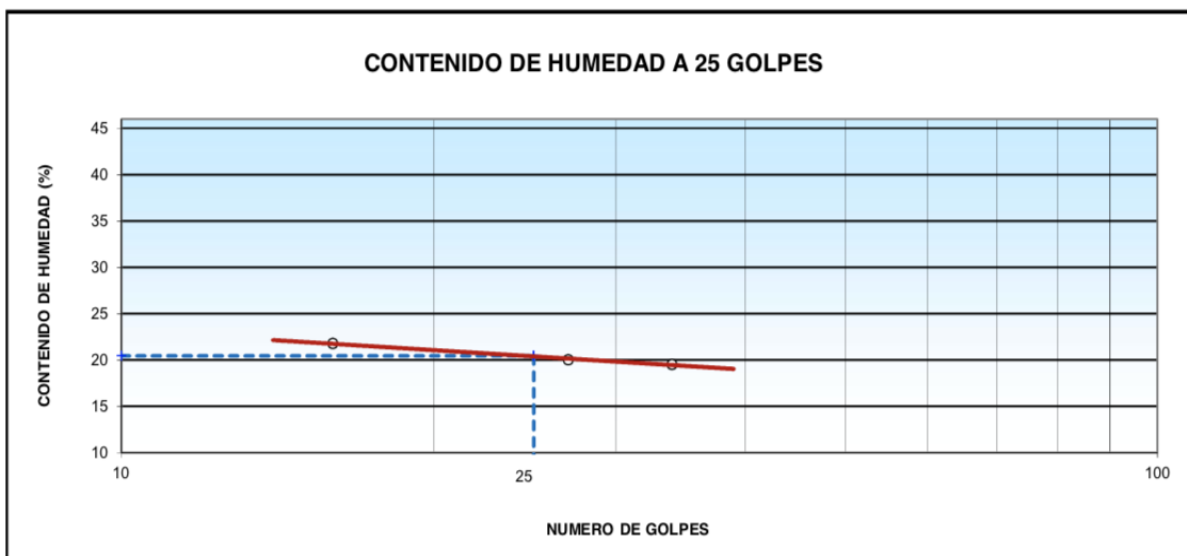


Figura 30: Límites de consistencia + 10 % de cal hidratada. *Fuente:* Orion laboratorios.

Proctor modificado + 10 % de cal hidratada.

Método de compactación tipo C.

Tabla 14

Resultados de proctor modificado.

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
PESO SUELO + MOLDE	gr	10315	10483	10557	10444
PESO MOLDE	gr	6214	6214	6214	6214
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	4101	4269	4343	4230
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2126	2126	2126	2126
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	gr	1.929	2.008	2.043	1.989
RECIPIENTE N ^o		M01	840	M45	K11
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr	808.5	839.5	825	631.5
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr	741.5	757.5	737	548.5
TARA	gr	268	267	268.5	136
PESO DE AGUA	gr	67	82	88	83
PESO DEL SUELO SECO	gr	473.5	490.5	468.5	412.12
CONTENIDO DE AGUA	%	14.15	16.72	18.78	20.12
PESO VOLUMETRICO SECO	gr/cm ³	1.690	1.720	1.720	1.656
DENSIDAD MAXIMA SECA	gr/cm ³			1.730	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%			17.84	

Fuente: Orión laboratorios

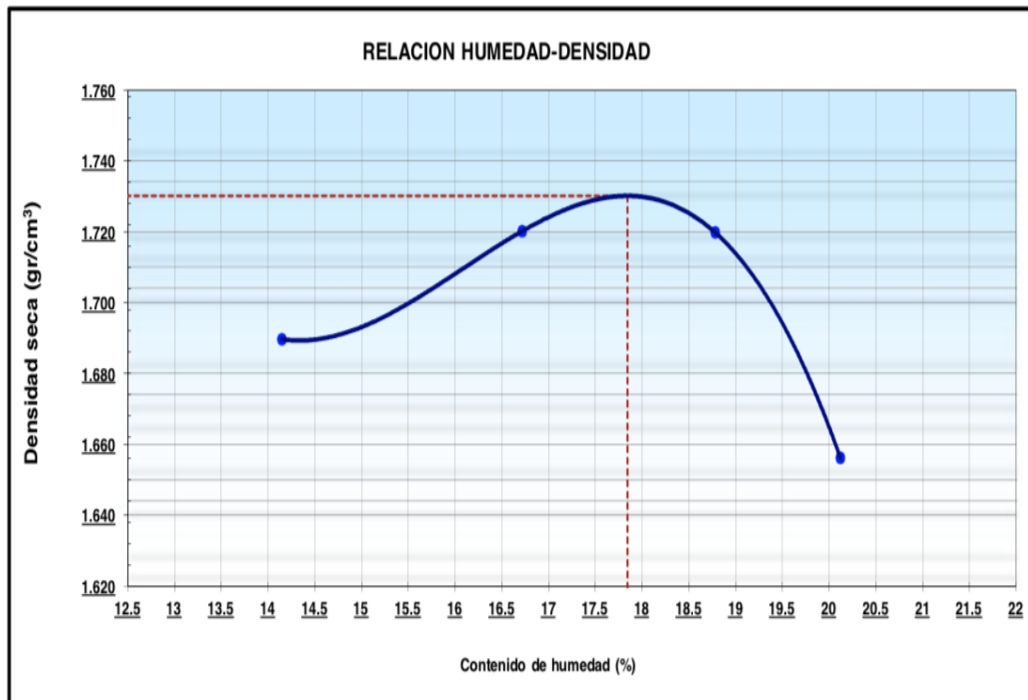


Figura 31: Proctor modificado + 10 % de cal hidratada. *Fuente:* Orión laboratorios.

Relación de soporte de California (C.B.R) + 10 % de cal hidratada.

- Método de compactación : ASTM D1557
- Máxima densidad seca (gr/cm³) : 1.783
- Optimo contenido de humedad (%) : 17.5
- 95% máxima densidad seca (gr/cm³):1.694
- C.B.R. al 100% de la M.D.S.(%) : 36.1 (%)
- C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 34.4 (%)
- Valor de C.B.R. al 100 % de la M.D.S. = 36.1 (%)
- Valor de C.B.R. al 95 % de la M.D.S. = 34.4 (%)

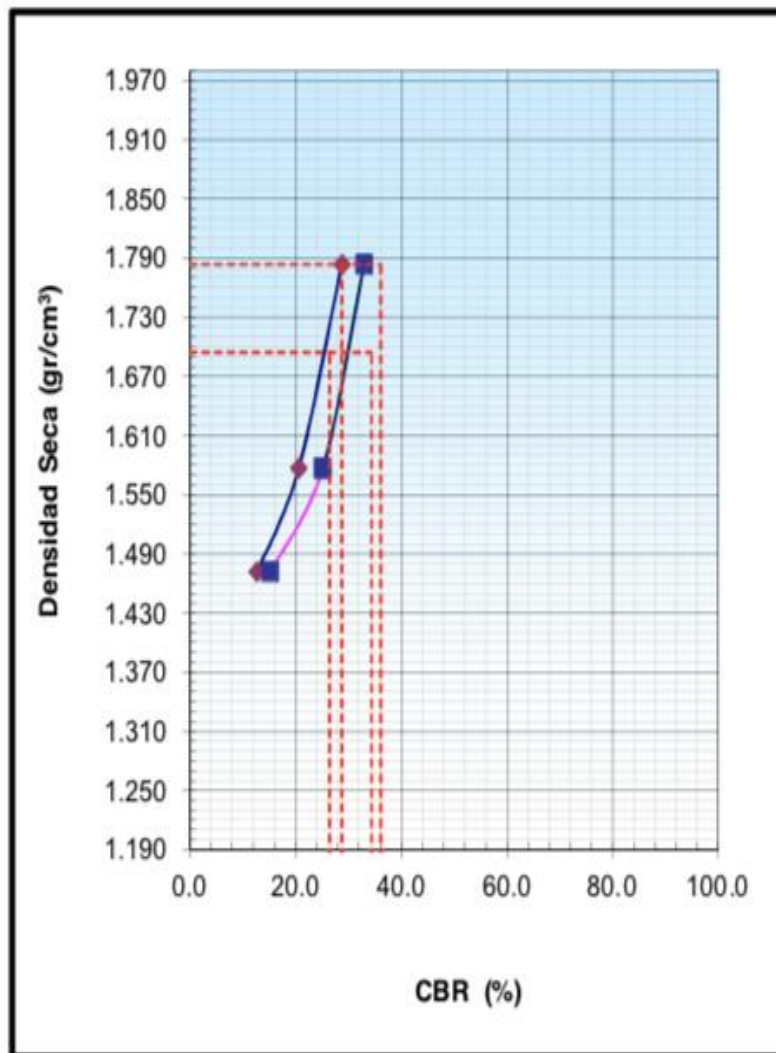


Figura 32: Relación de soporte de California (C.B.R) + 10 % de cal hidratada. Fuente: Orión laboratorios.

3.6 Resultados unificados

Límites de consistencia

Tabla 15

Límites de contingencia

% de Cal	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
0%	30	17	13
2%	26	16	10
4%	24	14	9
10%	20	10	11

Fuente: Elaboración propia.

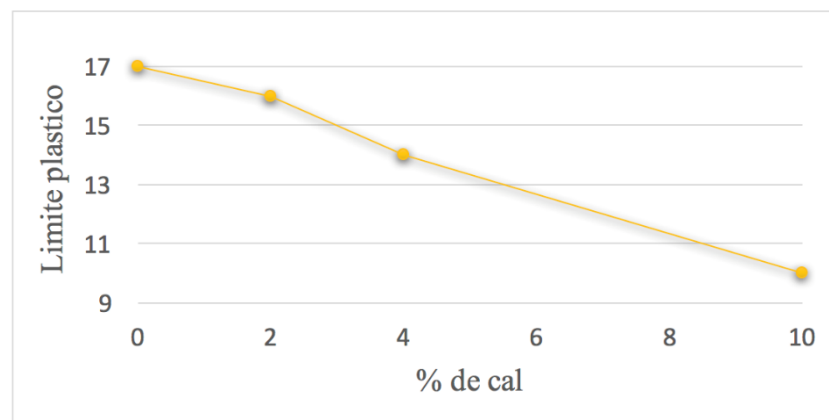


Figura 33: Disminución del límite plástico sobre los porcentajes de cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: La figura 33 nos demuestra hasta la adición de 4% se generan moderadas disminuciones del límite plástico, pero cuando se adiciona más de lo que dice la norma CE.020 esta decae de manera drástica.

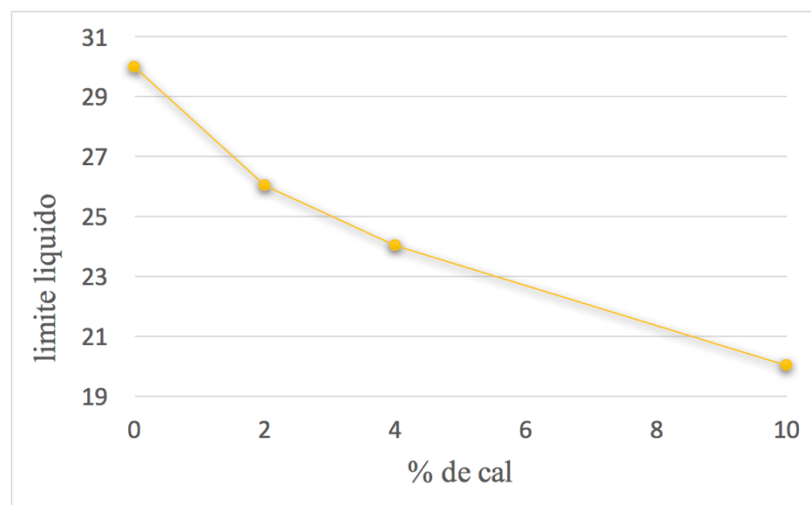


Figura 34: Variación del límite líquido sobre los porcentajes de cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: La figura 34 nos grafica que también hasta la adición de 4% se generan moderadas disminuciones del límite líquido, pero cuando se adiciona más de lo que dice la norma CE.020 está también decae de manera drástica.

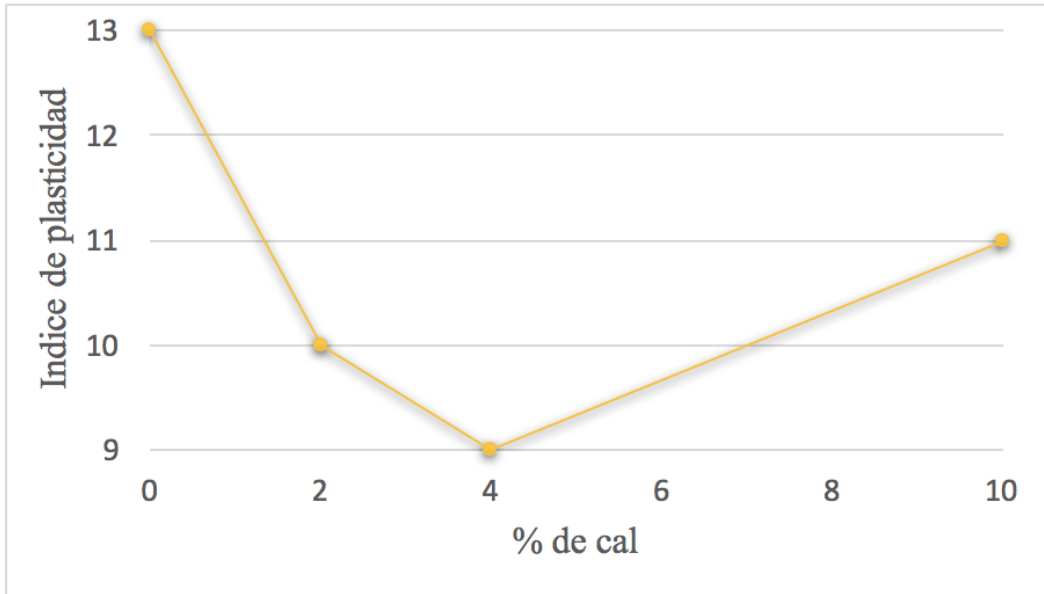


Figura 35: Elevada variación del índice de plasticidad. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: La figura 35 determina que a más porcentaje de cal agregado al suelo natural este se vuelve más plástico.

Proctor modificado.

Tabla 16

Comparacion de proctor modificado sobre porcentajes de cal.

% de Cal	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	Optimo contenido de humedad (%)
0%	1.861	11.98
2%	1.876	14.74
4%	1.896	16.42
10%	1.730	17.84

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: En la tabla 16 nos describe la variación que sucede cuando se le adiciona diferentes porcentajes de cal sobre el suelo arcilloso.

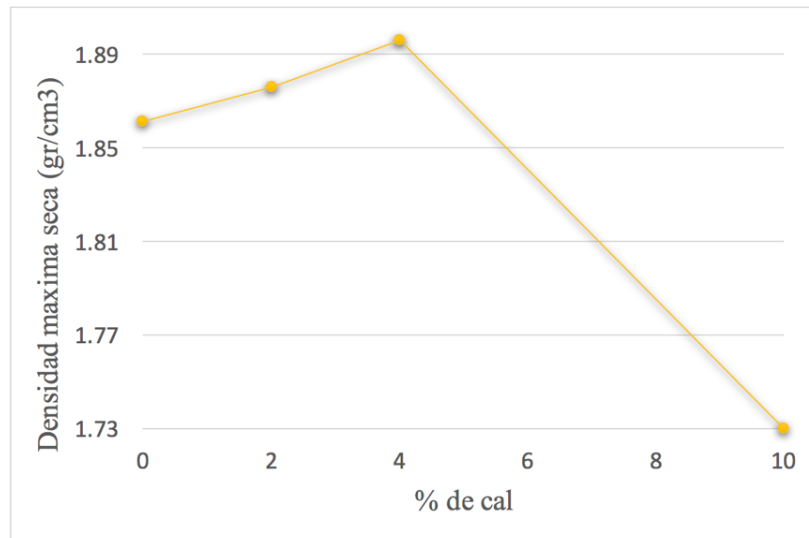


Figura 36: Variación de la máxima densidad seca sobre el porcentaje de cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: En la figura 36 nos muestra el gran descenso de la densidad que surge cuando se le adiciona más porcentaje de cal al material arcilloso.

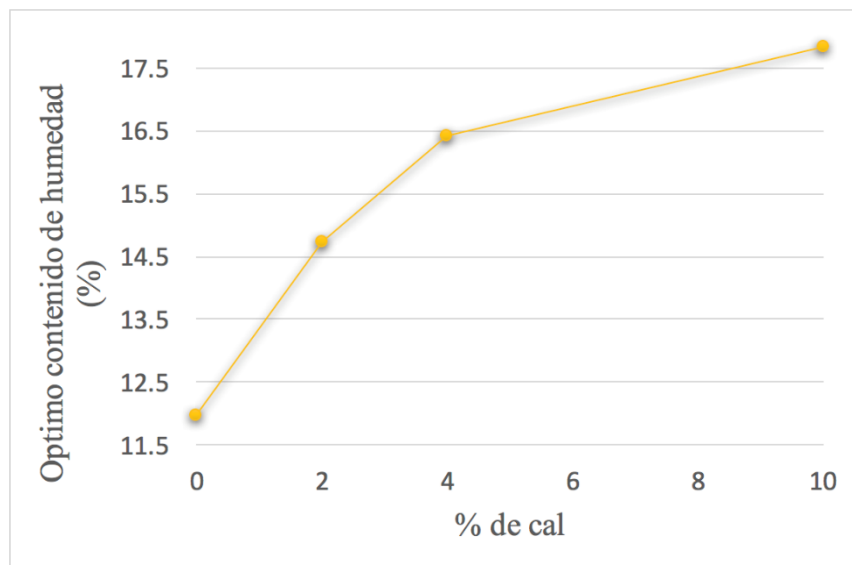


Figura 37: Comportamiento de OCH sobre el porcentaje de cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: En la figura 37 nos demuestra que a más porcentaje de cal adicionado al material arcilloso este eleva su óptimo contenido de humedad.

Relación de soporte de California (C.B.R)

Tabla 17

Relación de soporte de California

% de Cal	CBR al 95% (0.1)	CBR al 95% (0.2)
0	5.7	11.9
2	19.1	20.8
4	27.9	31.2
10	26.4	34.4

Fuente: Elaboración propia.

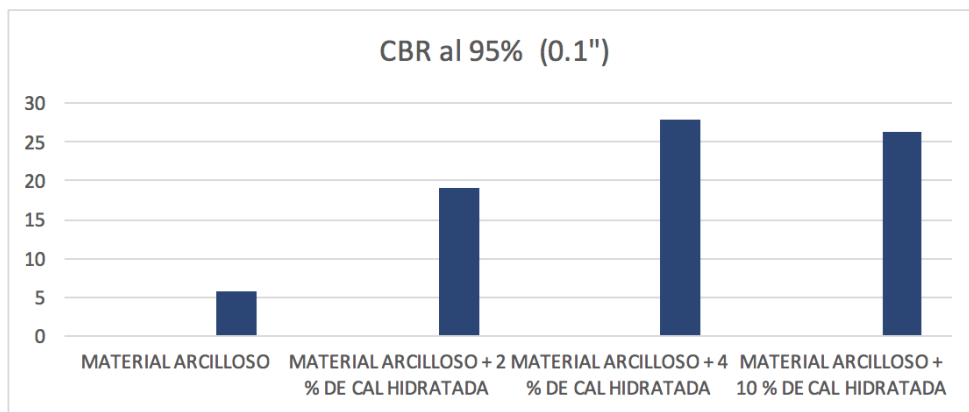


Figura 38: Variación del CBR sobre los porcentajes de la cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: En la figura 38 nos demuestra el aumento de la resistencia hasta el 4 por ciento, pero disminuye un poco al aplicarle más cantidad de cal.

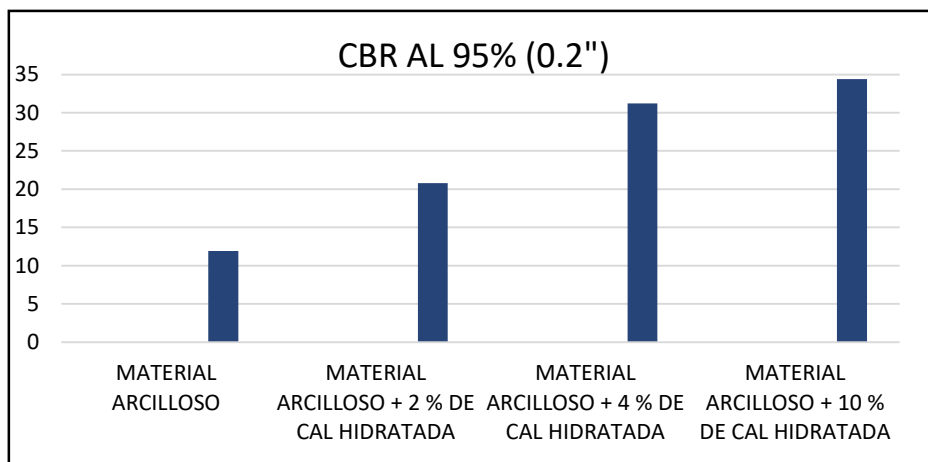


Figura 39: Variación del CBR sobre el porcentaje de la cal. Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACION: En la figura 15 nos detalla el aumento de la resistencia con cada adición de cal, en este caso el aumento si es progresivo.

Presupuesto de estabilización de suelos y costo de mantenimiento.

Datos generales:

Espesor de base: 0.30m Volumen total: 225 m³ Largo: 150m Ancho: 5m

Dosificación: 61 kg/m³

Volumen a estabilizar: 347625 kg cal: 13905 kg

Tabla 18

Costo de estabilización de suelos

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTOS		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES					1,268.05
01.01.00	CAMPAMENTO	und	1.00	450.00	450.00	
01.02.00	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS	und	1.00	818.05	818.05	
02.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					3,071.37
02.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	1,500.00	1,500.00	
02.02.00	TRAZO Y REPLANTEO CON EQUIPO	km	1.50	1,047.58	1,571.37	
03.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					4,131.00
03.01.00	CORTE DE TERRENO A NIVEL SUBRASANTE	m ³	225.00	0.68	153.00	
03.02.00	ESCARIFICACION	m ³	225.00	17.68	3,978.00	
04.00.00	CONFORMACION DE SUBRASANTE					4,083.75
04.01.00	TRATAMIENTO DEL SUELO CON CAL HIDRATADA	m ³	225.00	18.15	4,083.75	
05.00.00	BASE FINA (0.30 cm)					7,384.25
05.01.00	TRANSPORTE DE CANTERA	glb	1.00	200.00	200.00	
05.02.00	CAL HIDRATADA	m ³	225.00	31.93	7,184.25	
06.00.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL					1,064.43
06.01.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE SEÑALES INFORMATIVAS	und	1.00	1,064.43	1,064.43	
	COSTO DIRECTO					21,002.85
	GASTOS GENERALES	15%				3,150.43
	UTILIDAD	10%				2,100.29
	SUB TOTAL					26,253.56
	I.G.V	18%				4,725.64
	COSTO TOTAL					30,979.20

Fuente: Elaboración propia.

Datos generales:

Espesor de base: 0.05m Área total: 37.5m² Largo: 150m Ancho: 5m Dosificación: 30 kg/m³

Volumen a estabilizar: 57937.5kg cal: 1158.75 kg

Tabla 19

Costo de mantenimiento de suelo estabilizado.

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTOS		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES					1,268.50
01.01.00	CAMPAMENTO	mes	1.00	450.0	450.00	
01.02.00	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS	glb	1.00	818.50	818.50	
02.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					3,071.37
02.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	1,500.00	1,500.00	
02.02.00	TRAZO Y REPLANTEO CON EQUIPO	km	1.50	1047.58	1571.37	
03.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					4,131.00
03.01.00	CORTE DE TERRENO A NIVEL SUBRASANTE	m3	225.00	0.68	153.00	
03.02.00	ESCARIFICACION	m3	225.00	17.68	3,978.00	
04.00.00	CONFORMACION DE SUBRASANTE					680.63
04.01.00	TRATAMIENTO DEL SUELO CON CAL HIDRATADA	m3	37.50	18.15	680.63	
05.00.00	BASE FINA (0.05 cm)					1,396.25
05.01.00	TRANSPORTE DE CANTERA	glb	1.00	200.00	200.00	
05.02.00	CAL HIDRATADA	m3	37.50	31.90	1,196.25	
06.00.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL					1,064.43
06.01.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE SEÑALES INFORMATIVAS	glb	1.00	1,064.43	1,064.43	
	COSTO DIRECTO					11,612.18
	GASTOS GENERALES		15%			1,741.83
	UTILIDAD		10%			1,161.22
	SUB TOTAL					14,515.22
	I.G.V		18%			2,612.74
	COSTO TOTAL					17,127.96

Fuente: Elaboración propia.

PROTOCOLO DE EXPERIMENTACION DE ENSAYOS

Proctor modificado

- Cada grupo debe tomar 7 kg (peso nominal) de suelo secado al aire, desmenuzado para que pase a través del tamiz # 4; luego debe ser mezclado con la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido de humedad basado en porcentaje de peso seco; la humedad deberá ser, para este primer ensayo, aproximadamente un 4 a 5 % menor que la humedad óptima estimada; debe quedar claro que el suelo y el agua en un ensayo deberían mezclarse con anterioridad y dejarse curar - para asegurar su distribución homogénea - durante 24 horas cuando se trabaja con suelos cuyos finos sean plásticos; sin embargo, en esta sesión de laboratorio para estudiantes, esta etapa podrá omitirse.

- Pesar el molde de compactación, sin incluir la base ni el collar.

- Medir las dimensiones internas del molde de compactación para determinar su volumen.

- Compactar el suelo en 5 capas aplicando 56 golpes sobre cada una (para molde grande); se debe procurar que la última capa quede por sobre la altura del molde de compactación; en caso que la superficie de la última capa quedara bajo la altura del molde, se debe repetir el ensayo; se debe evitar además que esta última capa exceda en altura el nivel del molde en más de 6 mm ya que al enrasar se estaría eliminando una parte significativa del material compactado, disminuyendo la energía de compactación por unidad de volumen.

- Retirar cuidadosamente el collar de compactación, evitar girar el collar; en caso que se encuentre muy apretado, retirar con espátula el suelo que se encuentra adherido a los bordes por sobre el nivel del molde; finalmente enrasar perfectamente la superficie de suelo a nivel del plano superior del molde.

- Pesar el molde con el suelo compactado y enrasado.

- Extraer el suelo del molde y tomar una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.

- Desmenuzar el suelo compactado y mezclarlo con suelo aún no utilizado; agregar un 2% de agua (en relación a los 7 kg) y repetir los pasos 4 a 8; realizar la cantidad de

ensayos que el instructor indique, suficientes para obtener una cantidad de puntos que permita determinar la humedad óptima y la densidad máxima.

- Volver posteriormente al laboratorio para obtener los pesos secos de las muestras de humedad.

Ensayo de la relación de Soporte California (CBR)

- Preparar una muestra de suelo de grano fino (en cantidad suficiente para hacer 6 probetas) menor que el tamiz # 4, al contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Proctor Modificado.
- Antes de compactar el suelo en los moldes, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad (por lo menos 100 g si el suelo es de grano fino).
- Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.
- Fabricar 6 probetas de 5 capas cada una: 2 de 12 golpes por capa, 2 de 26 golpes por capa y 2 de 56 golpes por capa; dejar saturando una muestra de 12, de 26 y de 56 golpes por capa.
- Para cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinara el peso unitario total del suelo.
- Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro.
- Para muestras no saturadas, llevar a cabo los pasos 8 a 10:
- Colocar suficientes pesas ranuradas (no menos de 4.5 kg) sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida.
- Colocar la muestra en la máquina de compresión y sentar el pistón sobre la superficie de suelo utilizando una carga inicial no mayor de 4.5 kg. Fijar el cero en los deformímetros de medida de carga y de penetración (o deformación).
- Hacer lecturas de deformación o penetración y tomar las respectivas lecturas del

deformímetro de carga. Extruir la muestra del molde y tomar dos muestras representativas adicionales para contenido de humedad.

IV.DISCUSIÓN

De los ensayos realizados para esta investigación, se puede resaltar lo siguiente:

Del análisis de los resultados se puede afirmar que, la cal hidratada es un mineral estabilizante, que cambia las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos, en este caso un suelo de arena arcillosa la cual, según los estudios en laboratorio nos dio como resultado un suelo bajo-regular, en los cuales era aplicable cal hidratada,

En antecedentes internacionales, como por ejemplo en México, tuvieron como objetivo disminuir el índice de plasticidad, ya que ellos encontraron el suelo natural con un índice del 20.99%, y por medio de las dosificaciones realizadas dieron como resultado que la cal hidratada disminuye considerablemente su plasticidad, ya que el suelo natural a tratar estaba en un rango alto, a los cuales aplicándole 2.5% de cal le dio como resultado una gran disminución que fue de 6.04%, además consideraron adicionar una proporción más de cal la cual fue de 6%, obteniendo así un índice de plasticidad del 4.42%, mientras que aquí en lima, con la muestra de la zona seleccionada obtuvimos que el índice de plasticidad encontrado fue de 13% y adicionándole 2% de cal logramos disminuir la plasticidad a un 10%, este cambio no fue tan drástico como el logrado en México, es por eso que se adicionó otras proporciones más, en este caso, de un 4 % de cal obteniendo así un 9% de plasticidad, pero según la norma CE 020 de estabilización de suelos y taludes, nos menciona que sólo se puede adicionar hasta un 8% de cal, ya que si se supera esta adición el suelo se vuelve más plástico. Por lo tanto. No habiendo encontrado investigaciones o pruebas de laboratorio que refuten esta norma, se prosiguió, para un mejor análisis, es por ello que se agregó hasta un 10% más de cal, que nos dio como resultado un 11% de plasticidad, este resultado permitió confirmar la norma, ya que al aumentarle más del 8% de cal este elevó su índice de plasticidad.

De esta manera, las propiedades físicas de la cal hidratada mejorarán los límites de plasticidad de los suelos cohesivos.

Por otro lado, otras investigaciones de estabilización de suelos con cal que se realizaron en el país del El Salvador, optaron solo por adicionar un porcentaje de cal, que fue del 4% para un suelo limo no plástico, que tenía como objetivo elevar las siguientes propiedades: humedad óptima y peso volumétrico seco máximo.

Asimismo, optaron por usar solo una dosificación, pero para poder analizar estas propiedades lo hicieron en las siguientes normas, que se diferencian por el peso del apisonador y la altura de la caída:

ASSHTO T-180 (apisonador de 4.55 KG. y una caída de 457mm)

AASHTO T-99 (apisonador de 2.5 KG. y una caída de 305mm)

Cada norma demostró resultados diferentes; para la primera norma, el óptimo contenido de humedad se elevó en un 2%, esta demuestra que la cal también mejora el rendimiento del contenido de humedad, de un suelo arcilloso para la misma adición de cal, pero con la norma ASSTHO T-99, el óptimo contenido de humedad también alcanzo el mismo resultado del primer ensayo.

Para la propiedad de la máxima densidad seca también se analizaron los suelos con solo una dosificación, pero con diferentes normas. Para la primera norma el suelo natural sin adicionar cal, nos dio como resultado 1590 kg/m³; por consiguiente, con la adición de la cal este llego a subir a 1600kg/m³, el cual dio un aumento de 10 kg/m³. Posteriormente, se analizó con la segunda norma, encontrando el suelo natural disminuido a 1540 kg/m³ y al agregarle el 4% de cal, este logro elevarse a 1550 kg/m³. Entonces, con estos resultados, podemos apreciar que los análisis se tienen que hacer con diferentes dosificaciones, para poder tener una amplia información del suelo a estabilizar, ya que pueden suceder estos diferentes tipos de resultados, que no te brindan mayor alcance de información para la estabilización.

En el caso de esta investigación, se hicieron los ensayos con diferentes adiciones (2%,4%,10%), en dos normas diferentes las cuales fueron: ASTM D1557 y MTC E115-2016.

Los ensayos de proctor modificado, dieron como resultado al primer ensayo del suelo natural, una densidad máxima seca de 1896 kg/m³ y un óptimo contenido de humedad de 11.98%; pero, adicionándole primero un 2% de cal nos resultó una elevación de 16 kg/m³ en máxima densidad seca y 2.5% de aumento en el óptimo contenido de humedad. Asimismo, para la adición de 4% de cal el aumento se reflejó en 20 kg/m³ más para la densidad, y 2.8% del contenido de humedad. Finalmente, al aumentarle hasta el

10% de cal, la máxima densidad seca disminuyó, más de lo que se encontró en el suelo natural, llegando a alcanzar 1730 kg/m³; pero, el óptimo contenido de humedad siguió subiendo hasta llegar al 17.84%; por lo tanto, para tener una óptima dosificación se tienen que realizar varias adiciones de cal.

Así pues, las características químicas de la cal hidratada, elevaran de manera óptima los grados de compactación de los suelos cohesivos.

Contrastando con la teoría, en la Tabla N° 7 y la figura 20, se encuentra que las características físicas de la cal contribuyen de manera favorable a los suelos cohesivos, ya que, disminuyen su plasticidad con solo agregarle un 2% de cal. De estos datos en contraste, se puede inferir que los valores de las características de los suelos cohesivos mejoraron, pasaron de ser un suelo bajo regular a un suelo regular bueno.

Contrastando con los antecedentes de García Gonzales, para los ensayos de CBR, uso la norma ASTM D-1883, analizándolo hasta con 4 adiciones (2%,4%,6%,8%), en el cual encontró el suelo natural en 5 % de CBR de diseño.

Para la adición del 2% de cal, este solo subió un 0.10%, pero con la adición del 8% de cal, llegó a 8.30% de diseño de CBR, obteniendo así, el mejor porcentaje para el diseño requerido de su investigación.

Para esta investigación, se usó la norma MTC E 132 -200°. Se encontró un suelo, que nos dio como resultado, por medio de ensayos, un CBR de diseño de 11.9%, en la cual se agregaron hasta tres cantidades de proporciones, estas fueron (2%,4%,10%) para el de 2%, se logró obtener un 20.8%. Para el de 4% se alcanzó un 31.2%. Finalmente, para la adicción de 10% se elevó a 34.4% de CBR de diseño.

Contrastando con los antecedentes, se diferencia claramente el gran aumento de CBR de diseño generado por esta investigación, mientras que en los antecedentes nombrados hubo ligeros aumentos, esto puede ser debido al tipo de suelo o también a la pureza de la cal hidratada.

Por consiguiente, la dosificación de cal hidratada mejora la resistencia de los suelos cohesivos. Según los resultados obtenidos, en el presupuesto detallado estimado para una propuesta de estabilización de suelos cohesivos con cal hidratada de una longitud de 150 metros de largo, 5 metros de ancho y una profundidad de 30 cm, fue de 26,184.84 soles,

por lo que nos resulta más económico este tipo de método de estabilización. Los porcentajes de cal tomados para la experimentación de mezcla suelo cal de este proyecto, fueron realizados de acuerdo a la norma E 020 de estabilización de suelos y taludes. Las cuales son los siguientes porcentajes de: 2, 4, 6, 8.

Pero esta norma nos menciona que por ningún motivo se debe emplear más del 8% de cal en el suelo a estabilizar, ya que, según estudios anteriores o antecedentes de estudios realizados con cal, con el aumento de más del 8% de cal, este aumenta la resistencia, pero también se genera aumento de la plasticidad, con esto el suelo ya no regresa a su estado rígido y se genera la deformación del suelo tratado.

Por motivos de experimentación, y por no encontrar estudios nacionales de estabilización de suelos con cal con más del 8%.

Por lo tanto, se optó por hacer un análisis de mezcla suelo y cal con un porcentaje de 10% de cal para poder comparar resultados con antecedentes internacionales.

Para saber que porcentajes usar en la experimentación, se tuvo que hacer previas investigaciones con alguna referencia a la experimentación a realizar, como primera línea, a nivel nacional y zonas donde se usó este tipo de técnicas, y así poder compatibilizar o disgregar resultados con referencia a una base de datos, de diferentes tipos, y así poder llegar a ciertos parámetros, la cual nos permita obtener resultados más precisos y objetivos. Al no tener muchas experimentaciones o zonas parecidas con las mismas propiedades del lugar que se piensa experimentar a nivel nacional se tuvo que realizar una segunda línea de investigación.

Por eso que se tuvo que ampliar las zonas de investigación, al no haber encontrado suficientes experimentaciones a nivel nacional o con mayor grado de dificultad. Y para la segunda línea, se optó por ampliar las bases de la investigación buscando así experimentaciones a nivel internacional, además tratar de buscar lugares que se asemejen a las características del proyecto, las cuales nos brinden más información sobre qué cantidades de porcentajes pueden ser favorables o desfavorables con la aplicación de la cal hidratada, además de que métodos o normas internacionales han sido tomadas y poder comparar estas con las normas nacionales del uso de este agregado.

V. CONCLUSIONES

- El análisis granulométrico del suelo natural según SUCS, es un suelo arenoso arcilloso; en clasificación ASSHTO, determina a un A-2-6 de suelos con baja capacidad de carga y un índice de plasticidad regular.
- Esta tesis fue hecha a base de trabajos realizados de información de otras bibliografías sobre cal hidratada. Además, los resultados fueron hechos a base de ensayos, bajo las normas ASSTHO, ASTM y MTC.
- La dosificación de cal hidratada regula la plasticidad, y a la vez su cohesión, aumentando así su resistencia. Con estos tipos de cambios, el suelo paso de ser a un suelo areno arcilloso (SC), a un suelo limoso (ML). Por tal motivo, toda estabilización con cal es directamente proporcional a las características y propiedades que tiene cada suelo.
- La resistencia a la compresión óptima que llegue a alcanzar un suelo estabilizado, dependerá de varias exigencias, como el diseño de la mezcla cal o el tipo de suelo a tratar; asimismo, también influye la aplicación del aditivo en el proceso constructivo de la estabilización. Por eso, es bueno contar con un proceso de fases, en las cuales se tendrá que generar un plan de control de calidad para corroborar la perfecta ejecución de todas las fases.
- Las cifras obtenidas de los ensayos de CBR sirven como comparación sobre los resultados que podemos alcanzar al aumentar cada porcentaje de cal hidratada. Además, este aumenta la resistencia de la sub rasante, eleva su densidad máxima seca y baja su índice de plasticidad; obteniendo así un suelo mejorado y óptimo para soportar cargas de agentes externos.
- En esta investigación se agregó más del 8% de cal, que a los ensayos anteriormente mencionados. A diferencia de estos, siguió aumentando su valor, sin causarle alguna mala alteración que pueda dañar el suelo.
- En las hipótesis específicas planteadas en la investigación, las características físicas de la cal hidratada logran una adecuada estabilización, ya que gracias a sus partículas cálcicas, el suelo tratado se aglomera y comienza el comportamiento puzolanico; además, las características químicas de la cal hidratada, inciden en los límites de consistencia que presenta el suelo a tratar, cambiando considerablemente su plasticidad gracias a la dosificación creciente que se le accionó en los ensayos de laboratorio.

- Para medidas de protección durante el mezclado de cal, por ser un mineral fino, es preferible usar un elemento de protección respiratoria como el respirador de partículas 3M 8210V.
- En conclusión, la hipótesis de esta investigación es correcta, ya que, la cal hidratada mejora considerablemente las propiedades mecánicas de suelos cohesivos, gracias a que el suelo tratado, tiene minerales arcillosos en los cuales están incluidos la alúmina y la sílice, que al combinarse las partículas se aglomeran perfectamente.
- Los criterios de esta investigación estuvieron respaldados por bases firmes de estudio las cuales siguieron etapas diferentes con el transcurso de la investigación desde la base inicial de la experimentación hasta concluir todo el proyecto. Para los criterios se tomaron cuatro bases importantes las cuales fueron: el estudio, la experiencia y menciones de expertos del estudio de suelos.
- Para el estudio de la experimentación se interpretó la norma CE 020 de estabilización de suelos y taludes, por medio de esta norma es donde se fundamentó el criterio del uso de las proporciones, las cuales nos menciona que existe un mínimo de porcentaje de aplicación de cal y un total máximo de porcentaje.
- Para la experiencia, se tomó como referencia la situación en cómo se encuentra el lugar al cual se realizará los estudios, este lugar es un lugar accidentado de suelos limo arcillosos, en el cual se genera grandes movilizaciones de vehículos, por tanto, se precisaría usar métodos de estabilización de resistencia elevada para mayor durabilidad.
- Y, para terminar, fue muy importante recaudar las investigaciones que se han venido realizando desde hace muchos años hechas por profesionales que realizan el mejoramiento y evaluación de suelos cohesivos a lo largo de tiempo aplicando diferentes tipos de minerales o productos químicos que estructuran las partículas del suelo tratado para mejorar sus características estructurales.

VI.RECOMENDACIONES

- Debido a los diferentes tipos de suelos que podemos encontrar es necesario hacer por lo menos tres tipos de dosificaciones, para llegar a las especificaciones requeridas
- Se recomienda usar este tipo de mineral para estabilización, solo con suelos arcillosos para alcanzar las especificaciones requeridas.
- Debido que a no en todos lugares se encuentra arcilla, en esta investigación se llegó a encontrar otros tipos de suelos; por ello, es recomendable adicionarle puzolanas, si es que el proyecto solicita ciertos valores para alcanzar altas especificaciones.
- Dado los altos requerimientos en los proyectos, es preferible usar minerales de alta calidad; asimismo, también es recomendable pedir especificaciones técnicas del producto y su certificación de venta.
- Para el momento de la aplicación de cal in situ, es preferible hacerlo en época de pocos vientos y el personal que aplica el mineral use de preferencia respiradores con filtro.
- Se recomienda que el suelo que va ser tratado no tenga más del 1% de material orgánico, porque este llevaría a usar más porcentaje de cal y otros especiales procedimientos de aplicación.
- Para una estabilización correcta es recomendable hacerlo en suelos igual o mayor a 10% de su índice de plasticidad, para que este tenga más complejidad con el mineral.
- Los estudios, deben ser realizados en un laboratorio de prestigio, si es necesario pedir los certificados de calibración de cada máquina, ya que si estos están mal calibrados pueden incrementar el costo del proyecto.
- Al decidir usar cal hidratada como agente estabilizante, se tendrá en cuenta las ventajas técnicas económicas y ambientales que generan; pero, además, se está optando por un mineral hecho en Perú, que también son supervisadas por la SUNAT, por ser un aditivo para la fabricación de drogas.

VII. REFERENCIAS

- Aksoy, E. y Iskender, H. (2012). Hydrated lime treatment of asphalt concrete to increase permanent deformation resistance. Recuperado de <https://vdocuments.site/hydrated-lime-treatment-of-asphalt-concrete-to-increase-permanent-deformation.html>.
- Atud, T. y Kanitpong, k. (2007) Laboratory Evaluation of Hydrated Lime Application Process in Asphalt Mixture for Moisture Damage and Rutting Resistance. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4566-7_89.
- Ancade (2009). Tratamiento de suelos con cal. Recuperada de http://anfagal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Estabilizacion_de_Suelos/JM-Tratamiento_de_suelos_con_cal_-ANCADE.pdf
- Altamirano, N. (2015). Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de cal en las vias de la comunidad de San Isidro del Pegon. (Tesis para grado). Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>.
- Bauza C. (2009). Estabilización de suelos con cal. Madrid. (Tesis para grado). Recuperado de [file:///Users/juniorfernandojuandediossalazar/Downloads/ESTABILIZACION_DE_SUELOS_CON_CAL%20\(2\).pdf](file:///Users/juniorfernandojuandediossalazar/Downloads/ESTABILIZACION_DE_SUELOS_CON_CAL%20(2).pdf).
- Beltran P.(2011). Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimento. (Tesis para grado). Recuperado <http://docplayer.es/23676059-Tesis-que-para-obtener-el-titulo-de-ingeniero-civil.html>.
- Borja, S. (2012) *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. (2ª. ed.) Chiclayo: UNPRGallo.
- Carrasco D, S. (2013). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. (2ª. ed.). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Celaleddin E., Atakan A., Erol I., Halit O. (2011) Hydrated lime treatment of asphalt concrete to increase permanent deformation resistance. Publicado en *Construction and Building Materials*. Llevado a cabo en Trabzon, Turkey.
- European Lime Association. (2003) Hydrated lime a Proven additives for Durable asphalt Pavement. Recuperado de <https://www.degruyter.com/view/j/ijpeat.2013.14.issue-2/ijpeat-2013-0002/ijpeat-2013-0002.xmlf>.
- Garcia, G. (2015). Determinacion de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca. Tesis (ingeniero civil). Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7327>
- Gutierrez, C. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio frente al cloruro de calcio. Tesis. (Ingeniero civil). Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/116/1/gutierrez_ca.pdf.
- Gonzales, A., OSEDA, D y RAMIREZ, F. (2011). *¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?* (1ª ed.). Lima: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Hernandez, R. (2014). Metodología de la investigación. (6ª ed.) México: Mcgraw-Hill.
- Huimin, Z. (2010). In Situ Chemical Stabilization of Arsenic-Contaminated Soils Using Ferrous Sulfate. Publicado en *Bioinformatics and Biomedical Engineering*. Llevado a cabo en Chengdu, China.
- Jian Z., Marco I., y Reynaldo R. (2013). Effect of hydrated lime on fracture performance of asphalt mixture. Publicado en *Construction and Building Materials*. Congreso llevado a cabo en Trabzon, Turkey.
- Jara , R.(2014). Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso Tesis(Ingenierocivil).Recuperadodehttp://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC_2c63fef08d9de75cc084f295d6f42c33/Details.
- John W. (2015). *Foundation Engineering for Expansive Soils por Overton*. Recuperado de <https://www.amazon.com/Foundation-Engineering-Expansive-Soils-Nelson/dp/0470581522>.

- Jian Z., Marco I., Reynaldo R., Sanghyun C. y Chulseung K. (2013). Effect of hydrated lime on fracture performance of asphalt mixture. Publicado en Construction and Building Materials. Congreso llevado a cabo en Trabzon, Turkey.
- Jimenez , M. (2010). Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal Tesis (Ingeniería civil). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/232223140/EVALUACION-DE-LAS-PROPIEDADES-MECANICAS-DE-SUELOS-DE-GRANO-FINO-ESTABILIZADOS-CON-CAL>.
- Juarez, H. (2008). Sistemas cemento, cinza volante e cal hidratada:mecanismo de hidratacao, microestrutura e carbonatacao de concreto. (Tesis de doctorado) Recuperado de file:///Users/juniorfernandojuandediossalazar/Downloads/TESE_DOUTORADO_JUAREZ_HOPPE_FILHO.pdf
- Juarez, E. y RICO, A. (2012). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. Recuperado de <http://www.elibros.cl/detalle/mecanica-de-suelos-tomo-1-fundamentos-de-la-mecanica-de-suelos-2/>.
- Jun-Ming, W. (2005) Stabilization of swelling porous elastic soils with fluid saturation by one internal damping. Publicado en Decision and Control European. Llevado a cabo en Sevilla, España.
- Kazemian, S. (2010). Assessment of stabilization methods for soft soils by admixtures. Publicado en Science and Social Research. Llevado a cabo en Kuala Lumpur, Malaysia.
- Inacal. (2015). Método de ensayo para el análisis granulométrico. Recuperado de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3307.
- Inacal. (2015). Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.. Recuperado de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3307.
- Inacal. (2015). Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en laboratorio. Recuperado de

https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3307.

Manrique H. (2009). Guía básica para la estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador Tesis (ingeniero civil). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2444>.

National Lime Association The Versatile Chemical. (2006). Manual de estabilización de suelo tratado con cal. Recuperado de https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf

Mejía, M., E. (2005). *Metodología de la investigación científica*. (2ª ed.) Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Vento, C. (2011). Métodos de investigación. Recuperado de <https://carlosvento21.files.wordpress.com/2011/09/mc3a9todo-cientc3adfico.pdf>

Ramírez, A. (2015). Metodología de la investigación científica. Recuperado de <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIADELAINVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf>.

Ministerio de transportes y comunicaciones (2014). Límites de Atterberg. E 110.

Ministerio de transportes y comunicaciones (2014). Límites de Atterberg. E 111.

Mott L., R. (2009). *Resistencia de los materiales*. (5ª ed.) México: Pearson Educación.

Mohammad, L. y Gokmen, C. (2000) Mechanistic Evaluation of hydrated Lime in Hot-Mix Asphalt Mixtures," Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board. Recuperado de <https://docslide.com.br/documents/ieee-2012-first-national-conference-for-engineering-sciences-fnces-baghdad.html>.

Nelson, J. y Miller, D. (2007). *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*. (3ª ed.) Colorado: John Wiley & Sons

Norma CE.020. Reglamento nacional de edificaciones. Lima, Perú. 21 de junio del 2006.

- Ping, L., (2010). The Influence of Cement and Hydrated Lime on the Performance of Asphalt Mortar. Publicado en Measuring Technology and Mechatronics Automation. Llevado a cabo en Changsha City, China.
- Registro Nacional de municipalidades ley N^a 27563 gastos en obras de infraestructura ejecutadas por las municipalidades. Instituto nacional de estadística e informática. Lima 15 de enero del 2107.
- Rico, R. y CASTILLO, H. (2006). *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. (2^a ed.). México: Editorial Limusa.
- Ruano L, D. (2012). Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva. Tesis (Ingeniero civil). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3447_C.pdf.
- Sánchez, C. y REYES, C. (2008). *Metodología y diseños en la investigación científica*. (3^a ed.). Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Serrano, B., P. (2016) *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander*. (2^a ed.). Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Sampedro R. (2004). Tratamiento de suelos con cal. Planeamiento general, diseño y control de calidad. Recuperado de http://anfcal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Estabilizacion_de_Suelos/JM-tratamiento_de_suelos_con_cal_-ANCADE.pdf.
- WILSON, J y KELLIN G. (2008). Ventanas rotas. Recuperado en www.ucipfg.com/repositorio/MCSH/MCSH-09

ANEXOS

Anexo 1.
Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE1	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo influye la aplicación de la cal hidratada a las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018?	Analizar las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018	La aplicación de la cal hidratada mejorará las propiedades mecánicas de la sub rasante de suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 20 18	X1: Cal hidratada	D1: características físicas D2: características químicas	D1.1 Plasticidad D1.2 Finura D1.3 Dureza D2.1 Fraguado D2.2 Cálculos D2.3 El contenido en oxido de calcio (CaO).	Tipo de Investigación: Aplicada. Nivel de Investigación: Explicativo. Método: Científico. Diseño de Investigación: Cuasi experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE 2	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿De qué manera contribuyen las características físicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018?	Determinar las características físicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la avenida Cantoral de San Juan de Lurigancho 2018	Las características físicas de la cal hidratada contribuyen a las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018	Y1=Suelos cohesivos	D1: Límites de plasticidad	D1.1 Límite líquido D1.2 Límite plástico D1.3 Índice de plasticidad	
¿Cuál es la incidencia de las características químicas de la cal hidratada para los suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018?	Determinar las incidencias de las características químicas de la cal hidratada para suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018	Los características químicas de la cal hidratada inciden en las propiedades mecánicas de suelos cohesivos de la avenida cantoral en San Juan de Lurigancho 2018		D2: Compactación	D2.1 Óptimo contenido de humedad D2.2 Máxima densidad	
¿Cómo varía las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con la dosificación de la cal hidratada en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018?	Determinar la variación de las propiedades mecánicas de suelos cohesivos con la dosificación de la cal hidratada en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018	La dosificación de la cal hidratada varía de manera importante las propiedades mecánicas de suelos cohesivos en la avenida Cantoral en San Juan de Lurigancho 2018		D3: Resistencia del suelo	D3.1 CBR al 0.1" D3.2 CBR al 0.2".	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Autorizaciones



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LT - 131 - 2018

Laboratorio de Termometría

Página 1 de 4

Expediente	99661	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	ORION LABORATORIOS E.I.R.L.	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).
Dirección	Asoc. Huerto de Huachipa E-15 - Luriganchó	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
Instrumento de Medición	TERMOMETRO DE LIQUIDO EN VIDRIO	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Intervalo de Indicación	-5,6 °C a 152,2 °C	
Resolución	0,2 °C	
Marca	AA PRECISION	
Procedencia	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	TO-001 (*)	
Fecha de Calibración	2018-04-18 al 2018-04-19	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Electricidad y Termometría	Laboratorio de Temperatura
2018-04-19	 GALLIA STYLA TICONA CANAZA Dirección de Metrología	 BILLY QUISPE CUSIPUMA Dirección de Metrología



Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
 Tell.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe

Figura 40: Certificación de calibración. Fuente: Inacal



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración

LM - 195 - 2018

Página 1 de 4

Expediente	99661	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ORION LABORATORIOS E.I.R.L.	
Dirección	Asoc. Huerto de Huachipa E-15 - Lurigancho	
Patrón de Medición	PESA	
Valor Nominal	1 kg	
Clase de Exactitud	F1	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	FUYUE	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	28M47	
Cantidad	1	
Fecha de Calibración	2018-04-16	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Masa
2018-04-17	ALDO QUIROGA ROJAS	LUZ MARINA CORI ALMONTE
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Figura 41: Certificación de calibración. Fuente: Inacal



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración

LM - 194 - 2018

Página 1 de 4

Expediente	99661	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ORION LABORATORIOS E.I.R.L.	
Dirección	Asoc. Huerto de Huachipa E-15 - Lurigancho	
Patrón de Medición	PESA	
Valor Nominal	500 g	
Clase de Exactitud	F1	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	FUYUE	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	28M46	
Cantidad	1	
Fecha de Calibración	2018-04-16	

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Masa
2018-04-17	ALDO QUIROGA ROJAS	LUZ MARINA CORI ALMONTE
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Figura 42: Certificación de calibración. Fuente: Inacal



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración

LM - 207 - 2018

Página 1 de 4

Expediente	99661	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ORION LABORATORIOS E.I.R.L.	
Dirección	Asoc. Huerto de Huachipa E-15 - Lurigancho	
Patrón de Medición	PESA	
Valor Nominal	10 kg	
Clase de Exactitud	F1	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	FUYUE	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	28M43	
Cantidad	1	
Fecha de Calibración	2018-04-17	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Masa
 2018-04-17	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 LUZ MARINA CORI ALMONTE Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Figura 43: Certificación de calibración. Fuente: Inacal

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-001
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

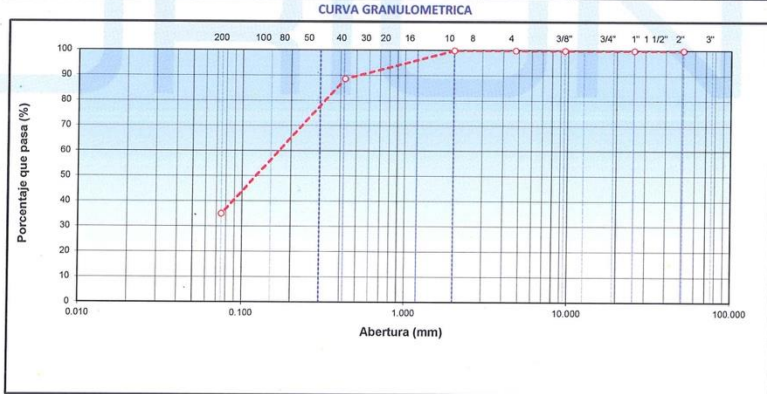
N° CERTIFICADO ESL-GRCL-1811024

INFORMACION DE CLIENTE Y MUESTRA

SOLICITANTE : JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO	Tamaño Maximo : 2.36 mm
ATENCION : JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO	Peso inicial seco : 600.0 g
PROYECTO : ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS	Peso Fraccion Fina : 600.0 g
UBICACION : SAN JUAN DE LURIGANCHO	
TECNICO : J. NACCHAS	
FECHA ENSAYO : sábado, 12 de mayo de 2018	
FECHA EMISION : viernes, 18 de mayo de 2018	
CANTERA : SAN JUAN DE LURIGANCHO	
MATERIAL : MATERIAL ARCILLOSO	
UBICACION : AV. CANTORAL CUADRA 13	
PROGRESIVA (Km) :	

TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 10	2.000	0.14	0.0	0.0	100.0	
Nº 16	1.190	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 20	0.840	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 40	0.425	67.5	11.3	11.3	88.7	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	11.3	88.7	
Nº 80	0.177	103.5	17.3	28.5	71.5	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	28.5	71.5	
Nº 200	0.075	218.0	36.3	64.9	35.1	
< Nº 200	FONDO	210.9	35.1	100.0	0.0	

Límite Líquido (LL) :	30
Límite Plástico (LP) :	17
Índice Plástico (IP) :	13
Clasificación (SUCS) :	SC
Clasificación (AASHTO) :	A-2-G
Índice de Grupo :	1
Descripción (AASHTO) :	REGULAR
N° de Tara :	T24
Peso Tara (Kg) :	1015.0
Peso Húmedo (Kg) :	1562.0
Peso Seco (Kg) :	1545.0
Humedad Natural (%) :	3.21%
Grava 3" - Nº 4 :	0.0
Arena Nº4 - Nº 200 :	64.9
Finos < Nº 200 :	35.1
Fracción Fina :	600.0



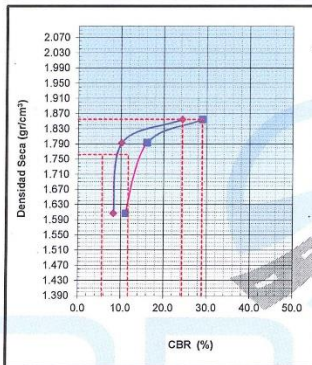
ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Luis Taboada Palacios
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	INFORME DE ENSAYO F-ESL-002
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° INFORME **ESL-CBR-1812009**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCIÓN	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACIÓN	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACIÓN	: AV. CANTORAL CUADRA 13

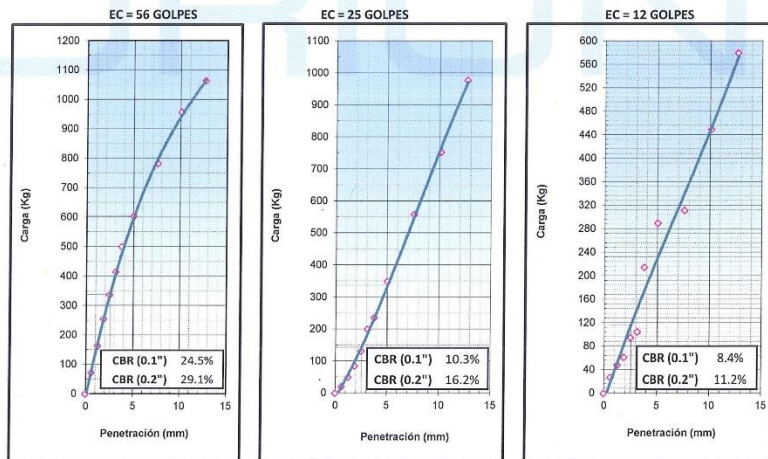


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.855
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.03
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.763

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 24.5	0.2": 29.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 5.7	0.2": 11.9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 29.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.9 (%)

OBSERVACIONES:



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Patacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

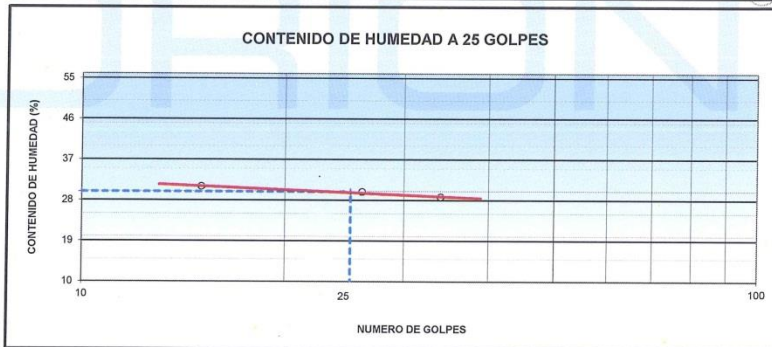
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-019
LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-LCM40-18119024**

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACIÓN	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO
UBICACIÓN	: AV. CANTORAL CUADRA 13
T. MAXIMO	: N° 40
	PROGRESIVA (Km) :

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO		40	13	29	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		50.53	55.42	65.13	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		45.25	50.68	59.59	
PESO DE AGUA (g)		5.28	4.74	5.54	
PESO DEL TARRO (g)		28.26	34.82	40.30	
PESO DEL SUELO SECO (g)		17.0	15.9	19.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		31.08	29.89	28.75	30
NUMERO DE GOLPES		15	26	34	

LIMITE PLASTICO					
N° TARRO		27	90		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		42.08	37.91		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		41.82	37.61		
PESO DE AGUA (g)		0.3	0.3		
PESO DEL TARRO (g)		40.26	35.90		
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.6	1.7		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		16.67	17.54		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	30
LIMITE PLASTICO	17
INDICE DE PLASTICIDAD	13

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

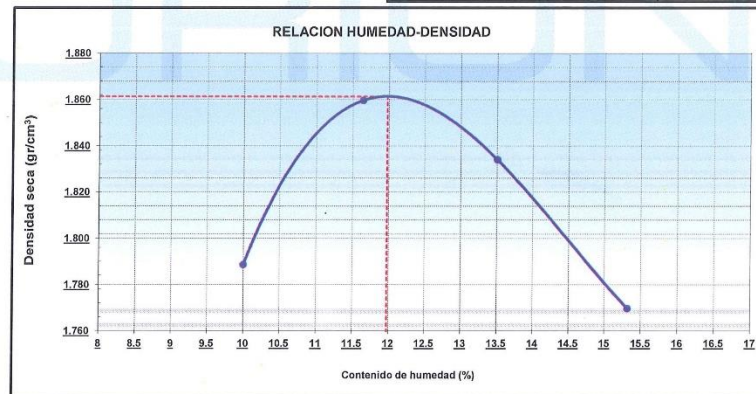
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557 / NORMA MTC E 115 - 2016)	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-003 PAGINA : 2 de 3 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N° CERTIFICADO **ESL-PRM-1813020**

INFORMACION DE CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13

METODO DE COMPACTACION : "C"

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
Peso suelo + molde	gr	10358	10592	10604	10516
Peso molde	gr	6126	6126	6126	6126
Peso suelo húmedo compactado	gr	4232	4466	4478	4390
Volumen del molde	cm ³	2151	2151	2151	2151
Peso volumétrico húmedo	gr	1.967	2.076	2.082	2.041
Recipiente N°		M25	N12	N10	F42
Peso del suelo húmedo+tara	gr	819.00	806.00	741.00	808.00
Peso del suelo seco + tara	gr	769.00	750.00	684.00	736.00
Tara	gr	269.00	269.00	262.00	266.00
Peso de agua	gr	50.0	56.0	57.0	72.0
Peso del suelo seco	gr	500.0	481.0	422.0	470.0
Contenido de agua	%	10.00	11.64	13.51	15.32
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.789	1.860	1.834	1.770
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.861
Optimo Contenido de Humedad (%)					11.98



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Luis Yaboa
 Ing. Luis Yaboa Polanco
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-002
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° INFORME **ESL-CBR-1812010**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	: sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	: viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 2.0 % DE CAL HIDRATADA
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13
CLASF. (SUCS)	: SC
CLASF. (AASHTO)	: A-2-6
INDICE DE GRUPO	: 1
DESCRIPCION (AASHTO)	: REGULAR

ENSAYO DE COMPACTACION						
Molde N°	L1		L2		L3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12195.00	12226.00	11985.00	12020.00	11698.00	11724.00
Peso de molde (g)	7520.00	7520.00	7563.00	7563.00	7533.00	7533.00
Peso del suelo húmedo (g)	4675.00	4706.00	4422.00	4457.00	4165.00	4191.00
Volumen del molde (cm ³)	2200.00	2200.00	2150.00	2150.00	2165.00	2165.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.125	2.139	2.057	2.073	1.924	1.936
Tara (N°)	M20	M12	M32	M05	M11	M24
Peso suelo húmedo + tara (g)	850.50	790.00	756.00	880.40	791.80	812.00
Peso suelo seco + tara (g)	776.13	717.53	693.37	793.58	726.05	729.64
Peso de tara (g)	268.00	264.00	267.00	269.00	264.00	268.00
Peso de agua (g)	74.37	72.47	62.63	86.82	65.75	82.36
Peso de suelo seco (g)	508.13	453.53	426.37	524.58	462.05	461.64
Contenido de humedad (%)	14.64	15.98	14.69	16.55	14.23	17.84
Densidad seca (g/cm ³)	1.854	1.844	1.793	1.779	1.684	1.643

EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO hrs	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%
12/05/2018	09:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
13/05/2018	09:06	24	1.000	0.025	0.0	2.000	0.051	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1
14/05/2018	09:12	48	2.000	0.051	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	6.000	0.152	0.1
15/05/2018	09:18	72	2.000	0.051	0.0	4.000	0.102	0.1	6.000	0.152	0.1	8.000	0.203	0.2
16/05/2018	09:24	96	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	8.000	0.203	0.2	8.000	0.203	0.2
17/05/2018	09:30	120	3.000	0.076	0.1	6.000	0.152	0.1	8.000	0.203	0.2	8.000	0.203	0.2

PENETRACION											
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 20			MOLDE N° 5			MOLDE N° 81			
		CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%	
0.000	0.000	0			0			0			
0.635	0.025	135.0			60.0			49.0			
1.270	0.050	198.0			140.0			102.0			
1.905	0.075	256.0			250.0			150.0			
2.540	0.100	70.45	311.0	430.1	31.1	330.0	312.9	22.6	190.0	188.7	13.6
3.180	0.125		524.0			370.0			228.0		
3.810	0.150		724.0			440.0			267.0		
5.080	0.200	105.68	814.0	744.6	35.9	520.0	516.0	24.9	331.0	335.5	16.2
7.620	0.300		912.0			630.0			452.0		
10.160	0.400		1080.5			811.0			545.0		
12.700	0.500		1254.0			998.0			625.0		

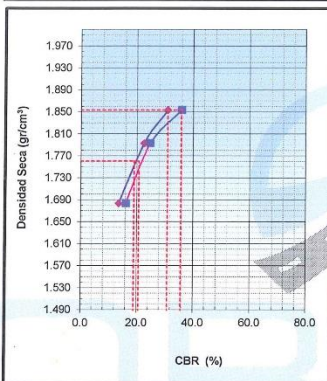
ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Polanco
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	INFORME DE ENSAYO F-ESL-002 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nº INFORME **ESL-CBR-1812010**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACIÓN	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	: sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	: viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 2.0 % DE CAL HIDRATADA
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACIÓN	: AV. CANTORAL CUADRA 13

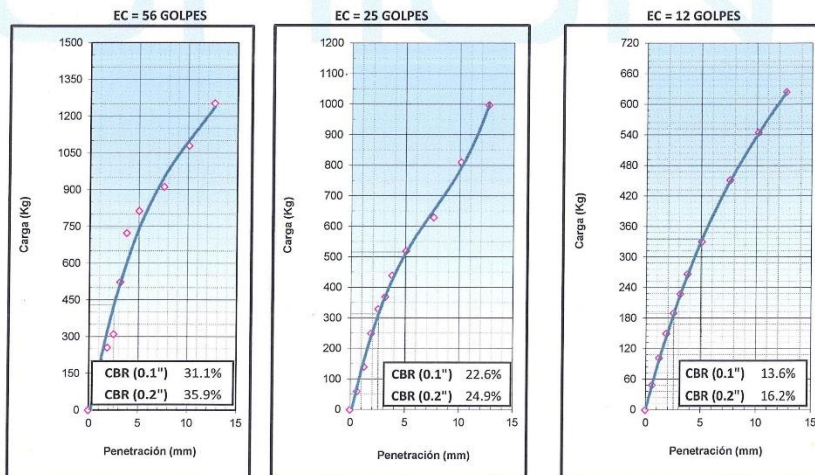


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.854
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.64
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.761

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 31.1	0.2": 35.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 19.1	0.2": 20.8

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 35.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 20.8 (%)

OBSERVACIONES:



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Iny. Luis Taboada Pajacos
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-003
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557 / NORMA MTC E 115 - 2016)	PAGINA : 2 de 3 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

Nº CERTIFICADO **ESL-PRM-1813021**

INFORMACION DE CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANtera	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 2.0 % DE CAL HIDRATADA
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13

METODO DE COMPACTACION : "C"

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
Peso suelo + molde	gr	10363	10698	10790	10596
Peso molde	gr	6214	6214	6214	6214
Peso suelo húmedo compactado	gr	4149	4484	4576	4382
Volumen del molde	cm ³	2126	2126	2126	2126
Peso volumétrico húmedo	gr	1.952	2.109	2.152	2.061
Recipiente Nº		K10	N11	G10	H20
Peso del suelo húmedo+tara	gr	780.00	956.00	790.50	809.00
Peso del suelo seco + tara	gr	726.50	872.00	715.88	733.92
Tara	gr	268.50	268.00	210.00	267.00
Peso de agua	gr	53.5	84.0	74.6	75.1
Peso del suelo seco	gr	458.0	604.0	505.9	466.9
Contenido de agua	%	11.68	13.91	14.75	16.08
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.747	1.852	1.876	1.776
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.876
Optimo Contenido de Humedad (%)					14.74



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Luis Taboada Palacios
Iny. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 - Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989
laboratorio@orionrcp.com | areatecnica@orionrcp.com | ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

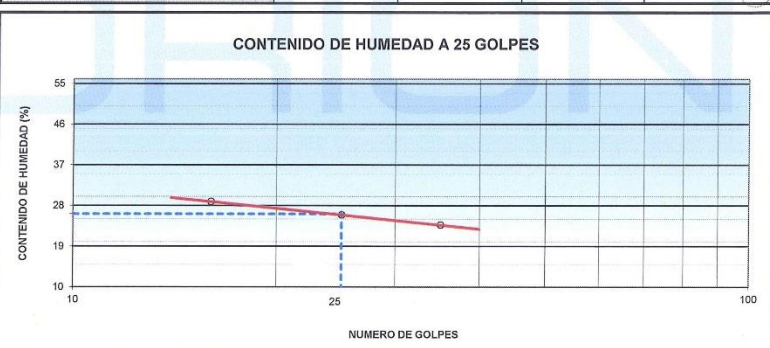
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-019
LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-LCM40-18119025**

DÁTOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACIÓN	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 2 % DE CAL HIDRATADA
UBICACIÓN	: AV. CANTORAL CUADRA 13
T. MAXIMO	: N° 40
PROGRESIVA (Km)	:

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		11	15	20
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	51.23	62.32	55.42
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.14	56.50	52.48
PESO DE AGUA	(g)	5.09	5.82	2.94
PESO DEL TARRO	(g)	28.55	34.05	40.12
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.6	22.4	12.4
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.92	25.95	23.76
NUMERO DE GOLPES		16	25	35

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		H10	H21	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	45.11	39.21	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44.36	38.78	
PESO DE AGUA	(g)	0.7	0.4	
PESO DEL TARRO	(g)	39.50	36.22	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.9	2.6	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	15.33	16.86	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	26
LIMITE PLASTICO	16
INDICE DE PLASTICIDAD	10

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

 Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-002
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° INFORME **ESL-CBR-1812012**

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO	
ATENCION : JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO	
PROYECTO : ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS	
UBICACION : SAN JUAN DE LURIGANCHO	
TECNICO : MAAM	
F. ENSAYO : sábado, 12 de mayo de 2018	CLASF. (SUCS) : SC
F. EMISION : viernes, 18 de mayo de 2018	CLASF. (AASHTO) : A-2-6
	INDICE DE GRUPO : 1
MATERIAL : MATERIAL ARCILLOSO + 4.0% DE CAL HIDRATADA	DESCRIPCION (AASHTO) : REGULAR
CANTERA : SAN JUAN DE LURIGANCHO	
UBICACION : AV. CANTORAL CUADRA 13	

ENSAYO DE COMPACTACION

	J12		K22		J10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12255.00	12302.00	11935.00	12000.00	11648.00	11724.00
Peso de molde (g)	7490.00	7490.00	7522.00	7522.00	7512.00	7512.00
Peso del suelo húmedo (g)	4765.00	4812.00	4413.00	4478.00	4136.00	4212.00
Volumen del molde (cm³)	2190.00	2190.00	2185.00	2185.00	2201.00	2201.00
Densidad húmeda (g/cm³)	2.176	2.197	2.020	2.049	1.879	1.914
Tara (N°)	F12	F13	F05	F24	F45	F10
Peso suelo húmedo + tara (g)	845.00	880.00	726.00	805.00	860.00	912.00
Peso suelo seco + tara (g)	762.85	786.87	661.44	719.66	777.53	806.08
Peso de tara (g)	265.00	266.00	269.00	270.00	278.00	259.00
Peso de agua (g)	82.15	93.13	64.56	85.34	82.47	105.92
Peso de suelo seco (g)	497.85	520.87	392.44	449.66	499.53	547.08
Contenido de humedad (%)	16.50	17.88	16.45	18.98	16.51	19.36
Densidad seca (g/cm³)	1.868	1.864	1.734	1.722	1.613	1.603

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO hrs	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%
12/05/2018	09:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	
13/05/2018	09:06	24	1.000	0.025	0.0	2.000	0.051	0.0	3.000	0.076	0.1	3.000	0.076	
14/05/2018	09:12	48	2.000	0.051	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	4.000	0.102	
15/05/2018	09:18	72	2.000	0.051	0.0	4.000	0.102	0.1	6.000	0.152	0.1	6.000	0.152	
16/05/2018	09:24	96	2.000	0.051	0.0	4.000	0.102	0.1	6.000	0.152	0.1	6.000	0.152	
17/05/2018	09:30	120	2.000	0.051	0.0	4.000	0.102	0.1	6.000	0.152	0.1	6.000	0.152	

PENETRACION

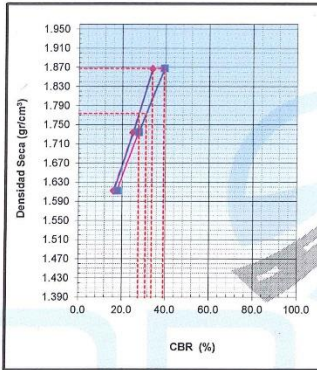
PENETRACION mm	CARGA STAND. pulg.	CARGA kg/cm2	MOLDE N° 20			MOLDE N° 5			MOLDE N° 81		
			CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		145.5			72.5			25.6		
1.270	0.050		201.5			100.6			112.5		
1.905	0.075		269.5			290.5			187.5		
2.540	0.100	70.45	345.5	471.4	34.1	375.5	347.1	25.1	200.5	224.1	16.2
3.180	0.125		590.5			402.5			290.5		
3.810	0.150		780.5			490.5			311.5		
5.080	0.200	105.68	912.0	819.6	39.5	580.6	575.7	27.7	385.5	370.2	17.8
7.620	0.300		990.5			712.5			429.5		
10.160	0.400		1175.0			790.5			590.4		
12.700	0.500		1340.0			925.5			705.0		

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Iny. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 36554

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	INFORME DE ENSAYO F-ESL-002 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N° INFORME **ESL-CBR-1812012**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 4.0 % DE CAL HIDRATADA
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13

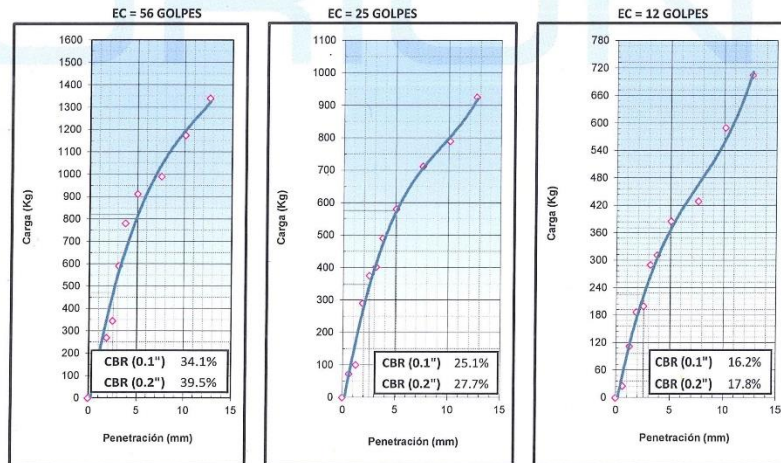


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.868
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.50
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.774

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 34.1	0.2": 39.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 27.9	0.2": 31.2

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 39.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 31.2 (%)

OBSERVACIONES:



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Luis Taboada Palacios
 Ing. Luis Taboada Palacios
 IEPSE DE LABORATORIO
 CIP: 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

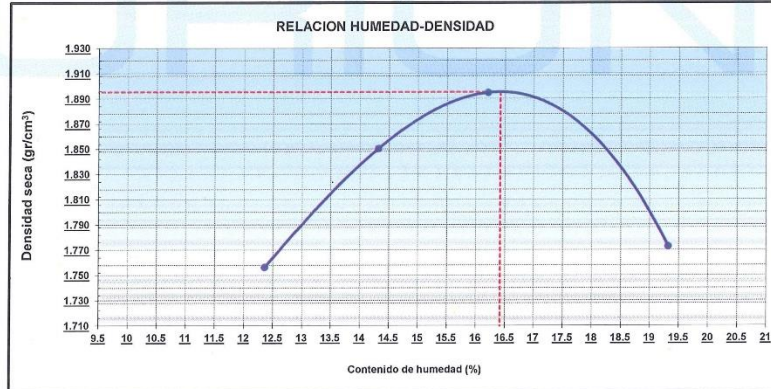
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-003
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557 / NORMA MTC E 115 - 2016)	PAGINA : 2 de 3 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-PRM-1813022**

INFORMACION DE CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
ATENCION TECNICO	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO : J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 4.0 % DE CAL HIDRATADA
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13

METODO DE COMPACTACION : "C"

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
Peso suelo + molde	gr	10410	10712	10896	10712
Peso molde	gr	6214	6214	6214	6214
Peso suelo húmedo compactado	gr	4196	4498	4682	4498
Volumen del molde	cm ³	2126	2126	2126	2126
Peso volumétrico húmedo	gr	1.974	2.116	2.202	2.116
Recipiente N°		H11	N12	G25	U12
Peso del suelo húmedo+tara	gr	758.00	812.00	852.00	830.00
Peso del suelo seco + tara	gr	704.21	743.86	762.59	739.00
Tara	gr	269.00	268.00	211.00	268.00
Peso de agua	gr	53.8	68.1	89.4	91.0
Peso del suelo seco	gr	435.2	475.9	551.6	471.0
Contenido de agua	%	12.36	14.32	16.21	19.32
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.757	1.851	1.895	1.773
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.896
Óptima Contenido de Humedad (%)					16.42



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 - Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989
laboratorio@orionrcp.com | areatecnica@orionrcp.com | ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

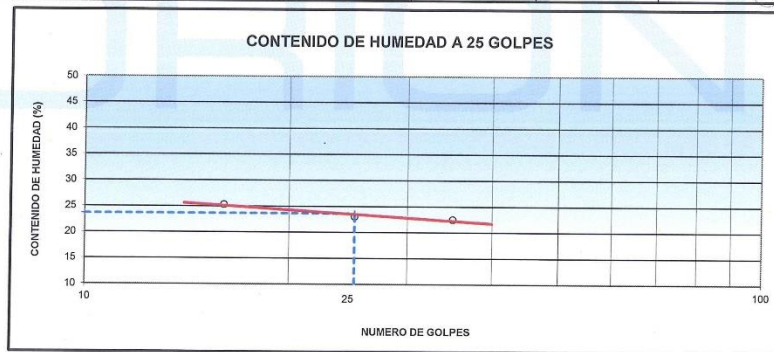
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-019
LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-LCM40-18119026**

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 4 % DE CAL HIDRATADA
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13
T. MAXIMO	: N° 40
PROGRESIVA (Km)	:

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		R10	R20	R13
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	61.50	67.45	64.51
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	54.85	61.31	60.10
PESO DE AGUA	(g)	6.65	6.14	4.41
PESO DEL TARRO	(g)	28.60	34.67	40.55
PESO DEL SUELO SECO	(g)	26.3	26.6	19.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.33	23.05	22.54
NUMERO DE GOLPES		16	25	35

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		B11	B20	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	46.11	56.78	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.09	54.12	
PESO DE AGUA	(g)	1.0	2.7	
PESO DEL TARRO	(g)	38.12	35.19	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.0	18.9	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	14.59	14.03	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	9

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-002
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° INFORME **ESL-CBR-1812013**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	: sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	: viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 10.0 % DE CAL HIDRATADA
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13
CLASF. (SUCS)	: SC
CLASF. (AASHTO)	: A-2-6
INDICE DE GRUPO	: 1
DESCRIPCION (AASHTO)	: REGULAR

ENSAYO DE COMPACTACION						
Molde N°	T14		T15		T16	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12298.00	12315.00	11845.00	11905.00	11544.50	11612.00
Peso de molde (g)	7395.00	7395.00	7480.00	7480.00	7442.00	7442.00
Peso del suelo húmedo (g)	4903.00	4920.00	4365.00	4425.00	4102.50	4170.00
Volumen del molde (cm³)	2340.00	2340.00	2350.00	2350.00	2365.00	2365.00
Densidad húmeda (g/cm³)	2.095	2.103	1.857	1.883	1.735	1.763
Tara (N°)	V24	V44	V10	V74	V19	V32
Peso suelo húmedo + tara (g)	912.00	845.00	911.00	877.00	843.00	920.00
Peso suelo seco + tara (g)	815.79	754.34	813.75	777.02	751.77	807.18
Peso de tara (g)	266.00	254.00	268.00	269.00	241.00	280.00
Peso de agua (g)	96.21	90.66	97.25	99.98	91.23	112.82
Peso de suelo seco (g)	549.79	500.34	545.75	508.02	510.77	527.18
Contenido de humedad (%)	17.50	18.12	17.82	19.68	17.86	21.40
Densidad seca (g/cm³)	1.783	1.780	1.577	1.573	1.472	1.452

EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO hrs	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%	Pulg.	0.001	mm	%
12/05/2018	09:00	0	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0	
13/05/2018	09:06	24	1.000	0.025	0.0	0.0	2.000	0.051	0.0	3.000	0.076	0.1	0.1	
14/05/2018	09:12	48	1.000	0.025	0.0	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	0.1	
15/05/2018	09:18	72	1.000	0.025	0.0	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	0.1	
16/05/2018	09:24	96	1.000	0.025	0.0	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	0.1	
17/05/2018	09:30	120	2.000	0.051	0.0	0.0	3.000	0.076	0.1	4.000	0.102	0.1	0.1	

PENETRACION											
PENETRACION		CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 20			MOLDE N° 5			MOLDE N° 81		
			CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%	CARGA kg	CORRECCION kg	%
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		135.8			55.5			12.5		
1.270	0.050		188.5			112.5			80.5		
1.905	0.075		245.0			190.5			102.0		
2.540	0.100	70.45	310.0	397.9	28.8	255.0	284.9	20.6	165.0	176.0	12.7
3.180	0.125		489.5			364.0			221.0		
3.810	0.150		642.0			410.0			298.5		
5.080	0.200	105.68	711.0	683.9	33.0	590.0	521.9	25.2	312.0	315.9	15.2
7.620	0.300		890.0			670.0			401.5		
10.160	0.400		955.8			800.5			480.5		
12.700	0.500		1145.0			908.5			548.5		

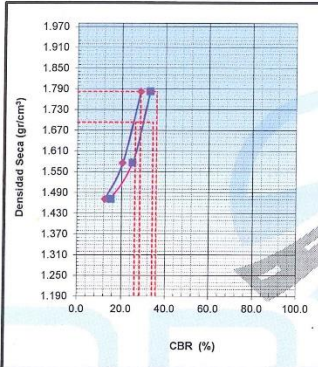
ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E 132 - 2000)	INFORME DE ENSAYO F-ESL-002 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N° INFORME **ESL-CBR-1812013**

DATOS DE LA MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCIÓN	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACIÓN	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: MAAM
F. ENSAYO	: sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	: viernes, 18 de mayo de 2018
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 10.0% DE CAL HIDRATADA
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
UBICACIÓN	: AV. CANTORAL CUADRA 13

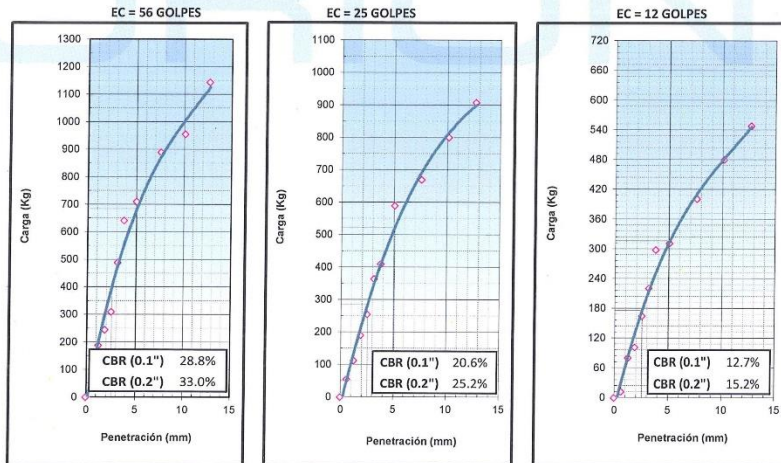


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.783
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.50
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.694

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	28.8	0.2":	36.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	26.4	0.2":	34.4

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 36.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 34.4 (%)

OBSERVACIONES:



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.


Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551

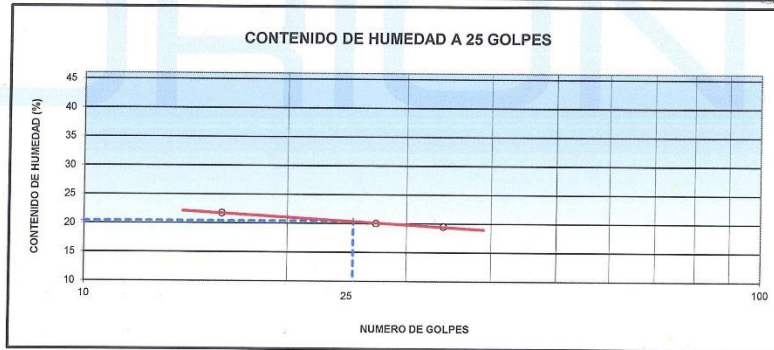
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-019
LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-LCM40-18119027**

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 10 % DE CAL HIDRATADA
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13
T. MAXIMO	: N° 40
PROGRESIVA (Km)	:

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		P10	P52	P66
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	68.12	67.52	66.11
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	60.29	61.18	60.21
PESO DE AGUA	(g)	7.83	6.34	5.90
PESO DEL TARRO	(g)	24.31	29.55	30.01
PESO DEL SUELO SECO	(g)	36.0	31.6	30.2
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.77	20.04	19.52
NUMERO DE GOLPES		16	27	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		H55	R21	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	47.21	55.32	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.15	53.49	
PESO DE AGUA	(g)	1.1	1.8	
PESO DEL TARRO	(g)	35.65	34.08	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.5	19.4	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	10.07	9.43	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	20
LIMITE PLASTICO	10
INDICE DE PLASTICIDAD	11

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551

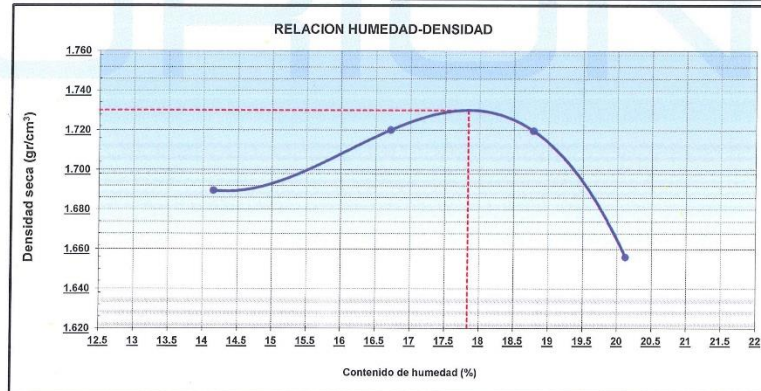
ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557 / NORMA MTC E 115 - 2016)	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-003 PAGINA : 2 de 3 REVISION : 0.0 FECHA DE CREA. : 11/04/2017 MATERIAL : SUELOS
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N° CERTIFICADO **ESL-PRM-1813023**

INFORMACION DE CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
PROYECTO	: ANALISIS DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE, APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS
UBICACION	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
ATENCION	: JUAN DE DIOS SALAZAR JUNIOR FERNANDO
TECNICO	: J. GUERRERO
F. ENSAYO	sábado, 12 de mayo de 2018
F. EMISION	viernes, 18 de mayo de 2018
CANTERA	: SAN JUAN DE LURIGANCHO
MATERIAL	: MATERIAL ARCILLOSO + 10.0% DE CAL HIDRATADA
UBICACION	: AV. CANTORAL CUADRA 13

METODO DE COMPACTACION : "C"

DETALLE Y CALCULO DE ENSAYO					
Peso suelo + molde	gr	10315	10483	10557	10444
Peso molde	gr	6214	6214	6214	6214
Peso suelo húmedo compactado	gr	4101	4269	4343	4230
Volumen del molde	cm ³	2126	2126	2126	2126
Peso volumétrico húmedo	gr	1.929	2.008	2.043	1.989
Recipiente N°		M01	840	M45	K11
Peso del suelo húmedo+tara	gr	808.50	839.50	825.00	631.50
Peso del suelo seco + tara	gr	741.50	757.50	737.00	548.50
Tara	gr	268.00	267.00	268.50	136.00
Peso de agua	gr	67.0	82.0	88.0	83.0
Peso del suelo seco	gr	473.5	490.5	468.5	412.5
Contenido de agua	%	14.15	16.72	18.78	20.12
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.690	1.720	1.720	1.656
Densidad máxima seca (gr/cm ³)					1.730
Optimo Contenido de Humedad (%)					17.84



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.


Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 56551

Anexo 4. Trabajos realizados en campo.



Figura 44: Calicata con la altura final. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 45: Suelo amarillento con de material limo y un poco de arcilla. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 46: Calicata terminada. *Fuente:* Elaboración propia.

Anexo 5. Transporte y entrega de muestras al laboratorio de mecánica de suelos y análisis de precios unitarios.



Figura 47: Técnicos evaluando preparando los instrumentos. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 20
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	1.01	CAMPAMENTO	Costo Unitario	Directo	Por:	und	S/118.43
RENDIMIENTO	1.00		MO		EQ		
Descripcion Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de obra						
OPERARIO			hh	2.00	3.00	14.04	42.12
PEON			hh	6.00	6.00	11.15	66.90
							109.02
	Materiales						
CLAVOS 2"			kg		0.01	4.12	0.06
MADERA TORNILLO (LARGA)			p2		1.70	2.93	4.98
TRIPLAY LUPUNA 2x8x12MM			pl		0.07	43.73	3.10
PLANC. CORRUG. SUPERTECHALIT 1.80M.			und		0.16	7.93	1.27
							9.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	1.02	SEÑALIZACIONES DE OBRA	Costo Unitario	Directo	Por:	und	S/1,072.35
RENDIMIENTO	1.00		MO		EQ		
Descripcion Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de obra						
OFICIAL			hh	6.00	13.00	12.32	160.16
PEON			hh	3.00	12.00	11.15	133.80
							293.96
	Materiales						
CLAVOS 3"			kg		1.50	4.12	6.18
PIEDRA GRANDE PARA ZANJA			m3		0.97	25.42	24.66
HORMIGON			m3		0.97	19.77	19.18
CEMENTO PORTLAND TIPO I			bol		3.65	14.29	52.16
PINTURA ESMALTE			gal		1.00	26.58	26.58
TRIPLAY			pl		9.00	43.73	393.57
MADERA TORNILO			p2		50.00	2.93	146.50
							662.64
	Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.00	23.15	115.75
							115.75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	2.01	MOVILIZACIONES Y DESMOVILIZACIONES DE EQUIPOS	Costo unitario directo por:	glb	S/1,500.00	
RENDIMIENTO	1.00 glb/día	MO	EQ			
Descripcion Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	MATERIALES					
MOVILIZACIONES Y DESMOVILIZACIONES DE EQUIPO		EST		1.00	1,500.00	1,500.00
						1,500.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	2.02	TRAZO Y REPLANTEO	Costo unitario directo por:	km	S/1,047.58	
RENDIMIENTO	1.00 km/día	MO	EQ			
Descripcion Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de obra					
TOPOGRAFIA		hh	1.00	30.13	18.25	549.87
PEON		hh	0.25	3.76	11.15	41.92
						591.80
	Materiales					
CLAVOS DIFERENTES MEDIDAS		kg		0.060	2.83	0.17
ACERO CORRUGADO 1/2" x 4200 kg/cm ² GRADO 50		kg		1.710	2.77	4.74
MADERA TORNILLO		p2		2.000	4.65	9.30
PINTURA ESMALTE		gal		0.250	28.2	7.05
						21.26
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.000	23.15	115.75
TEODOLITO		hm	2.00	30.13	10.58	318.78
						434.53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24
análisis de precios unitarios.

PARTIDA	3.01 CORTE DE TERRENO	Costo unitario directo por:	m ³	0.68
RENDIMIENTO	100 m ³ /día	MO	EQ	
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/. Parcial \$/.
Mano de obra				
CAPATAZ	hh	0.50	0.0058	18.25 0.11
PEON	hh	0.50	0.0232	11.15 0.26
				0.36
Equipos				
MOTONIVELADORA	hm	0.10	0.002	198.5 0.32
				0.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	3.02 ESCARIFICACION	Costo unitario directo por:	m ³	17.68
RENDIMIENTO	200.00 m ³ /día	MO	EQ	
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/. Parcial \$/.
Mano de obra				
CAPATAZ	hh	4.00	0.16	9.60 1.54
PEON	hh	1.00	0.04	15.44 0.62
				2.15
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000	2.16 0.11
RODILLO ISOVIBRATORIO	hm	1.00	0.04	142.61 5.70
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.04	129.65 5.19
				11.00
MATERIALES				
TRANSPORTE AGUA/OBRA	m ³		0.11	26.88 2.96
TRANSPORTE AGREGADO/OBRA	m ³		0.12	13.04 1.56
				4.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	4.01	TRATAMIENTO DEL SUELO	Costo Unitario Directo	Por	m3	18.15
RENDIMIENTO	11.25	m3/día	MO	485 EQ		485
Descripcion Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra						
CAPATAZ	hh	4.00	0.02	18.25	0.29	
PEON	hh	1.00	0.07	11.15	0.74	
						1.03
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	1.04	0.03	
RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.00	0.02	136.62	2.25	
MOTONIVELADORA DE 125HP	hm	1.00	0.02	186.45	3.08	
						5.36
MATERIALES						
MATERIAL DE SUBRASANTE	m3		1.20	9.8	11.76	
						11.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	5.01	TRANSPORTE DE CANTERA	Costo Unitario Directo	Por	glb	200.00
RENDIMIENTO	1.00	glb/día	MO	EQ		
Descripcion Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Equipos						
VOLQUETE EX4 DE 15m3	glb	1	1.000	200.00	200.00	
						200.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28
Análisis de precios unitarios.


PARTIDA	5.02	CALHIDRATADA		Costo	Unitario	Directo	Por:	m3	31.93
RENDIMIENTO	11.25	m3/dia	MO	242	EQ			242	
Descripcion	Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	\$/.	Parcial	\$/.
	Mano de obra								
CAPATAZ			hh	1.00	0.0331	18.25		0.604075	
OPERARIO			hh	1.00	0.0331	14.04		0.464724	
PEON			hh	6.00	0.1983	11.15		2.211045	
									3.28
	Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.00	3.27		0.16	
RODILLO ISOVIBRATORIO			hm	1.00	0.03	95.00		3.14	
MOTONIVELADORA DE 1.25 HP			hm	1.00	0.03	86.00		2.85	
									6.15
	MATERIALES								
CALHIDRATADA			m3		0.90	25.00		22.5	
									22.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29
Análisis de precios unitarios.

PARTIDA	6.01	SUMINISTRO DE INSTALACION DE		Costo	Unitario	Directo	Por:	und	S/1,064.43
RENDIMIENTO	1.00	und/dia	MO	EQ					
Descripcion	Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	\$/.	Parcial	\$/.
	Mano de obra								
OFICIAL			hh	6.00	12.9	12.32		158.93	
PEON			hh	3.00	11.4	11.15		127.11	
									286.04
	Materiales								
CLAVOS 3"			kg		1.50	4.12		6.18	
PIEDRA GRANDE PARA ZANJA			m3		0.97	25.42		24.66	
HORMIGON			m3		0.97	19.77		19.18	
CEMENTO PORTLAND TIPO I			bol		3.65	14.29		52.16	
PINTURA ESMALTE			gal		1.00	26.58		26.58	
TRIPLAY			pl		9.00	43.73		393.57	
MADERA TORNILO			p2		50.00	2.93		146.50	
									662.64
	Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.000	23.15		115.75	
									115.75

Fuente: Elaboración propia.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo, María Ysabel García Álvarez, docente de la Facultad y Escuela Profesional de la Universidad César Vallejo Lima esta, revisor de la tesis titulada "Análisis de las propiedades mecánicas de la sub rasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018 del estudiante Juan de Dios Salazar Junior Fernando 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 25 de junio del 2018

Quispe

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 21453567

	Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó		Vicerectorado de Investigación
		Responsable del SGC			

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FD8-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo Juan de Dios Salazar Junior Fernando, identificado con DNI N° 47113156 egresado de la Escuela Profesional de ingeniería de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Análisis de las propiedades mecánicas de la sub rasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral – San Juan de Lurigancho, 2018."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI:47113156

FECHA: 25 de junio del 2018

					
Elabora	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	TUMBAGO	Vicerectorado de Investigación



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL.

AUTOR:
Junior Fernando Juan de Dios Salazar

ASESOR:
Dra. María Ysabel García Álvarez
Mg. Luis Humberto Díaz Huiza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ
2018

- Feedback Studio
- Checkmark
- Clipboard
- Grid
- 20
- Filter
- Close
- Download
- Info

Resumen de coincidencias ✕

20 %

< Se están viendo fuentes estándar >

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	15 % >
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 % >
3	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1 % >
4	biblioteca.itson.mx Fuente de Internet	1 % >
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1 % >
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 % >



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, LA Dra. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ,

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JUNIOR FERNANDO JUAN DE DIOS SALAZAR

INFORME TITULADO:

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE APLICANDO CAL HIDRATADA EN SUELOS COHESIVOS, CANTORAL - SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 3 de julio del 2018

NOTA O MENCIÓN: 14 (catorce)

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN