



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos
para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 -
25+00, Carabayllo – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Loayza Valencia, Nicole Briggyt (ORCID: 0000-0002-6557-4158)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Este logro se lo dedico principalmente a Dios, a mis padres Vilma y Javier, por su esfuerzo y dedicación en mi formación personal y profesional, a mi hermano por haberme acompañado y apoyado a lo largo de esta etapa.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a este momento, a mis padres Vilma y Javier por creer en mí, a mi hermano Sebastián, y también a Jovanni Aquino por haberme apoyado y acompañado a lo largo de toda mi carrera profesional, y a mi asesor Ing. Raúl Pinto por haberme instruido y apoyado.

ÍNDICE

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Gráficas.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización	16
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5 Procedimiento	21
3.6 Método de análisis de datos.....	22
3.7 Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de detalle de muestreo.....	19
Tabla 2. Análisis Granulométrico.....	29
Tabla 3. Distribución Granulométrica	30
Tabla 4. Clasificación de suelos	30
Tabla 5. Datos Próctor Modificado	31
Tabla 6. Datos CBR.....	34
Tabla 7. Relación de datos del ensayo Próctor Modificado	37
Tabla 8. Relación de datos del ensayo CBR	38

Índice de Figuras

Figura 1. Sectores de influencia de una red vial	4
Figura 2. Suelo no tratado y suelo tratado con organosilano.....	11
Figura 3. Mapa Político de Lima	24
Figura 4. Mapa Distrital de Lima	24
Figura 5. Mapa de Ubicación de Carabayllo.....	25
Figura 6. Mapa de Carabayllo	26
Figura 7. Ubicación de la calicata en el tramo sin asfaltar	27
Figura 8. Ubicación del tramo sin asfaltar de manera satelital.....	27
Figura 9. Clasificación de Suelos	28
Figura 10. Clasificación de Suelos	29
Figura 11. Ensayo Próctor Modificado.....	31
Figura 12. Ensayo Próctor Modificado.....	31
Figura 13. Ensayo CBR.....	34
Figura 14. Ensayo CBR.....	34
Figura 15. Dosificación del aditivo organosilanos	36
Figura 16. Zona de extracción de muestra (vista hacia Km+24.00)	55
Figura 17. Zona de extracción de muestra (vista hacia Km+25.00)	55

Figura 18. Inspección visual del perfil estratigráfico y verificación de la profundidad de excavación	56
Figura 19. Extracción de la muestra (calicata a 1.5m de profundidad)	56
Figura 20. Análisis Granulométrico.....	57
Figura 21. Secado de la muestra para el Análisis Granulométrico	57
Figura 22. Ensayo de Límites de Atterberg	58
Figura 23. Ensayo para determinar el Limite Plástico.....	58
Figura 24. Ensayo Copa de Casa Grande (Límite Líquido)	58
Figura 25. Secado de la muestra para el ensayo Límites de Atterberg	59
Figura 26. Dosificación del aditivo Organosilanos en la marca Terrasil	59
Figura 27. Ensayo Próctor Modificado – muestra sin de aditivo de organosilanos (muestra patrón).....	60
Figura 28. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.10% de aditivo de organosilanos.....	60
Figura 29. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.15% de aditivo de organosilanos.....	61
Figura 30. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.20% con aditivo de organosilanos.....	61
Figura 31. Inmersión de la muestra para el ensayo CBR	62
Figura 32. Ensayo CBR – muestra sin aditivo de organosilanos (muestra patrón)	62
Figura 33. Ensayo CBR – muestra con 0.10% de aditivo de organosilanos	63
Figura 34. Ensayo CBR – muestra con 0.15% de aditivo de organosilanos.....	63
Figura 35. Ensayo CBR – muestra con 0.20% de aditivo de organosilanos	64

Índice de Gráficas

Gráfico 1. Optimo Contenido de Humedad (%)	32
Gráfico 2. Máxima Densidad Seca (g/cm ³).....	32
Gráfico 3. CBR	35

Gráfico 4. Contenido de Humedad vs Densidad Seca en sus diferentes dosificaciones de organosilanos.....	37
Gráfico 5. N° Golpes vs C.B.R. (%) para diferentes dosificaciones de aditivo de organosilanos.....	38
Gráfico 6. Variación del O.C.H. para distintos estudios de estabilización de suelos	42
Gráfico 7. Variación de la M.D.S. para distintos estudios de estabilización de suelos	43
Gráfico 8. Variación del valor del ensayo CBR	46

Resumen

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021, para ello se han empleado la teoría de mecánica de suelos enfocada en sus características físicas y mecánicas, y sobretodo su aplicación en vías de transporte. Este estudio es experimental del tipo aplicado, la población está conformada por todo el tramo restante sin pavimentar que comprende Km 0+000 – 25+000 correspondiente a la Av. Universitaria, ubicada en el distrito de Carabayllo, la muestra se enfoca en 1 Km que es el tramo Km 24+000 – 25+000. Para la recolección de datos, procesamiento y obtención de resultados, se usó la inspección del terreno a explorar, la extracción de muestras representativas, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos tales como clasificación de suelos, Próctor Modificado y CBR, y el empleo de hojas de cálculo y gráficas que nos permitirán evaluar los resultados obtenidos para el suelo natural y el suelo estabilizado con dosificaciones específicas del aditivo de organosilanos. Se obtuvo como resultado general la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a estabilizar. Se pudo concluir entonces, que el uso del aditivo de organosilanos mejora los parámetros de óptimo contenido de humedad, reduciendo el consumo de agua; y máxima densidad seca del suelo natural, aumentando así su capacidad portante; como también optimizó el valor de CBR de este último proporcionalmente al valor las dosificaciones aplicadas, haciendo de este suelo en estudio un material más competente frente a las solicitaciones de carga por tránsito vehicular que pudiera demandar la vía.

Palabras clave: aditivo de organosilanos, estabilización de suelos, propiedades mecánicas del suelo, carretera no pavimentada.

Abstract

The main objective of this research is to evaluate the effect of the use of the organosilanos additive for an unpaved road, Universitaria Avenue km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021, for this purpose, the theory of mechanics of soil focused on its physical and mechanical characteristics, and above all its application in transport routes, has been used. This study is experimental of the applied type, the population is made up of the entire remaining unpaved section comprising Km 0+000 – 25+000 corresponding to Universitaria Avenue, located in the district of Carabayllo, the sample focuses on 1 Km which is the section Km 24+000 – 25+000. For the collection of data, processing and obtaining results, the inspection of the land to be explored, the extraction of representative samples, laboratory tests of soil mechanics such as soil classification, Modified Proctor and CBR, and the use of spreadsheets and graphs that will allow us to evaluate the results obtained for natural soil and stabilized soil with specific dosages of the organosilanos additive. It was obtained as a general result the improvement of the physical and mechanical properties of the soil to be stabilized. It could be concluded then, that the use of the additive of organosilanos improves the parameters of optimal moisture content, reducing water consumption; and maximum dry density of natural soil, thus increasing its bearing capacity; as it also optimized the CBR value of the latter proportionally to the value of the applied dosages, making this soil under study a more competent material in the face of the requests for loading by vehicular traffic that the road could demand.

Keywords: organosilanos additive, soil stabilization, mechanical properties of the soil, unpaved road.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se ha observado que la construcción de una adecuada carretera para el país, ha permitido el desarrollo y crecimiento nacional, principalmente de índole económica ya que facilita e incrementa el comercio, además ha generado nuevas vías de comunicación para el transporte, y para el traslado de las personas, el turismo y también para satisfacer necesidades básicas de salud, educación, alimentación y trabajo.

La Av. Universitaria km 24+000 – km 25+000 presenta un suelo arcilloso, sin embargo según los habitantes de Carabayllo de esa zona manifiestan que hace 15 años no existía ninguna red vial, dependiendo así solo de las vías de transporte denominadas trochas carrozable que en efecto ellos mismos fueron definiendo según sus necesidades que se suscitaban. Es entonces que a partir del año 2015 inician una serie de obras de pavimentación en la zona de Carabayllo, siendo el año 2017 el más importante ya que se culmina la pavimentación de un tramo de la Av. Universitaria que si bien aún falta conectar con el tramo predecesor a contribuido en gran manera para reducir la congestión vehicular que se daba en la Av. Tupac Amaru, así mismo permitía el fácil tránsito y traslado de las personas.

En los últimos años ninguna entidad pública se ha pronunciado para darle continuidad a las obras de pavimentación, lo cual en lo que a mí respecta, se hace necesario, ya que hay una demanda poblacional alta, que hace de la Av. Universitaria la mejor alternativa para solventar estas necesidades, por lo cual involucraba a que algunas empresas transiten por el camino, en consecuencia era muy incómodo tanto para los habitantes y para los vehículos, ya que el camino presenta irregularidades que dañan considerablemente a los vehículos, en efecto hicieron dependencia de las otras vías, que con el pasar de los años han sobrepasado su capacidad, provoco que se congestionen,

En la actualidad ningún tipo de vehículo o transporte público ya no considera conveniente por sus irregularidades del camino emplear la vía en estudio (Av. Universitaria), porque esa continuación de la vía se trata de una trocha carrozable,

que no ha tenido tratamiento alguno, no contando así con un afirmado y menos con un diseño geométrico de una carretera.

Es importante mencionar la **realidad problemática** de esta investigación ya que los habitantes de Carabayllo necesitan de la continuación de la vía Universitaria, dado que para que ellos esa vía es intransitable, por consiguiente, ninguno tipo de vehículo o transporte público quiere circular por esa vía, porque el camino presenta huecos, oquedades, desnivel, baches, entre otras irregularidades típicas que se ven normalmente en las pistas de nuestro país, dificultando así el libre tránsito, no cabe duda que por esos motivos nadie considera factible utilizarla, por lo que tienen que tomar otros caminos, para poder llegar a su destino y eso implica que inviertan más dinero al tomar estas rutas alternativas respecto a las que se tienen disponibles, cuando bien podrían abarcar aquellas que actualmente están en nulo uso por sus condiciones precarias que irónicamente representarían un gran potencial de ingresos en cuanto a transporte público y privado se refiere.

Después de conocer la realidad, nos permite poder realizar la **formulación del problema**. Por lo ya expuesto previamente, se evidencia un gran crecimiento poblacional en los últimos años que ha derivado en el abarrotamiento con todo tipo de nuevas viviendas y edificaciones aledañas a toda la extensión de la avenida de estudio. De este modo, se hace necesario el generar vías de transporte para estas zonas jóvenes al ser un potencial foco para incrementar el comercio y comunicación, como también para las empresas de transporte un potencial ingreso monetario al decidir trazar sus rutas a través de estas vías si fueran económicamente factibles. Se toman estas vías como potenciales soluciones ya que los habitantes se ve en la necesidad de usar rutas alternativas que quedan alejadas de su residencia, y ello implicaría mayor inversión de tiempo y dinero lo cual se desea evitar, por tal motivo nos lleva a realizarnos la siguiente pregunta, que vendría hacer nuestro **problema general**, ¿Cuál será el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 – 25+000, Carabayllo 2021?, además nos planteamos los siguientes **problemas específicos**, ¿Cuál será la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del

aditivo de organosilanos empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?, ¿Cuáles serán los cambios en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?, ¿Con qué dosificación del aditivo de organosilanos se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?

La investigación abarca su **justificación** en diferentes campos, que se desprenden en la **justificación ambiental**, porque es ecológico, además usando organosilano se puede disminuir el consumo de agua necesaria para la compactación del material, así mismo reduce la emisión de CO₂ por transporte, se realiza el uso de los materiales en situ, reduce el material de cantera, cabe resaltar que la composición del organosilano es totalmente compatible con el medio ambiente, cabe destacar que mejora la duración de la infraestructura también cuenta con una **justificación económica**, debido a que se usan equipos tradicionales, es de bajo costo por su baja dosificación siendo su mayor ventaja su alto rendimiento a comparación de una estabilización con cemento y cal, el coste es mucho más reducido, por otro lado esta investigación presenta una **justificación social**, ya que con esta investigación se busca solucionar los problemas que causa el más estado de la Av. Universitaria, dejando así esta investigación como fuente de información para buscarle la solución al problema, al mismo tiempo consta de una **justificación práctica**, esto quiere decir que como actualmente se sabe que en la construcción de caminos es de prioridad disminuir y contrarrestar a la máxima posibilidad el movimiento de tierras, esto se debe a consideraciones tanto económicas, ambientales y técnicas, por lo tanto es de importancia realizar estudio de mecánica de suelos y tomar la mejor elección de un estabilizador para que le permita de manera satisfactoria mejorar las propiedades tanto mecánicas como físicas del suelo, y por ultimo tiene una **justificación metodológica**, porque propone como una opción la estabilización de un afirmado en un suelo arcilloso de acuerdo al avance de la tecnología, siendo así útil los resultados obtenidos para otras investigaciones.

En esta investigación por lo ya antes mencionado, contiene como **objetivo general** evaluar el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021, para poder lograr este objetivo se desarrolla los siguientes **objetivos específicos**: Determinar la dosificación del aditivo de organosilanos con la cual se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021, Determinar la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilano empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021, Determinar los cambios en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

Por consiguiente esta investigación presenta una **hipótesis general**, el efecto del uso del aditivo de organosilanos es óptimo en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo -2021, así mismo cuenta con las siguientes **hipótesis específicas**: Se determina la dosificación del aditivo de organosilanos que logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021, Se optimizan los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilanos empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021, Se producen mejoras en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

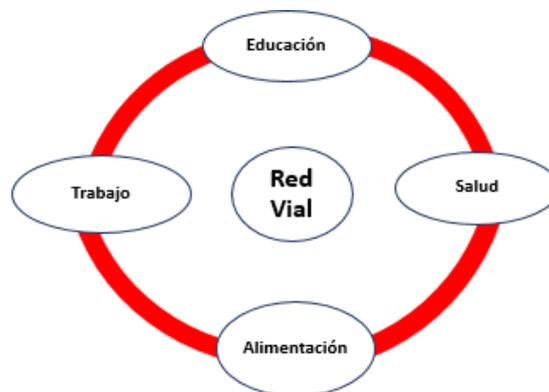


Figura 1. Sectores de influencia de una red vial.

II. MARCO TEÓRICO

Caparó E. y Escalante L. (2015), tuvo como objetivo el probar el beneficio económico y la mejora significativa de las propiedades mecánicas y físicas del suelo existente empleado para carreteras, su metodología fue la aplicación de emulsión asfáltica para estabilizarlo, es decir, hacer de la emulsión un componente más de su estructura que mejorará sus propiedades, para lograrlo se realizaron ensayos tanto in situ como en laboratorio de la carretera. Es así, que se propusieron cuatro alternativas para su diseño, aplicándose para el pavimento convencional, y para el pavimento con el suelo de base granular estabilizado, cada uno, con dos propuestas de diseño. Posterior a ello, mediante un análisis costo – beneficio. Los resultados que se determinaron fueron, que la base granular existente estabilizada con emulsión asfáltica ($e = 15$ cm) y carpeta asfáltica de 5 cm de espesor, concluyendo así que es la mejor alternativa para el propósito de la investigación.

Villanueva S. (2017), se tuvo como objetivo evaluar la propuesta de estabilizar suelos en carreteras que tienen un bajo volumen de tránsito, específicamente para materiales de afirmado. La metodología de esta investigación se presenta del tipo experimental, ya que se evaluó al material de afirmado adicionándole tres diferentes estabilizadores de suelo en distintas dosificaciones, con el objetivo de evaluar su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del material. Para ello se extrajo material de las calicatas como proceso de muestreo, analizándose al material en sus condiciones naturales, aplicando los diversos ensayos conocidos que nos determinen sus propiedades físicas y mecánicas, y así servir de patrón para la comparación de estas últimas cuando se empleen los aditivos, teniendo como resultado los materiales subrasante cantera 1 y 2 estabilizadores, se tuvo valores del CBR por encima del 40% mínimo para afirmados. Concluyo que incrementando el valor del CBR usando el estabilizador organosilanos, el material de la subrasante muestra un mejor comportamiento, así como el material de la cantera 1 (GC), cuando se incrementa el valor de CBR haciendo uso del estabilizador poliacrilamida aniónica muestra un mejor comportamiento, del mismo modo cuando se utiliza el estabilizador con polímero muestra un mejor comportamiento en el material de la

cantera 2 (GC). De tal forma que tomando en cuenta las propiedades naturales del material del afirmado de las canteras del tramo Poncos – Kochayoc (Ancash), la mejor opción de estabilizando en base a su comportamiento físico, mecánico y de costos, se lograría emplear una dosificación de poliacrilamida aniónica de 0.02% en peso ($4\text{gr}/\text{m}^3$); también se verifico con el tramo Poncos – Kochayoc (Ancash) que si se puede utilizar el material que existen en la subrasante escarificándose, pero se tiene que retirar la piedra mayor a 2” en el espesor requerido.

Salas D. (2017), tiene como objetivo realizar la estabilización de suelos con cemento Terrasil para mejorar la base del suelo, su metodología que utilizo es del tipo aplicada y experimental, sus resultados dieron que el CBR al 100% con 5gr de 54.47%, la densidad seca de 5gr y 10 gr fue de $1.87\text{ gr}/\text{cm}^3$ y $1.99\text{ gr}/\text{cm}^3$ y en el índice de plasticidad (IP) disminuye con 5 y 10 gr es de 2.59 y 4.07%, concluyendo que se va utilizar la dosificación de 40gr por kilogramo ya que va cumplir con lo requerido y a su vez mejorar sus propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Gutiérrez y Cerón (2020), en esta investigación el objetivo fue realizar un análisis para ver la mejora que experimenta la capacidad de soporte del suelo en la base del pavimento industrial con diferentes proporciones del aditivo químico Terrasil en el almacén de concentrados mineros Logisminsa en el distrito de Ventanilla. La metodología que posee esta investigación es del tipo aplicada porque se realizará a una muestra en específico, y también es experimental por la aplicación de diferentes dosificaciones y la evaluación de su influencia en las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados de laboratorio evidenciaron un aumento en el valor del CBR del suelo natural de 86% hasta un valor máximo de CBR de 107.1% aplicando la dosificación de $0.90\text{ Kg}/\text{m}^3$. Se concluyó entonces, que con la aplicación del aditivo Terrasil se mejoran las propiedades mecánicas del suelo haciéndolo más competente ante las demandas de carga que podría ser sometido y los requerimientos mínimos que exige la norma.

Hurtado P. (2020), tiene como objetivo ver la influencia que va tener el aditivo de organosilano en las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante con el fin de que exista una mejora, la metodología del estudio fue aplicada con un diseño

experimental y como resultado se tuvo que agregándole al 0.18% de aditivo organosilano mejoran las características físicas y mecánicas de la subrasante, la cual tuvo en su índice de plasticidad 2.6, y en lo que respecta al Próctor Modificado su O.C.H. fue de 8.9 y el ensayo CBR al 95% es de 12.1 y un CBR 100% de 16.8, concluyéndose que con la adición de organosilano si se le mejoran las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante.

Matinez E. (2019), tuvo como **objetivo** determinar la influencia que tiene el aditivo organosilanos en un suelo cohesivo estabilizado a nivel de subrasante, en esta investigación la **metodología** general que se empleo fue el científico, que contiene un tipo de investigación aplicada, tendiendo un diseño de investigación experimental y su tipo de muestreo es de no probabilístico o dirigido que comprende al Jr. Humboldt – Azapampa y la población fue el distrito de Chilca, provincia de Huancayo región Junín, teniendo así como **resultados** que se obtuvo una desviación estándar menor al 2% permitido para el ensayo de CBR, en la evaluación de las muestras, el porcentaje de expansividad disminuye a medida que se aumenta el contenido del aditivo de organosilanos, la permeabilidad disminuye a medida que se aumenta el contenido del aditivo de organosilanos. Se **concluyó** que si un suelo presenta una subrasante inadecuada o mala a una subrasante buena, muy buena y excelente, el aditivo organosilanos influirá significativamente en la estabilización de suelos cohesivos, pero dependerá de la dosificación del aditivo, además se deberá disminuir la permeabilidad y la expansividad, por lo tanto, todos son significativos a comparación de medias.

Fernández W. (2017), en este proyecto de investigación el objetivo fue determinar los efectos que produce la aplicación del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante. El método de investigación que se utilizó es de una investigación inductiva, experimental y descriptiva, con la aplicación del aditivo Terrazyme se obtuvieron los siguientes resultados respecto al crecimiento de la capacidad del terreno en 30ml/m³, aumento su calicata 1:113%; calicata 2:90%; calicata 3:98%; calicata 4:98%; calicata 5:112%; calicata 6:115%; calicata 7:119%, concluyendo así que el aditivo Terrazyme influye directamente a la capacidad del soporte de la subrasante en un 19% en los suelos estudiados en Cajamarca.

Rodríguez D. (2016), esta investigación tiene como objetivo realizar un mejoramiento de subrasante de una vía ecológica con el producto biodegradable (Terrasil), se implementa este producto porque mejora el grado de compactación y disminuye la humedad del suelo haciéndole impermeable sin afectar las propiedades índices y físicas del suelo, así mismo como metodología se realizamos ensayos de las muestras obtenidas, tales como: Los límites de Atterberg, la humedad optima, la densidad máxima, el ensayo de compactación que vendría hacer el Próctor Modificado y el CBR, de tal modo que en el suelo ensayado se adiciono el 2%,4%,6% y 8% en el ensayo del Próctor Modificado con el producto biodegradable Terrasil, teniendo como resultado al suelo mejorado con Terrasil es mejor que el suelo natural y que el suelo mejorado con material pétreo como la base y sub base, además se determinó que con el producto utilizado, la capacidad del suelo aumenta el 14% después de 7 días una vez hecho el ensayo, la humedad disminuye un 27.86% luego de 7 días realizado el ensayo, concluyendo así que trabajar con material pétreo con el fin de mejorar las vías es mucho más costoso a diferencia del aditivo, ya que usándolo se elimina el rubro de transporte de material.

Galindo J. y Avellaneda E. (2016), se tuvo como objetivo el establecer un método de estabilización de suelos pero encaminado con un metodología diferente a la convencional, proponiéndose así una estabilización del tipo química, desligándose así de métodos típicos como el uso de cemento y cal como aditivos. Esta investigación se enfocó en una metodología de estabilización de un suelo cohesivo mediante el empleo de un compuesto químico llamado silicato de sodio. Basándose en todos beneficios económicos como ambientales, es que se hace énfasis en evaluar esta nueva propuesta de estabilización. Esto se demostraría mediante la aplicación de ensayos de laboratorio y su posterior evaluación de resultados obtenidos a siete muestras de suelo, siendo el CBR el indicador más importante. Finalmente se concluyó que el contenido óptimo de silicato de sodio para la estabilización resultó con un valor de 6,4%, el cual mejorará las propiedades geomecánicas del suelo objetivo.

Sarango G. (2019), tuvo el objetivo de estabilizar un tramo de 1600m de longitud en la capa subbase granular clase 3, como metodología de esta investigación se

realizaron 4 calicatas cada 500m, de las cuales se les van a extraer 6 muestras para realizarle los ensayos de laboratorio pertinentes de la capa a estabilizar, tales como: granulometría, límites de consistencia, Próctor modificado, CBR, compresión simple, desgaste a la abrasión, desgaste a los sulfatos, permeabilidad y capilaridad; teniendo como resultado estos ensayos, una mejora en las características mecánicas del suelo cuando se le agrega organosilano dosificado en 0.5 kg/m³ y 1% de cemento, a diferencia de un suelo sin ninguna dosificación, se concluye que utilizando este aditivo se producen beneficios sociales, una seguridad vial, comodidad, además de que se ahorró un 33% del costo inicial lo cual lo hace una ideal alternativa, por consiguiente, cabe mencionar que aplicando esta metodología otorga una prolongación al mantenimiento de la vía, además aporta para cambiar la perspectiva tradicional para crear estructuras inteligentes.

Clemente L. y Ramírez J. (2019), se tuvo como objetivo realizar un análisis de comparación de las bases granulares agregando conglomerante (cemento), aditivo de organosilano y aditivo impermeabilizante con nanotecnología, para realizar los estudios se extrajeron muestras de la cantera “la Negrita”, usándose así la metodología de recojo de toda la información necesaria, características del material de cantera, ejecución de opciones de diseño, elaboración y curado de probetas, evaluación de resultados y conclusiones, teniendo como resultados al suelo evaluado que se clasifico como GW-GM según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO se trata del tipo A-2-7, que está compuesto en un 28.6% de sílice y en un 27.1% de cristobalita, su máxima densidad seca resultado del Próctor dio un valor de 1400kg/m³, concluyendo así que el mejor estabilizante a menor costo fue la alternativa de 5% de cemento garantiza estabilidad y vida útil de las vías, a fin de que las bases estabilizadas con cemento hacen más eficientes los pavimentos, incrementando la capacidad de la carga y así reduciendo el espesor de la estructura de la vía.

Quilambaqui A. (2017), tuvo como objetivo realizar una estructura vial del centro urbano del cantón de Sigsig, planteando la solución de estructura vial y el tipo de pavimento más económica mediante el empleo de resinas orgánicas. La metodología se basó en la recopilación de información topográfica y geotécnica,

para plantear el diseño geométrico y con los resultados de los ensayos para el material estabilizado, definir alternativas de diseño económicas y eficientes. Como resultados se tuvo como aumento del valor de CBR desde 14% al 82.5% en la mina de Chiquita Loma y en el caso de la mina de Amorgeo desde 8.5% hasta el 55%. Se concluyó que al obtener una base estabilizada con cemento al 3% en masa se obtendrá un valor de CBR superior al 100%, logrando así un costo económico preservando la estabilidad de la vía.

Olumuyiwa and Emeka (2017), this research article have the objective to evaluate the changes about the behavior of a lateritic soil when add a terrasil solution in three different quantities, which are 0%, 1.6% and 2% in mass. The main purpose of this research is to improve the stabilization of soils with a cheap stabilizing material. The properties are evaluated by the California Bearing Ratio (CBR), compaction tests and the Unconfined Compressive Strength (UCS). The most important and significant results were about CBR values. One of them was when we add 1.6% of Terrasil solution, got an increase of CBR value from 8.4% to 30.3%. And in the case of 2% of Terrasil solution, got an increase of CBR value from 6.2% to 32%. Due to these results, it was concluded that when we add a Terrasil solution to a lateritic soil, it improves the mechanical properties. In this way, the Terrasil solution works as a cheap and effective stabilizing material for lateritic soils.

Tharuna, Ravichandran and Krishnan (2018), this research article have the objective to evaluate the changes of the durability and soil resistance when add chemical additives (Terrasil and Zycobond) which improve the soil stabilization. To do this, it can be mixed with water in its optimal content, after that, mix with the soil and finally compacted. For this research article, the stabilized soil was cured during 3, 7, 14 and 28 days, to evaluate the changes in these different periods of time. The most important result was that the resistance of the soil had increased with both materials. Finally, due to this results, it was concluded that these new nanomaterials can be used to improve mechanical properties of soils.

Karumanchi, Nerella & Rangaswamy (2020), this research article have the **objective** to evaluate the performance of the properties of soft clay when add a

nanomaterial called terrasil. To evaluate the influence of this nanomaterial, the added the terrasil solution in different dosages, and after that, check by laboratory tests; parameters of the soil such as the compressibility and permeability of the soft clay. The most significant results show that the stabilized soil with terrasil improve its properties like resistance to permeability, compaction and consolidation, included it improved the results of the Unconfined Compressive Strength (UCS). Finally, it was concluded that the use of nanomaterials like terrasil improve the properties of soft clay.

El agente principal de este proyecto de investigación es el **aditivo organosilano** que es una molécula capaz de unir el agregado (afirmado, suelo) y el bitumen (asfalto), que tiene como propiedad modificar el suelo, porque le otorga características de: soluble en agua, estable al calor, una estable radiación ultravioleta , poseer grupos silanol (Silicio y OH), reacciona con los silicatos del suelo, además presenta beneficios tales como, estabiliza el suelo químicamente y permeablemente, lo cual hace que sea hidrófobo (impermeabilizante), ya que evita problemas de hinchamiento, es decir baja absorción de agua. También aumenta el CBR, lo cual hace que aumente la capacidad portante y del mismo modo aumenta la densidad, así mismo elimina la erosión del suelo, dándole así mayor durabilidad, por otro lado el suelo mantiene la transpiración, haciendo posible la eliminación de agua en forma de vapor y por ultimo disminuye el índice de plasticidad del suelo.

Se conoce como **subrasante** al suelo que se emplea con fundación para toda la estructura estratificada que compone una obra vial de carreteras asfaltadas. Antiguamente, aproximadamente en los años 40, para el diseño de pavimentos se

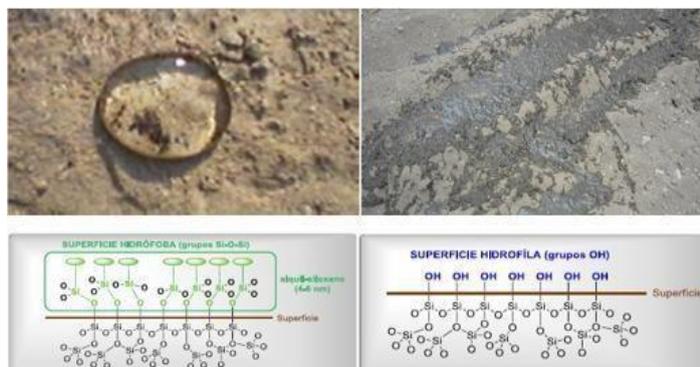


Figura 2. Suelo no tratado y suelo tratado con organosilano

basaban en las propiedades ingenieriles de la subrasante. Cabe mencionar que estas propiedades usadas como parámetros de diseño eran la clasificación de suelos, I.P., esfuerzo cortante del suelo, como también la susceptibilidad a las heladas y drenaje. Es entonces que en tiempos posteriores a los años 50, se hizo un mayor hincapié y promoción de que el parámetro relevante para el diseño de pavimentos eran las propiedades fundamentales de la subrasante y en base a ello es que se desarrollaron ensayos para caracterizar mejor a estos suelos, bajo los parámetros de subrasante. Estos ensayos antiguos se caracterizan por el hecho de que se emplea en su procedimiento la aplicación de cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR o la compresión simple, es así que estos son reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas, es decir, cargas cíclicas, tales como el ensayo del módulo resiliente, que representan mucho mejor el comportamiento de la aplicación de cargas vehiculares sobre un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones.

La **carretera** es una vía o sendero destinado para la circulación de vehículos a motor, que poseen al menos dos ejes. Este camino posee características geométricas definidas que responden a múltiples parámetros de diseño establecidos por las normas técnicas vigentes del MTC, tales como topografía, velocidad de diseño, curvatura, bombeo, pendiente, entre otras conocidas.

Una **carretera no pavimentada** es aquella vía de tránsito vehicular, la cual se caracteriza por la ausencia del pavimento rígido o flexible, es decir, posee una superficie de rodadura compuesta de afirmado o gravas con cierto contenido de finos, como también por suelos estabilizados mediante diversas técnicas ya sean mecánicas o químicas, y por último también se emplea el terreno natural para generar estas superficies de rodadura características de este tipo de vía de transporte. Cabe mencionar que este tipo de vía es típico en las zonas rurales, y también representan en cantidad, la mayoría de vías en nuestro país.

La **estabilización de suelos** se trata de un método económico, que mejora las cualidades del suelo, aumentando su resistencia y disminuyendo su plasticidad, además los recursos no se malgastan y se preservan, ya que se usa

completamente el suelo ya existente y solo se le tiene que añadir el ligante, también crea la capacidad portante y la calidad del suelo.

Se define como **afirmado** a la capa compactada de suelo (material granular) en su estado natural o remoldeado con una cierta gradación específica, el cual cumple función estructural al ser quien soporta directamente las cargas y esfuerzos producto de la circulación de vehículos. Tiene como requisito primordial el de contar con una cantidad adecuada de material fino cohesivo como lo son las arcillas, ya que permite mantener las partículas de la estructura del suelo aglutinadas, mejor unidas. El afirmado tiene como función ser la superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables. Existen diversos tipos de afirmado tales como: afirmado suelto, el cual se compone de material natural o grava seleccionada por tamizado o zarandeo, y que posee un I.P. de 9 a 12, tiene aplicabilidad a un bajo volumen de tránsito menor a 50 vehículos por día; afirmado neto, posee las mismas características físicas del afirmado suelto, material natural o grava seleccionada por tamizado o zarandeo, y que posee un I.P. de 9 a 12, tiene aplicabilidad a un bajo y moderado volumen de tránsito de 51 a 100 vehículos por día; afirmado pesado, el cual se compone de material natural o grava seleccionada por tamizado o zarandeo, y que posee un I.P. de 9 a 12, tiene aplicabilidad a un regular y pesado volumen de tránsito de 101 a 200 vehículos por día; afirmado procesado, el cual se compone de material natural o grava seleccionada por tamizado o zarandeo luego de un chancado o trituración si el material tuviera angulosidades, y que posee un I.P. de 9 a 12, tiene aplicabilidad a un pesado volumen de tránsito mayor a 200 vehículos por día, generalmente tránsito de cargamento y transporte.

El ensayo **Próctor Modificado (ASTM D 1577)** es un ensayo que nos permite determinar la máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH) de una muestra de suelo, mediante una técnica de compactación normada, existe el Próctor Estándar que aplica una metodología similar pero se aplica una energía de compactación mucho menor. Para el ensayo en cuestión se tiene 3 métodos (A, B y C) que se aplican en función de la granulometría de la muestra de suelo. El procedimiento genérico consiste en secar una muestra de suelo y tamizarla para determinar el método a emplear, luego se seleccionan el número de muestra según

el método definido, a las cuales agregaremos una cantidad específica de agua cada una mayor que la anterior, después se compacta la muestra en 5 capas en el molde cilíndrico mediante la caída libre del pistón (25 golpes o 56 golpes, según el método). Entonces una vez llegada la última capa se enrasa la muestra, se determina su peso y volumen, con el objetivo de obtener su densidad seca. Y a la vez se toma una muestra de la cual obtendremos su contenido de humedad, de esta forma tendremos los valores de contenido de humedad y densidad. Se repite este procedimiento en al menos 4 puntos con diferentes contenidos de humedad. Es así, que se construye la curva y se determina el OCH y la MDS. Este ensayo es muy empleado para sub-bases para carreteras.

El ensayo **CBR (ASTM D 1883)** se le conoce con en el idioma inglés como “California Bearing Ratio”, se trata de un indicador de resistencia de los suelos, se lo denomina como valor de la relación de soporte. El procedimiento de ensayo se hace normalmente sobre una muestra de suelo alterada en condiciones específicas de humedad y densidad, como también se puede realizar a muestras inalteradas de suelo del terreno en cuestión. Es muy usado para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de afirmado, sub-base, base y subrasante, es decir en el ámbito de diseño de carreteras. Tiene como base de su procedimiento el empleo de muestras que posean la misma densidad y contenido de humedad que se espera encontrar in situ, es decir una muestra remoldeada a condiciones del terreno natural, en base a ello se determinan los valores de la relación de soporte. En este ensayo se busca generar las condiciones de humedad crítica, y esto sucede cuando el material está saturado. Es por eso que el ensayo plantea ensayar los especímenes después de estar sumergidos en agua por un periodo de 4 días confinados en el molde con una carga igual al peso del pavimento que se aplicaría sobre este material estudiado.

El **análisis granulométrico por tamizado** se basa en la determinación de los diversos tamaños de partículas que posee una muestra de suelo en función de su peso total. Este tipo de análisis es empleado para evaluar si un material es apto para usos específicos tales como su empleo como base, sub-base, filtros, agregado para concreto, entre otros. Nos permite además obtener de forma indirecta el

coeficiente de permeabilidad (K) de ascensión capilar que posee el suelo analizado. Por último y más importante, proporciona una metodología para para clasificar los suelos en forma general. Tiene como procedimiento, primero el seleccionar una muestra de suelo y pesarla para conocer con que peso total se va a trabajar en el ensayo, luego se seca la muestra durante 24 horas a 100°C, entonces se vuelve a pesar obteniéndose así el peso seco de la muestra. Si la muestra de suelo evidencia presencia de finos pues se procede al lavado del mismo por la malla N° 200, teniendo cuidado de no perder partículas granulares, luego se seca y vuelve a pesar obteniendo el peso lavado y seco. Después se somete la muestra a un zarandeo estando ya depositada en un juego de tamices durante un tiempo de 10 a 15 min. El material retenido en cada malla se procede pesar obteniendo el peso retenido en cada malla, posterior a ello obtenemos el retenido acumulado en cada malla mediante la sumatoria de los parciales retenidos. Todos estos valores caracterizados se llevan a una gráfica que nos permitirá determinar la clasificación del suelo (SUCS o AASHTO) como también los coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc).

Al límite de Atterberg llamado **límite líquido (L.L)** se le define como el contenido de humedad por debajo del cual la muestra del suelo se comporta en forma plástica. Visto desde la perspectiva y entendimiento de laboratorio, es el contenido de humedad al cual una porción de la muestra de suelo en el ensayo “Copa de Casa Grande” requiere de 25 golpes consecutivos para cerrar la ranura de formas y dimensiones que establece el procedimiento de ensayo.

Del mismo modo, el **índice plástico (L.P.)** se entiende como la diferencia entre el límite líquido (L.L.) menos el límite plástico (L.P.), desde el punto de vista de laboratorio este valor establece el rango de contenido de humedad donde la muestra de suelo permanece en el estado plástico.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

La presente investigación es del tipo aplicada, la cual emplea como referencia a estudios que fueron realizados previamente. Para lograr un afirmado competente en su utilización como carretera no asfaltada para bajo volumen de tránsito, es necesario que sus propiedades mecánicas superen la demanda de cargas por tránsito que se requieren. La más importante resulta el valor de CBR puesto que es un buen indicador respecto a su resistencia a cargas axiales. Generalmente el suelo natural no cumple con estas demandas, así que el empleo de un aditivo que mejore sus propiedades se hace necesario, este fundamento es la base de esta investigación.

Diseño de Investigación

El diseño para esta investigación será del tipo experimental, es decir, consistirá en la manipulación de una o más variables independientes para luego analizar las consecuencias de esta en una o más variables dependientes. De tal manera que el investigador pueda controlar estos resultados y sus cambios para su posterior evaluación. Para el caso de nuestra investigación se manipulará a la variable independiente “aditivo de organosilanos” mediante la dosificación controlada del mismo en la composición muestra de suelo a ensayar, para de esta manera analizar a la variable dependiente “suelo estabilizado” y de esta manera identificar su influencia en esta variable dependiente, cuantificando sus propiedades mediante ensayos de laboratorio.

3.2 Variables y operacionalización

Variables

Para Sampieri (2018) hace mención que una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

-Variable Independiente (X): Según Cauas (2015) son las variables explicativas, o sea, los factores o elementos susceptibles de explicar las variables dependientes (en un experimento son las variables que manipulan). Lo cual para el estudio la variable independiente es: Aditivo de organosilanos.

-Variable dependiente (Y): Según Cauas (2015) reciben este nombre las variables a explicar, o sea, el objeto de la investigación, que se trata de explicar en función a otros elementos. Y es así que para el estudio la variable dependiente es: Suelo estabilizado.

Definición conceptual

VI (X) Aditivo de Organosilanos: Congreso Mexicano del Asfalto (2015), lo define como la molécula capaz de unir químicamente agregados (inorgánico y polar) con el asfalto (mundo orgánico, bitumen), funciona como emulsificante adicional, estabilizando el suelo y reduciendo la tensión superficial; en el contacto con el agregado es un agente compatibilizador, mejorando la compatibilidad y acelerando la rotura; tras el proceso del curado es un buen promotor de adherencia pues mejora la resistencia.

VD (Y) Suelo estabilizado: Frade (2013), señala que las propiedades mecánicas son las características de la estructura y composición de las partículas del agregado o mezcla del producto final que influye sobre la resistencia, comportamiento, las propiedades mecánicas se manifiestan cuando aplicamos una fuerza.

Definición operacional

VI (X) Emulsión Asfáltica de Organosilano: Para entender la variable independiente, se puede desplegar de la siguiente manera mediante sus dimensiones como su caracterización y su óptimo contenido en el suelo estabilizado (dosificación).

VD (Y) Afirmado estabilizado: Para comprender la variable dependiente, se desglosa a través de sus dimensiones que son las propiedades iniciales del agregado a emplear, y la posterior evaluación de sus propiedades mecánicas post-estabilización con aditivo de organosilanos.

Indicadores

VI (X) Aditivo de Organosilanos: Intensidad media diaria (IMD), equivalentes simple axial load (ESAL), Norma Técnica Peruana 399.611, ensayo carga partícula, viscosidad, Saybolt furol 25°C, rotura, estabilidad al almacenamiento, residuo por evaporación, tamizado; retenido T20, 0%, 0.10%, 0.15% y 0.20% de organosilanos.

VD (Y) Suelo estabilizado: Granulometría, Límite Atterberg, Próctor Modificado, CBR.

Escala de medición

En esta presente investigación la escala de medición que se va usar será **nominal y de razón**. Sangrador y Arias (2018), sostiene que uno de los elementos fundamentales de la definición de una variable es el tipo de escale que utilizaremos para medirla. De tal modo que para el estudio se utilizara estas dos escalas de medición.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población de esta investigación está conformada por todo el tramo restante sin asfaltar que comprende Km 0+000 – 25+000 correspondiente a la Av. Universitaria, ubicada en el distrito de Carabaylo.

Muestra

Para esta investigación la muestra es del tipo dirigida o no probabilística, centrándose en la evaluación del tramo Km 24+000 – 25+000 de la Av.

Universitaria, ubicado en el distrito de Carabayllo, Lima – Perú. De la cual se extraerán muestras de suelo representativas de la zona, las mismas que serán evaluadas considerando la adición de aditivo de organosilanos y sus efectos en sus propiedades mecánicas. Para obtener resultados que nos permitan evaluar estos cambios, se someterán las muestras de suelo con y sin adición de organosilano en un laboratorio de mecánica de suelos, siendo el ensayo Próctor Modificado y el CBR los más importantes en esta investigación.

Muestreo

Para el caso del muestreo de nuestra zona de interés en esta investigación, el del tipo aleatorio, puesto que los perfiles de suelos si bien de forma superficial parecen seguir una composición típica, existe una incertidumbre sobre los cambios que este pueda sufrir a medida que aumenta la profundidad, como también a lo largo del tramo. Incertidumbre que puede reducirse gracias a las exploraciones que se realizarán en campo. Por otro lado el número de muestras e emplear estará ligado directamente a la cantidad de ensayos que demanda esta investigación, Consecuencia de ello, el número de muestra se traduce (en campo) a una cantidad en masa que se necesitará del suelo en la zona de interés, para cubrir todos los ensayos solicitados.

Tabla 1. Cuadro de detalle de muestreo

ENSAYO		DOSIFICACIÓN	N° MUESTRAS	SUBTOTAL
Clasificación	Granulometría	0%	1	3
	Límite Líquido	0%	1	
	Limite Plástico	0%	1	
Próctor Modificado		0%	4	16
		0.10%	4	
		0.15%	4	
		0.20%	4	
CBR		0%	3	12
		0.10%	3	
		0.15%	3	
		0.20%	3	
			TOTAL	31

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de Recolección de Datos

Las metodologías comprenden diversos formatos que nos permite la preparación de cierta cantidad de valores con un fin específico.

Por ende, la presente investigación inicialmente se basará en la expectación inmediata con el fin de reconocer la zona que servirá para el muestreo, donde a simple vista se identifica el probable tipo de suelo superficial que compone la avenida de estudio. Posterior a ello, a las muestras recolectadas se le realizarán diversos ensayos, es decir, la recolección de datos será experimental, ya que empleará resultados de los ensayos de laboratorio realizados (Granulometría, Límites de Atterberg, Próctor Modificado, CBR), para su consecuente evaluación.

Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos de recolección de datos son aquellos que nos sean de provechoso uso, con el objetivo de seleccionar y acumular la información requerida.

Para la presente investigación, los instrumentos empleados fueron las fichas de laboratorio de los respectivos ensayos realizados, que servirán como verídica guía para su evaluación respectiva, y por ende a partir de allí generar conclusiones de la investigación.

Validez de Instrumento

Para demostrar la validez de la presente investigación se maneja el juicio de expertos, de tal manera que corroboren la validez del instrumento acorde al tema de tesis y su variable evaluada.

La validez de la investigación se obtendrá de forma especializada y técnica, como se tiene conocimiento la recolección de datos se realizará a partir de ensayos de laboratorio en equipos especializados y el registro de sus resultados en sus respectivos formatos de laboratorio. Todos los equipos de laboratorio empleados

pertencen al laboratorio MTL Geotecnia S.A.C. (Material Testing Laboratory), el cual es un laboratorio certificado.

Confiabilidad

Esta investigación está basada en formatos de laboratorio que recopilan los resultados de los ensayos realizados, las cuales están validadas por técnicos especializados del laboratorio MTL Geotecnia S.A.C. (Material Testing Laboratory), el cual es un laboratorio certificado.

3.5 Procedimiento

El suelo se obtendrá del terreno natural existente en la Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo. El cual será extraído representativamente para luego ser empleado en los diversos ensayos que demanda la presente investigación.

El aditivo de organosilanos será proporcionado por un encargado del personal perteneciente al laboratorio de mecánica de suelos.

El suelo natural y el suelo con aditivo de organosilanos con las diferentes dosificaciones calculadas previamente serán llevados al laboratorio MTL Geotecnia S.A.C. (Material Testing Laboratory). Esta se encuentra ubicada en Perú, provincia de Lima, distrito del San Martín de Porras; en la cual se realizarán los ensayos físicos y mecánicos del suelo.

Para la primera fase, se realizará el ensayo de “Clasificación”, el cual para el laboratorio implica la realización de los ensayos de Granulometría por Tamizado, Límite Líquido y Límite Plástico, requiriendo una muestra por cada ensayo, dando un total de 4 muestras de suelo.

En la segunda fase, en lo que respecta al ensayo Próctor Modificado, se evaluarán las muestras de afirmado sin y con emulsión asfáltica de organosilano, teniéndose entonces las dosificaciones a evaluar de 0%, 0.10%, 0.15% y 0.20%; siendo necesarios 4 ensayos Próctor Modificado, los cuales requerirán por ensayo 4 muestras de 3Kg, dando un total de 16 muestras.

Finalmente en el desarrollo de la tercera fase, para la determinación las propiedades mecánicas del suelo natural y del suelo con la dosificación de 0.10%, 0.15% y 0.20%, se pe realizarán el ensayo CBR a todas las muestras al 95 % y 100% del CBR, dando entonces un total de 12 ensayos CBR para nuestra etapa final.

3.6 Método de análisis de datos

Se analizarán los datos de la primera fase con el fin de caracterizar el suelo estudiado, pero principalmente se evaluará la granulometría resultante con el objetivo de seleccionar el método (A, B o C) a emplear para realizar nuestro ensayo Próctor Modificado. Entendemos entonces que la primera fase es muy influyente en nuestra segunda fase ensayos.

En la segunda fase se evaluarán los resultados de los ensayos Próctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H.) y Máxima Densidad Seca (M.D.S.)), que se le ensayo a la muestra sin aditivo de organosilanos que vendría a ser nuestra muestra patrón y también a la muestra con la adición del aditivo organosilanos en las 3 dosificaciones: 0.10%, 0.15%, 0.20%, haciendo un total de 16 muestras que nos arrojaran datos de su O.C.H. y M.D.S. para poder calcular el ensayo de CBR. De igual manera, se evidencia la influencia directa de la segunda fase en la tercera fase de ensayos.

Para la última fase (tercera fase), se realizan los ensayos CBR a la muestra del suelo sin aditivo de organosilanos (muestra patrón) y a la muestra con la adición de aditivo de organosilanos en sus 3 dosificaciones que elegimos, 0.10%, 0.15% 0.20%, donde nos arrojará datos y para su cálculo también es necesario los datos obtenidos en el ensayo Próctor Modificado, Una vez obtenido los resultados, se evaluarán los cambios.

Finalmente, se obtendrán las conclusiones de la influencia del aditivo de organosilano en el suelo de estudio con las dosificaciones de 0.10%, 0.15% y

0.20% en contrastación con su estado natural, respecto a sus propiedades mecánicas (capacidad portante).

3.7 Aspectos éticos

En el presente trabajo de investigación se dará conocimiento de los técnicos que realizaron los ensayos, y el laboratorio de mecánica de suelos certificado donde se realizaron, el cual validará los formatos de laboratorio que recopilan los resultados de los ensayos realizados. Del mismo modo, se procuró en todo momento mantener los aspectos éticos de honestidad que demanda una investigación de esta índole. Fueron referenciadas correctamente todas las fuentes empleadas según el formato requerido por normativa, así mismo que los datos generados por los ensayos serán descritos fielmente a lo otorgado por el laboratorio, y en consecuencia obteniendo una discusión de datos de los resultados verídicos.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción de la zona de estudio

Nombre de la tesis

“Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria Km 24+00 - 25+00, Carabayllo – 2021”.

Acceso a la zona de trabajo

El acceso a este lugar de estudio le dará una utilidad al tramo no asfaltado de la Av. Universitaria en el kilómetro 24+ 00 – 25+00.

Ubicación Política

El lugar de estudio se ubica en la región de Lima, provincia de Lima en el distrito de Carabayllo.

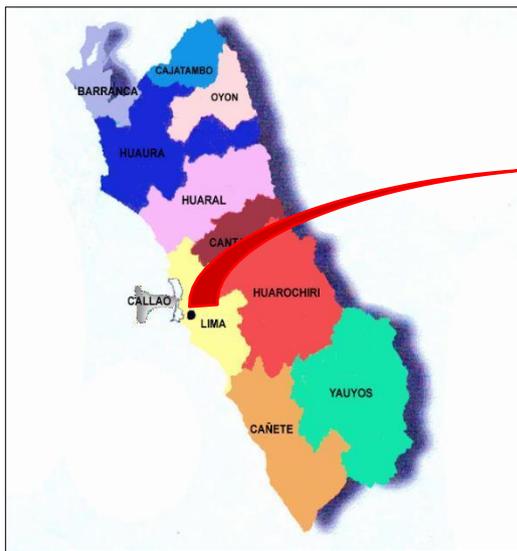


Figura 3. Mapa Político de Lima

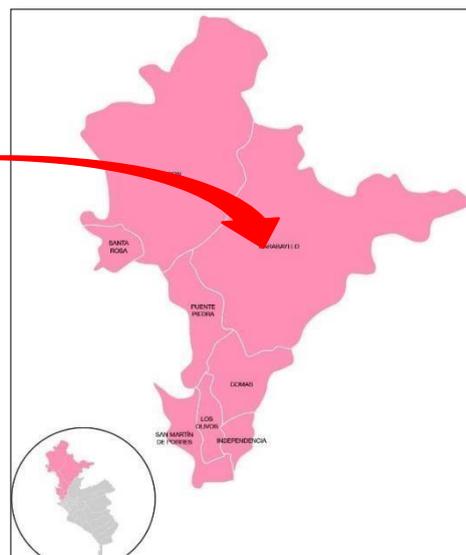


Figura 4. Mapa Distrital de Lima

Ubicación del proyecto

Distrito de Carabaylo



Figura 5. Mapa de Ubicación de Carabaylo

Limites geográficos:

Norte: Con el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta.

Sur: Con el distrito de Comas.

Este: Con el distrito de San Juan de Lurigancho.

Oeste: Con el distrito de Puente Piedra y el distrito de Ancón.

Se eligió este tramo no asfaltado de la Av. Universitaria como estudio, con el propósito de proponer una alternativa de solución para mejorar las condiciones de una carretera no pavimentada para así obtener una mejor resistencia, durabilidad ante la demanda vehicular que se presenta en el lugar de estudio.

Ubicación geográfica

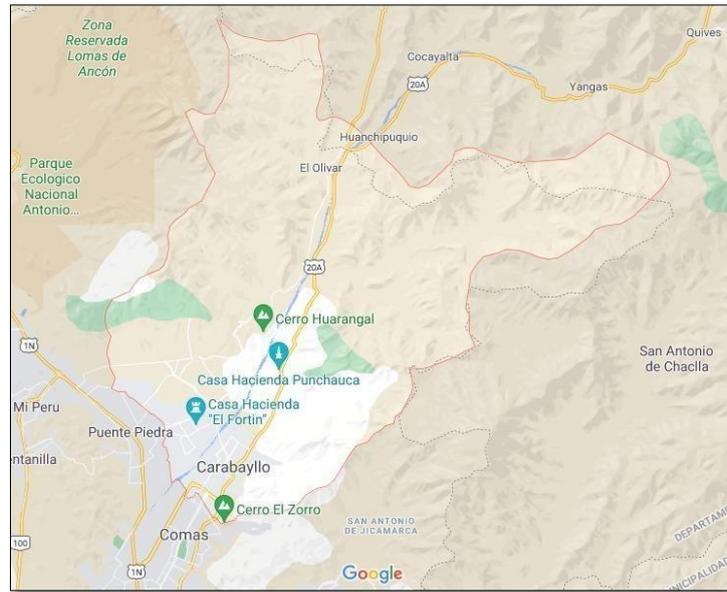


Figura 6. Mapa de Carabayllo

El tramo no asfaltado elegido para ser estudiado se encuentra en el distrito de Carabayllo que se ubica en los límites del río Chillón, en la provincia y departamento de Lima y se ubican sus coordenadas geográficas son: latitud sur: $11^{\circ},10',09''$ y $11^{\circ},54',22''$ y oeste $76^{\circ},48',11''$ y $77^{\circ},05',29''$, la latitud se encuentra entre 238 a 530 m.s.n.m.

La ubicación precisa del tramo no asfaltado de la continuación de la Av. Universitaria donde se realizó la calicata, que es el tramo elegido para ser estudiado para mejorar sus condiciones de carretera no pavimentada utilizando el aditivo de organosilanos, esa longitud del kilómetro 24+00 hasta el 25+00, se puede apreciar en la figura 7 y también en la figura 8 con el apoyo de Google Maps.



Figura 8. Ubicación de la calicata en el tramo sin asfaltar

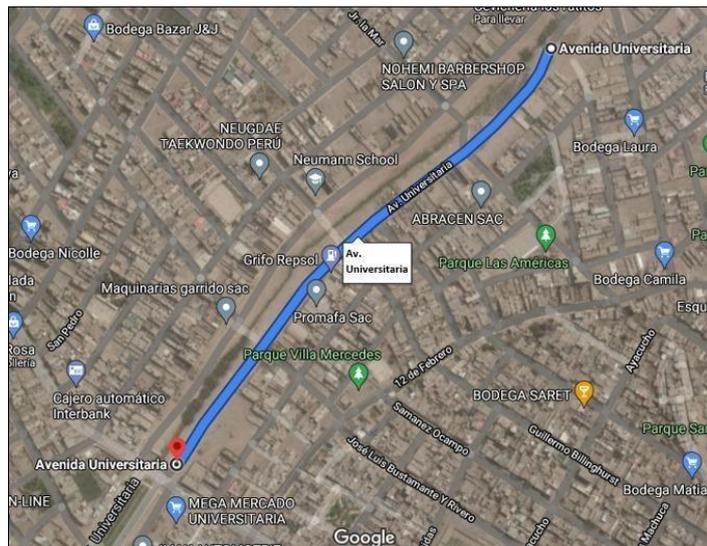


Figura 7. Ubicación del tramo sin asfaltar de manera satelital

Vía de acceso

Para llegar a la continuación de la Av. Universitaria del kilómetro 24+00 hasta el 25+00, que es el tramo no asfaltado a estudiar, se recomienda como ruta de acceso por el distrito de Comas con la línea JC hasta llegar al distrito de Carabayllo.

Clima

El distrito de Carabayllo posee un clima promedio que se caracteriza en verano por poseer un clima caliente, áridos y nublados, mientras que los inviernos son largos, frescos y secos, entre los 15°C a 28°C.

Localidad para la compra de materiales

El material que se empleó para esta investigación está compuesta por 100% organosilano, que se logró adquirir por el laboratorio MTL Geotecnia S.A.C. (Material Testing Laboratory), donde se realizaron los ensayos de mecánica de suelos, laboratorio que se encuentra ubicado en la Av. Mayolo que pertenece en el distrito de San Martín.

Resultados de laboratorio

Clasificación de suelos

El **Análisis Granulométrico** que se le hizo al terreno natural, el cual no se le hizo ninguna alteración al suelo con la intención de conocer los datos iniciales del suelo a fin de conocer la clasificación del suelo mediante la distribución del tamaño de las partículas para de esa forma obtener información de las partículas que lo componen mediante un tamizado, los cual se muestra en la tabla 2, la cual representa el resumen del ensayo de clasificación de suelos.

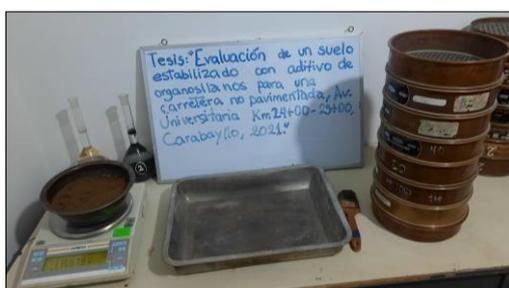


Figura 9. Clasificación de Suelos



Figura 10. Clasificación de Suelos

Tabla 2. Análisis Granulométrico

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA
	(mm)	C - 1, M - 1
5"	127	100
4"	101.6	100
3"	76.2	100
2 1/2"	63.3	100
2"	50.8	100
1 1/2"	38.1	100
1"	25.4	100
3/4"	19	100
1/2"	12.5	100
3/8"	9.5	100
Nº 4	4.75	98.3
Nº 10	2	93.3
Nº 20	0.84	86.7
Nº 40	0.425	79.0
Nº 60	0.25	73.1
Nº 80	0.177	73.1

Nº 100	0.15	61.4
Nº 200	0.075	55.8
< Nº 200	FONDO	

Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos del ensayo de clasificación de suelos, se puede observar los datos granulométricos de los suelos ensayados, en la siguiente tabla 3 la cual muestra el resumen de porcentaje de material correspondiente a grava, arena y finos

Tabla 3. Distribución Granulométrica

MUESTRA	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
C - 1, M - 1	1.7	42.4	55.8

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la clasificación de suelos SUCS ASTM D – 2487 se determinó que el tipo de suelo es ML (limo de baja plasticidad con arena). Para la muestra llevada.

Tabla 4. Clasificación de suelos

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	ML
Clasificación AASHTO (D3282)	A-4 (4)
Nombre del Grupo	Limo de baja plasticidad con arena

Fuente: elaboración propia

OBJETIVO 1

Determinar la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo organosilano empleadas, Av, Universitaria km 24+000 – 25+000, Carabayllo – 2021.

Se empleó el ensayo Próctor modificado, para obtener información acerca del óptimo contenido de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS) de las muestras tanto para suelo natural como para suelo más aditivo de organosilanos, las cuales se muestran en la tabla 5 tanto para la muestra sin modificar como para la muestra con porcentajes de organosilanos dándonos los siguientes resultados.



Figura 11. Ensayo Próctor Modificado



Figura 12. Ensayo Próctor Modificado

Tabla 5. Datos Próctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO	MDS(g/cm3)	O.C.H. (%)
M-1	2.020	12.5
M-1 + 0.10%	2.041	12.3
M-1 + 0.15%	2.065	12.1
M-1 + 0.20%	2.071	12.0

Fuente: elaboración propia

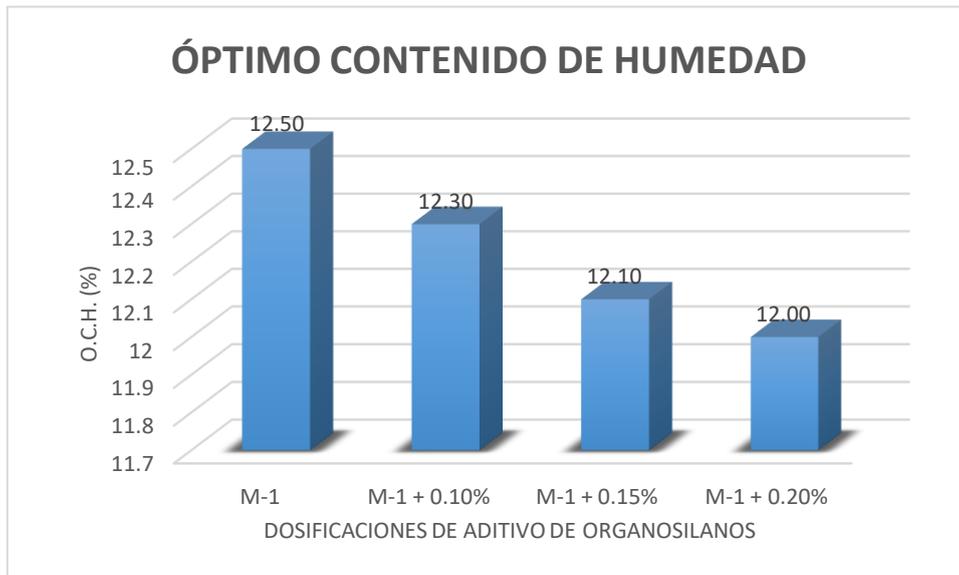


Gráfico 1. Optimo Contenido de Humedad (%)

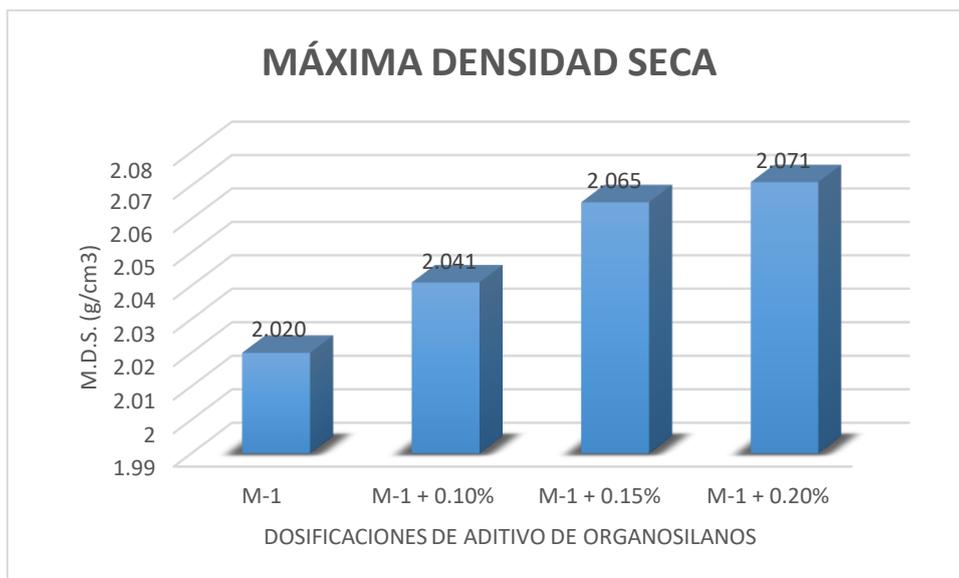


Gráfico 2. Máxima Densidad Seca (g/cm³)

Se observa que en la tabla 10 del ensayo Próctor Modificado a la muestra patrón se obtuvo un valor de su O.C.H. de 12.5% y su M.D.S. un valor de 2.020 g/cm³, estos valores varían a medida que se le incorpora las distintas dosificaciones del aditivo de organosilanos, al haber efectuado dicho proceso se observa que con la

incorporación de este existe una disminución proporcional de estos parámetros respecto al incremento en el porcentaje de aditivo de organosilanos empleado, dicho sea el caso que con la adición de 0.10% de organosilanos se evidencia una disminución 0.2% en el O.C.H., mientras que al incrementar el porcentaje de organosilanos a 0.15% este disminuyó en 0.4%, y al incrementarle el porcentaje a 0.20%, se observa la disminución de 0.5%. Por otro lado, en cuanto a la M.D.S. se obtuvo 2.020 g/cm³ en la muestra patrón, luego al adicionarle 0.10% de organosilanos aumentó en 0.021 g/cm³, luego al aumentar a 0.15% dio como resultado un aumento de 0.045 g/cm³ y al agregarle 0.20% dio como resultado un aumento de 0.051 gr/cm³.

OBJETIVO 2

Determinar los cambios en las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av, Universitaria km 24+000 – 25+000, Carabayllo – 2021

Para obtener información acerca de la propiedad mecánica de la resistencia se desarrolló el ensayo del CBR (California Bearing Ratio) para así comprobar las características mecánicas del suelo de las distintas muestras tanto al suelo natural sin modificaciones como a los suelos más las distintas dosificaciones de organosilanos, este ensayo se empleó el uso de organosilanos en distintos porcentajes (0.10%, 0.15%, 0.20%) respectivamente para así obtener información acerca de la resistencia del suelo, y del suelo más organosilanos, para así establecer comparaciones en la resistencia teniendo como resultados la siguiente tabla 6.



Figura 13. Ensayo CBR



Figura 14. Ensayo CBR

Tabla 6. Datos CBR

MUESTRAS	CBR	
	CBR al 95%	CBR al 100%
C-1,M-1	6.6	8.5
C - 1, M - 1 + 0.10	9.1	12.2
C - 1, M - 1 + 0.15	14.6	19.2
C - 1, M - 1 + 0.20	19.2	25.3

Fuente: elaboración propia

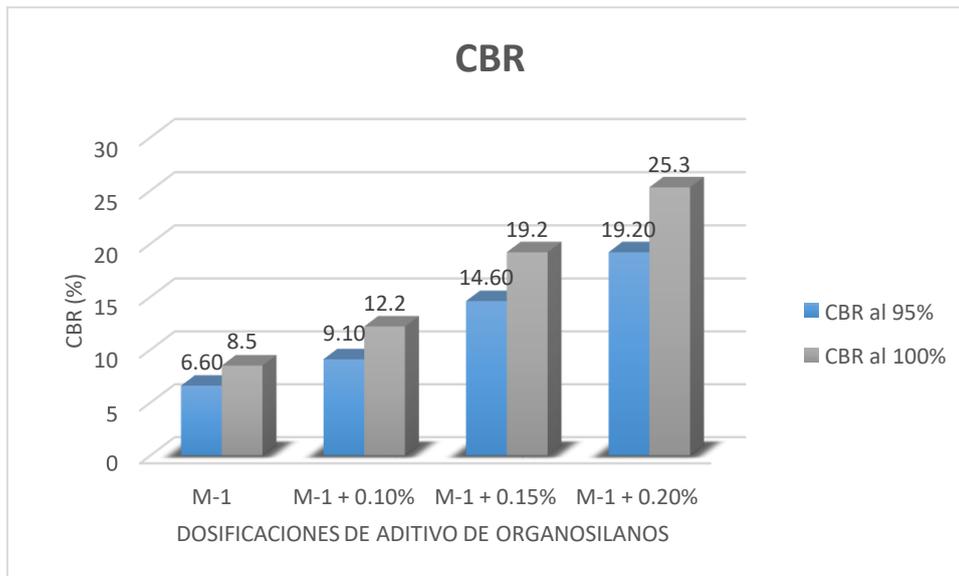


Gráfico 3. CBR

Se observa en el grafico 4 que los resultados obtenidos a partir del ensayo CBR (California Bearing Ratio) que el empleo de organosilanos influyen en la resistencia la cual evidencia un aumento en los valores del CBR los cuales varían dependiendo de los porcentajes de organosilanos cuando se le agrega 0.10% se obtuvo un incremento de 2.5 al 95% y de 3.7 al 100%, luego cuando se le incrementa la dosificación de 0.15% de organosilano se obtuvo un incremento en el CBR al 95% de 8.0 y de 10.7 al 100% con respecto a la muestra patrón, y por último en la dosificación mayor de 0.20% que se estableció, se evidencio que ocurrió un aumento mayor en cuanto al CBR al 95% él cual tuvo un aumento de 13.9 y en cuanto al CBR al 100% se observó que ocurrió un aumento de 16.8 con respecto a la muestra patrón por lo que se evidencio que en todas las dosificaciones ocurrió un aumento proporcional al porcentaje de organosilanos.

OBJETIVO 3

Determinar la dosificación del aditivo de organosilanos con la cual se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av, Universitaria km 24+000 – 25+000, Carabaylo – 2021.

Para lograrlo se recurrió a la información completa proporcionada por el ensayo Próctor Modificado a la muestra patrón y las tres dosificaciones empleadas que se registran en la tabla 7, como también de la tabla 5, y con el fin de tener una vista global del comportamiento de la muestra alterada gracias a la adición del aditivo de organosilanos es que se superponen estas curvas (Contenido de Humedad vs Densidad Seca), logrando así determinar qué dosificación proporciona los mejores resultados. Del mismo modo para el ensayo CBR se recurrió a la información completa para la muestra patrón y las 3 dosificaciones empleadas que se registran en la tabla 8, con el mismo objetivo de tener una vista global de su influencia para las muestras de CBR (0.1”) a 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes, es entonces que se superponen estas curvas (Número de golpes vs % CBR) para determinar que dosificación proporciona mejores resultados.



Figura 15. Dosificación del aditivo organosilanos

Tabla 7. Relación de datos del ensayo Próctor Modificado

C-1	DOSIFICACIÓN							
	0.00 %		0.10 %		0.15 %		0.20 %	
	C.H. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	C.H. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	C.H. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	C.H. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	5.9	1.761	6.3	1.795	5.3	1.819	5.6	1.834
2	8.7	1.908	9.1	1.917	8.2	1.956	8.4	1.981
3	11.5	2.012	12.1	2.040	11.4	2.061	11.3	2.067
4	14.2	1.992	14.7	1.993	13.9	2.035	14.2	2.040
5	16.9	1.861	17.4	1.916	16.7	1.938	16.8	1.952

Fuente: elaboración propia

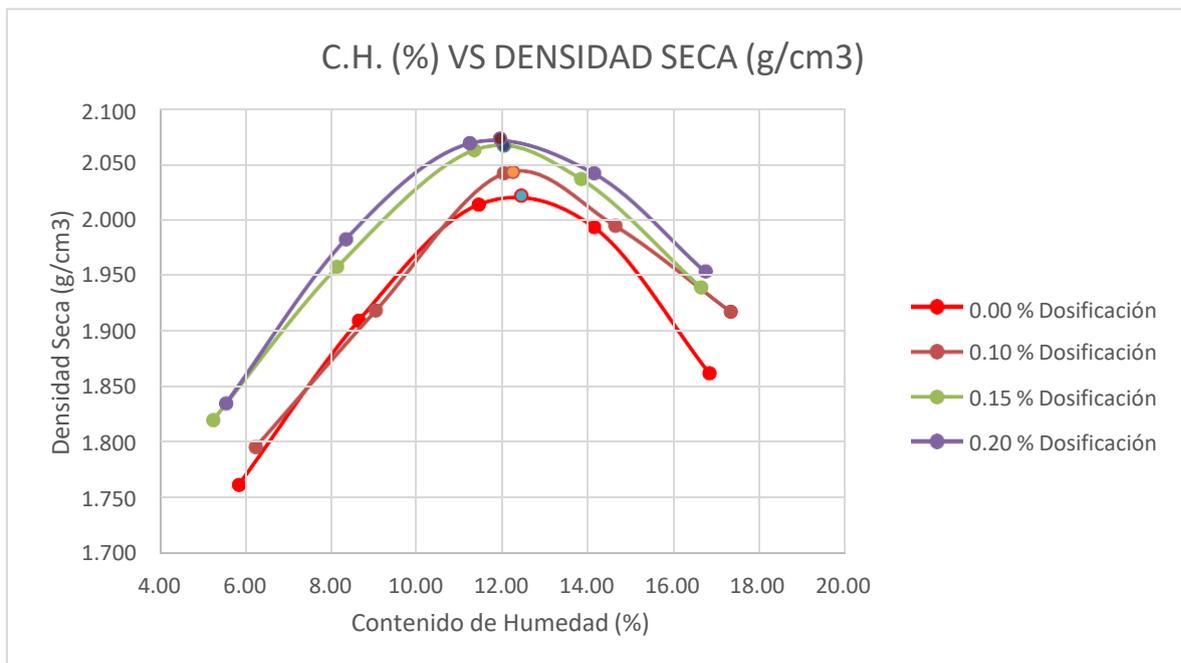


Gráfico 4. Contenido de Humedad vs Densidad Seca en sus diferentes dosificaciones de organosilanos

Se observa en el gráfico 4 que a medida que se incrementa la dosificación del aditivo de organosilanos, la curva de contenido de humedad vs densidad seca empleada para el ensayo Próctor Modificado, empieza a desplazarse con dirección

hacia la esquina superior izquierda, consiguiendo su punto máximo en esta investigación cuando la dosificación empleada es de 0.20% en masa, verificando así que la variación de estos parámetros respecto a la muestra patrón es superior respecto a las dosificaciones precedentes (0.10% y 0.15%).

Tabla 8. Relación de datos del ensayo CBR

C-1	DOSIFICACIÓN			
	0.00 %	0.10 %	0.15 %	0.20 %
	CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)	C.B.R. (%)
12 golpes	2.40	3.30	5.40	7.00
25 golpes	6.80	9.80	15.50	20.50
56 golpes	8.50	12.20	19.20	25.30

Fuente: elaboración propia

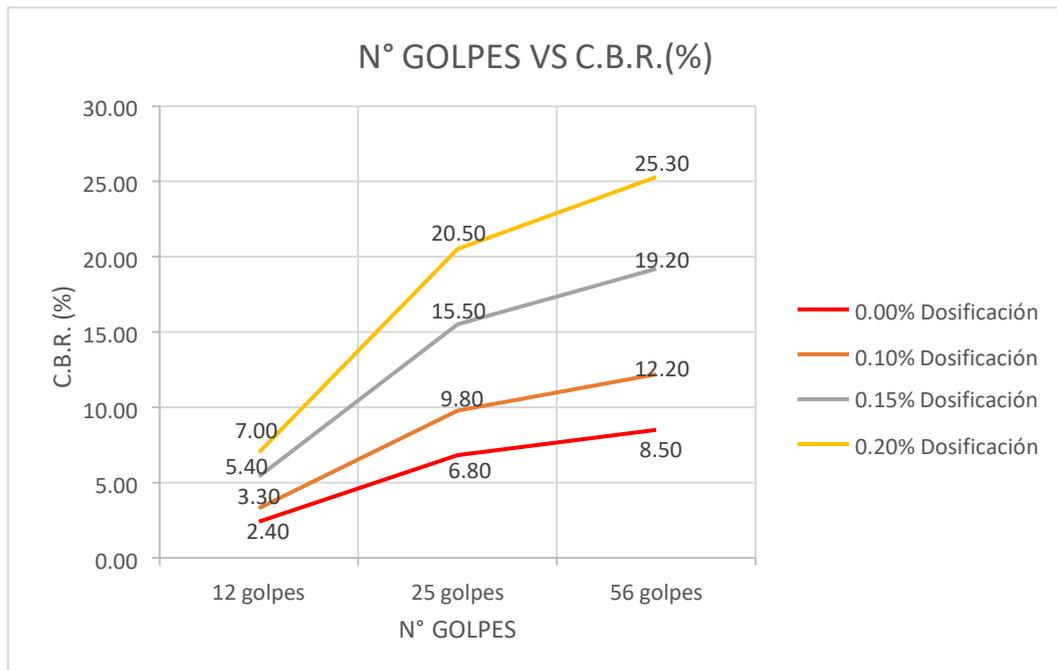


Gráfico 5. N° Golpes vs C.B.R. (%) para diferentes dosificaciones de aditivo de organosilanos

Se observa en el gráfico 5 que a medida que se incrementa la dosificación del aditivo de organosilanos, la curva de número de golpes vs CBR (%) empleada para el ensayo CBR, empieza a desplazarse hacia arriba, consiguiendo su punto máximo en esta investigación cuando la dosificación empleada es de 0.20% en masa, verificando así que la variación de estos parámetros respecto a la muestra patrón es superior respecto a las dosificaciones precedentes (0.10% y 0.15%).

V. DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la presente investigación hemos logrado obtener resultados, los cuales fueron en base a las variables establecidas para lo cual hemos desarrollado ciertos ensayos (clasificación, límites de consistencia, próctor modificado y CBR) los cuales haremos mención en la discusión de la investigación.

En cuanto al ensayo **Próctor Modificado** la cual esta normado con ASTM D1557/ MTC E – 115, el cual se realizó con el fin de obtener la información acerca del **O.C.H.** (óptimo contenido humedad) tanto para el suelo natural como para el suelo natural más ciertos porcentajes de organosilanos, en cuanto al **suelo natural** (limo de baja plasticidad con arena) nos dio como resultado que el óptimo contenido de humedad resulto ser de 12.5%; el cual cambio al incorporarle **0.10%** de organosilanos dándonos como resultado 12.3% mostrando una disminución de 0.2% en la humedad optima; en cuanto al porcentaje de **0.15%** de organosilanos se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 12.1% mostrando una disminución de 0.4%; y al incorporarle **0.20%** de organosilanos nos dio como optimo contenido de humedad 12.0% mostrando que el óptimo contenido de humedad descendió en un 0.5%. En cuanto a la **M.D.S.** se obtuvo 2.020 g/cm³ en la **muestra patrón**, al adicionarle **0.10%** de organosilanos aumentó en 0.021 g/cm³; al aumentar a **0.15%** dio como resultado un aumento de 0.045 g/cm³; y al agregarle **0.20%** dio como resultado un aumento de 0.051% g/cm³.

Según Hurtado (2020) nos detalla que en su investigación al desarrollar los ensayos Próctor Modificado se obtuvo respecto al **O.C.H.** (óptimo contenido humedad) para el **suelo natural** (arcilla de baja plasticidad con arena) nos dio como resultado que el óptimo contenido de humedad un valor de 9.2%; el cual cambio al incorporarle **0.08%** de organosilanos dándonos como resultado 9.1% mostrando una disminución de 0.1% en la humedad optima; en cuanto al porcentaje de **0.13%** de organosilanos se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 9.0% mostrando una disminución de 0.2%; y al incorporarle **0.18%** de organosilanos nos dio como optimo contenido de humedad 8.9% mostrando que el óptimo contenido de humedad descendió en un 0.3%. En cuanto a la **M.D.S.** se obtuvo 1.887 gr/cm³ en la muestra

patrón y al adicionarle **0.08%** de organosilanos aumento en 0.084gr/cm³; y al aumentar a **0.13%** dio como resultado un aumento de 0.081 gr/cm³; y al agregarle **0.18%** dio como resultado un aumento de 0.077 gr/cm³.

Según Salas (2018) nos dice que en su trabajo de investigación al realizar el ensayo de próctor modificado se obtuvo que en cuanto al **O.C.H.** (óptimo contenido de humedad) obtenido del **suelo natural** (arena arcillosa de baja plasticidad) resulto ser de 8.17% y que luego al incorporarle **5gr por 1 kilogramo (0.5%)** se obtuvo como respuesta que hubo un aumento a 8.23% demostrando un aumento de 0.06% comparando con la muestra patrón y al aumentar la dosificación de **10 gr por 1 kilogramo (1.0%)** se obtuvo que el óptimo contenido de humedad disminuyo hasta 7.97% evidenciando una disminución de 0.2% comparando con la muestra patrón. En cuanto al **M.D.S.** (densidad máxima seca) se obtuvo como resultado que la **muestra patrón del suelo** sin modificaciones obtuvo como resultado que la densidad máxima seca resulto ser de 1.650 gr/cm³; y al incorporarle **5gr por 1 kilogramo (0.5%)** se obtuvo un aumento a 1.87 gr/cm³ demostrando un aumento de 0.22 gr/cm³ comparando con la muestra patrón; y al aumentar la dosificación de **10 gr por 1 kilogramo (1.0%)** se obtuvo un aumento a 1.99 gr/cm³ evidenciando un aumento de 0.34 gr/cm³ comparando con la muestra patrón.

Según Gutiérrez & Cerón (2020) nos detallan que en su investigación al desarrollar los ensayos Próctor Modificado se obtuvo respecto al **O.C.H.** (óptimo contenido humedad) para el **suelo natural** (grava bien gradada con limo y arena) un valor de 6.5%; el cual no tuvo variación al incorporarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** de organosilanos; del mismo modo sucedió al incorporarle **0.75 Kg/m³ (0.03%)** de organosilanos; pero al incorporarle **0.90 Kg/m³ (0.04%)** de organosilanos nos dio como optimo contenido de humedad 6.7% mostrando que el óptimo contenido de humedad aumentó en un 0.2%. En cuanto a la **M.D.S.** se obtuvo 2.252 gr/cm³ en la muestra patrón; y al adicionarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** de organosilanos no tuvo variación; del mismo modo sucedió al incorporarle las dosificaciones de **0.75 Kg/m³ (0.03%)** y **0.90 Kg/m³ (0.04%)**.

Según Villanueva (2017) nos detallan que en su investigación al desarrollar los ensayos Próctor Modificado se obtuvo respecto al **O.C.H.** (óptimo contenido humedad) para el **suelo natural** (grava arcillosa limosa) un valor de 9.2%; el cual no tuvo variación al incorporarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** de organosilanos; del mismo modo sucedió al incorporarle **0.75 Kg/m³ (0.03%)** y **1.00 Kg/m³ (0.05%)** de organosilanos. En cuanto a la **M.D.S.** se obtuvo 2.157 gr/cm³ en la muestra patrón; y al adicionarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** de organosilanos no tuvo variación; del mismo modo sucedió al incorporarle las dosificaciones de **0.75 Kg/m³ (0.03%)** y **1.00 Kg/m³ (0.05%)**.

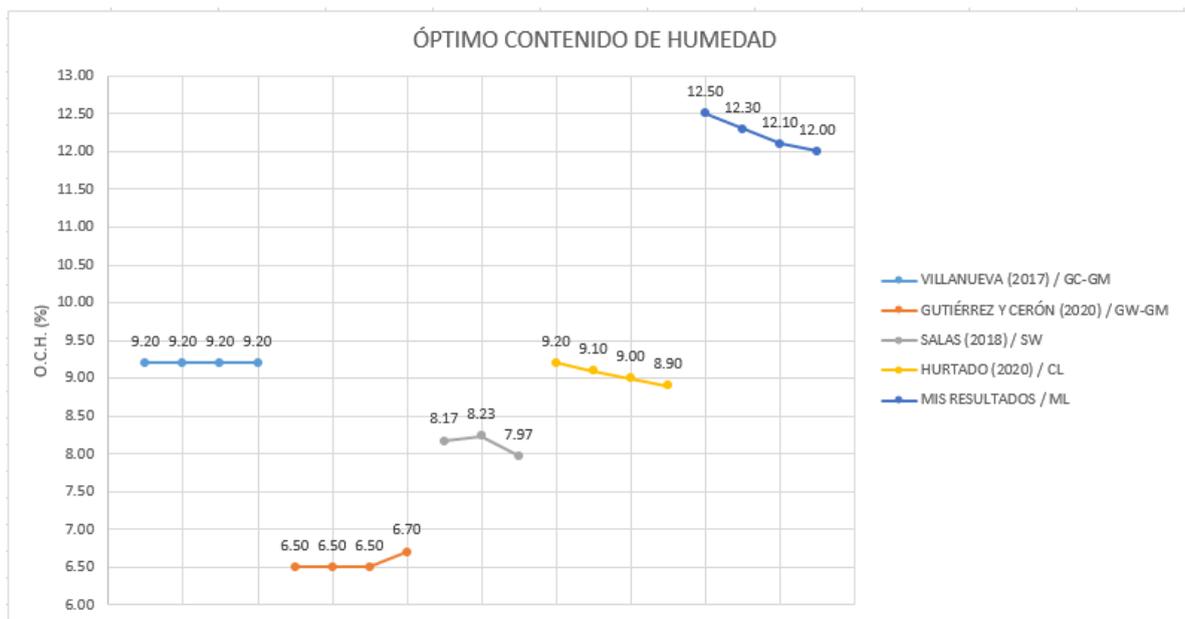


Gráfico 6. Variación del O.C.H. para distintos estudios de estabilización de suelos

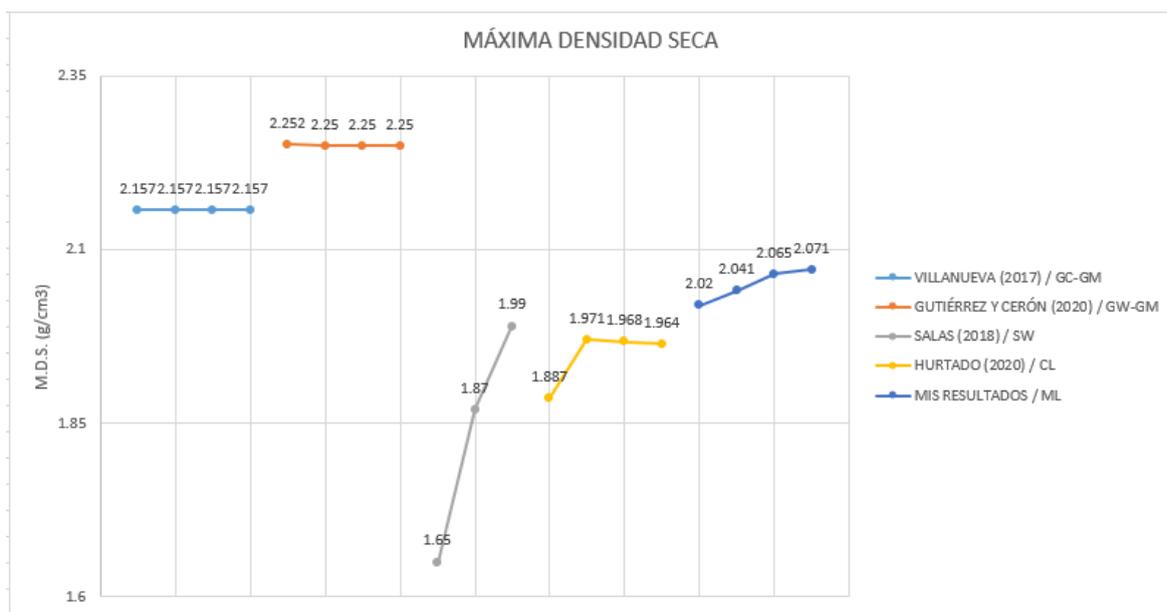


Gráfico 7. Variación de la M.D.S. para distintos estudios de estabilización de suelos

Dado los resultados; Hurtado, Salas y mis resultados obtenidos, se evidencia que existen cambios importantes en estos dos parámetros de forma beneficiosa, esto se puede deber al tipo de suelo que se está estabilizando, ya que para estos tres estudios se emplean suelos finos, o con gran contenido de finos. Esto no sucede en el caso de Villanueva y Gutiérrez & Cerón, que tratándose de suelos gravosos no presentan alguna variación en su valor.

En el ensayo **California Bearing Ratio (CBR)** el cual esta normado por la ASTM D1883 /MTC E – 132, el cual se realizó con el fin de conocer la resistencia que posee tanto el suelo natural sin modificaciones y el suelo natural con modificación a las cuales se le agrego organosilanos en distintos porcentajes; en las cuales en el **suelo natural** sin modificaciones se obtuvo un CBR de 6.6% al 95% y 8.5% al 100%; el cual se modificó al aplicarle el porcentaje de **0.10%** dándonos como resultados que el CBR al 95% resulto 9.1% y un CBR al 100% de 12.2%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento en 2.5% y en 3.7% al 100%; y al incrementar el porcentaje de organosilanos al **0.15%** se observó que el CBR al 95%

resultado ser de 14.6% y el CBR al 100% fue de 19.2% por lo que se evidencia un aumento en comparación al CBR del suelo natural; y al emplear la dosificación de **0.20%** de organosilanos nos dio como resultado que hubo un aumento mayor a las otras dosificaciones en la cual el CBR llego hasta 20.5% en el CBR al 95% y 25.3% en cuanto al CBR al 100%, por lo que se observa que hubo un aumento de 13.9% en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 16.8% con respecto al suelo natural.

Según Hurtado (2020) nos detalla que en su investigación al desarrollar los ensayos de CBR en distintos porcentajes, en los cuales en el **suelo natural** sin modificaciones se obtuvo un CBR de 6.4% al 95% y 9.8% al 100%; el cual se modificó al aplicarle el porcentaje de **0.08%** dándonos como resultados que el CBR al 95% resulto 8.1% y un CBR al 100% de 12.1%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento en 1.7% y de 2.3% al 100%; y al incrementar el porcentaje de organosilanos al **0.13%** se observó que el CBR al 95% resulto ser de 10.2% y el CBR al 100% fue de 14.7% por lo que se evidencia un aumento en comparación al CBR del suelo natural; y al emplear la dosificación de **0.18%** de organosilanos nos dio como resultado que hubo un aumento mayor a las otras dosificaciones en la cual el CBR llego hasta 12.1% en el CBR al 95% y 16.8% en cuanto al CBR al 100%, por lo que se observa que hubo un aumento de 5.7% en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 7% con respecto al suelo natural.

Según Salas (2018) nos detalla que en su investigación al desarrollar los ensayos de CBR en distintos porcentajes, en los cuales en el **suelo natural** sin modificaciones se obtuvo un CBR de 30.56% al 95% y 39.58% al 100%; el cual se modificó al aplicarle la dosificación de **5g / 1kg (0.5%)** dándonos como resultados que el CBR al 95% resulto 46.17% y un CBR al 100% de 54.74%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento en 15.61% y de 15.16% al 100%; y al emplear la dosificación de **10g / 1kg (1.0%)** de organosilanos nos dio como resultado que hubo un aumento mayor respecto a la anterior dosificación en la cual el CBR llego hasta 47.63% en el CBR al 95% y 61.37% en cuanto al CBR al 100%, por lo que

se observa que hubo un aumento de 6.63% en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 1.46% con respecto al suelo natural.

Según Gutiérrez & Cerón (2020) nos detalla que en su investigación al desarrollar los ensayos de CBR en distintos porcentajes, en los cuales en el **suelo natural** sin modificaciones se obtuvo un CBR de 41.4% al 95% y 86% al 100%; el cual se modificó al aplicarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** dándonos como resultados que el CBR al 95% resultó 46% y un CBR al 100% de 93.5%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento en 4.6% y de 7.5% al 100%; y al incrementar la adición de organosilanos a **0.75 Kg/m³ (0.03%)** se observó que el CBR al 95% resultó ser de 49.3% y el CBR al 100% fue de 103.2% por lo que se evidencia un aumento en comparación al CBR del suelo natural; y al emplear la dosificación de **0.90 Kg/m³ (0.04%)** de organosilanos nos dio como resultado que hubo un aumento mayor a las otras dosificaciones en la cual el CBR llegó hasta 52.3% en el CBR al 95% y 107.1% en cuanto al CBR al 100%, por lo que se observa que hubo un aumento de 10.9% en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 21.1% con respecto al suelo natural.

Según Villanueva (2017) nos detalla que en su investigación al desarrollar los ensayos de CBR en distintos porcentajes, en los cuales en el **suelo natural** sin modificaciones se obtuvo un CBR de 18.6% al 95% y 55.4% al 100%; el cual se modificó al aplicarle **0.5 Kg/m³ (0.02%)** dándonos como resultados que el CBR al 95% resultó 40% y un CBR al 100% de 25.2%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento en 21.4% y disminuyó en 30.2% al 100%; y al incrementar la adición de organosilanos a **0.75 Kg/m³ (0.03%)** se observó que el CBR al 95% resultó ser de 40.6% y el CBR al 100% fue de 59.5% por lo que se evidencia un aumento en comparación al CBR del suelo natural; y al emplear la dosificación de **1.00 Kg/m³ (0.05%)** de organosilanos nos dio como resultado que hubo un aumento mayor a las otras dosificaciones en la cual el CBR llegó hasta 46.8% en el CBR al 95% y 59.5% en cuanto al CBR al 100%, por lo que se observa que hubo un aumento de 28.2% en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 21.3% con respecto al suelo natural.

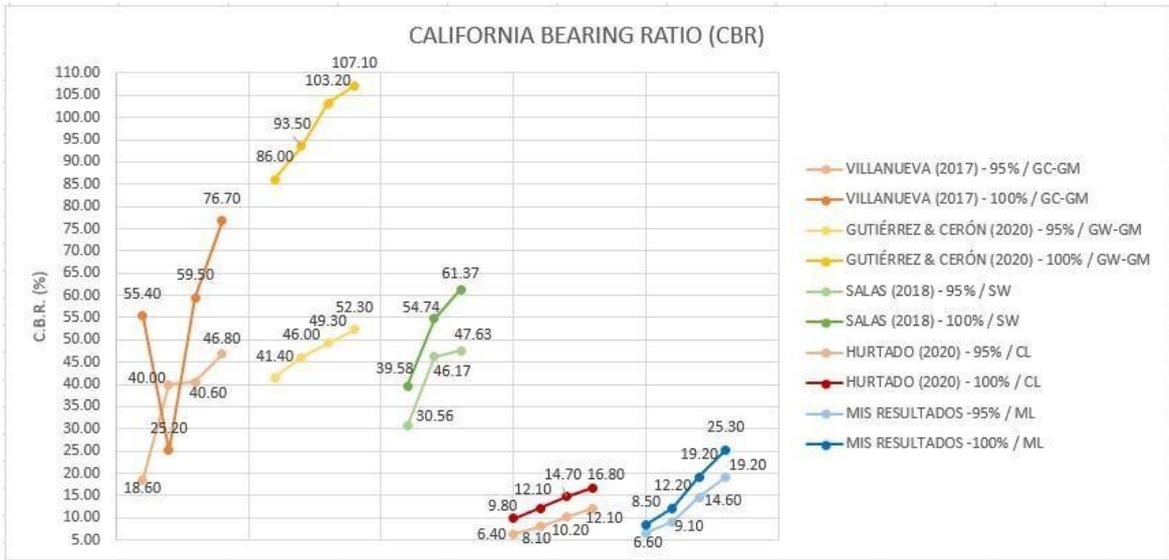


Gráfico 8. Variación del valor del ensayo CBR

Dado los resultados; Villanueva, Gutiérrez & Cerón, Hurtado, Salas y mis resultados obtenidos, se evidencia que existen cambios importantes en el valor del CBR de forma beneficiosa, indistintamente del tipo de suelo que se está estabilizando, ya que para estos estudios se tienen dos del tipo fino y tres del tipo granular. La intensidad con la que varía este parámetro también está en función de la dosificación empleada y del tipo de suelo que se está estabilizando.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General

Evaluar el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

Se comprobó que el efecto del uso del aditivo organosilano fue beneficioso en la estabilización de nuestro suelo en estudio, ya que ha optimizado significativamente sus propiedades físicas y mecánicas en todas las dosificaciones empleadas.

Objetivo específico 1

Determinar la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilano empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

Se determinaron las variaciones de los valores de O.C.H. y M.D.S. para las tres dosificaciones de aditivo de organosilanos respecto a los de la muestra patrón (suelo natural); obteniéndose en el caso del O.C.H. una reducción en su valor siendo beneficioso ya que reduciría de esta manera el consumo de agua en la estabilización; y por otro lado un aumento en el valor del M.D.S. que resulta también beneficioso puesto que un aumento de la densidad significa un aumento de la capacidad portante del suelo.

Objetivo específico 2

Determinar los cambios en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

Se obtuvieron las variaciones del valor del CBR para las tres dosificaciones de aditivo de organosilanos respecto a los de la muestra patrón (suelo natural); suscitándose un aumento en su valor, siendo esto beneficioso ya que ha mejorado la capacidad del suelo para resistir las demandas de cargas de tránsito vehicular.

Objetivo específico 3

Determinar la dosificación del aditivo de organosilanos con la cual se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021.

En base a todos los resultados registrados para todos los ensayos físicos y mecánicos para el suelo en estudio, la dosificación de 0.20% de aditivo de organosilano obtuvo los valores óptimos respecto a las otras dos dosificaciones empleadas, y por ende esta dosificación provee de los mejores resultados para la estabilización del suelo en estudio.

VII. RECOMENDACIONES

Para obtener resultados de laboratorio más precisos no se debe restar importancia al procedimiento de extracción de la muestra del suelo, es decir una calicata, ya que no solo basta conocimiento teórico de suelos y sus propiedades, sino también de experiencia para poder seleccionar los puntos de exploración y la profundidad de estos, puesto que de ello dependerá que las muestras obtenidas sean una fiel representación del terreno in situ, caso contrario los resultados podrían ser incoherentes o incluso perjudiciales.

Se recomienda realizar una comparación del aditivo de organosilanos en la marca Terrasil que es el que se utilizó únicamente frente a otros aditivos químicos estabilizantes, haciendo los mismos ensayos con el fin de poder elegir al aditivo químico que demuestre mejores resultados, teniendo en cuenta que se deba cumplir con los parámetros de la estabilización, siendo uno de ellos el factor costo – beneficio, que busca mejores beneficios en un menor costo y que al mismo tiempo garantice el cumplimiento de la el tiempo de vida útil.

Indagar en más investigaciones acerca del aditivo organosilanos para la estabilización de una carretera no pavimentada, así mismo también poder complementar los estudios del aditivo de organosilanos de la influencia en la estabilización de suelos con otros ensayos tales como: Compresión simple, Tracción Indirecta, Corte Directo y Triaxiales.

En base a los estudios de otros materiales estabilizantes se puede proponer la combinación de estos con el aditivo organosilano para la estabilización de suelos, de tal manera que satisfaga los requisitos mínimos que exigen los reglamentos, y a la vez conseguir una alternativa más económica.

Finalmente se recomienda realizar una evaluación in situ, una vez terminada la construcción del suelo estabilizado para así poder comprobar los datos obtenidos en el laboratorio.

REFERENCIAS

9º Congreso Mexicano del Asfalto. *“Uso de Organosilanos en riegos de adherencia entre capas”*. México. 2015.

GUTIÉRREZ Wilfredo. *“Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte”*. Editorial MACRO. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2016.

HUEZO Heber & ORELLANA Alber. *“Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil. 2009.

UGAZ Roxana. *“Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub rasante”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2006.

DE LA CRUZ Dennis. *“Diseño y evaluación de un afirmado estabilizado con emulsión asfáltica, aplicación: carretera Cañete-Chupaca”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2010.

CCORA Jubertt & MONTENEGRO Humberto. *“Estudio comparativo el mejoramiento de la base aplicando estabilizadores: emulsión asfáltica, cal y cemento -carretera cañete- chupaca: tramo km 152+000 - 158+000”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2011.

VILLANUEVA Silvia. *“Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la Sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando Poliacrilamida aniónica, Organosilanos y un Sulfonatado”*. Tesis (Maestría en infraestructura vial con mención en carreteras, puentes y túneles, Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma. 2017.

SARANGO Glenda. *“Estabilización de capas granulares para construcción y mantenimiento vial con organosilanos en la vía colectora E182 (Carchi)”*. Tesis

(Maestría en Geotecnia Aplicada). Ecuador: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingenierías en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. 2019.

RODRÍGUEZ Diego. *“Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y de la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil) de la vía ecológica de Cantón Quevedo, provincia De los Ríos”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. 2016.

RUANO Denis. *“Estabilización de Suelos Cohesivos por medio de Arenas Volcánicas y Cal viva”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. 2012.

CAPARÓ Erick & ESCALANTE Luis. *“Estabilización de suelos con emulsión asfáltica in situ en la Av. Prolongación Andrés Avelino Cáceres, análisis comparativo”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil. 2015.

FLORES Jaime. *“Estabilización de suelos con fines de conformación de la estructura de un pavimento flexible estabilizado con cemento en la ciudad de Juliaca”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. 2015.

GALINDO Camilo & AVELLANEDA Erick. *“Análisis técnico del uso de silicato de sodio para estabilización química de suelos”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería Civil. 2016.

AGUILAR Catherine & BORDA Yeraldin. *“Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos”*. Colombia: Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil. 2015.

CRISTÓBAL Calderón. *“Estabilización iónica de suelos con terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial”*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil. 2015.

HERNÁNDEZ Roberto & FERNÁNDEZ Carlos, BAPTISTA Pilar. *“Metodología de la Investigación”*. Quinta edición. Editorial Mc Graw Hill. México. 2010.

SHUAN Luisa. *“Laboratorio N° 4: Próctor Estándar, Próctor Modificado”*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Laboratorio de Mecánica de Suelos. 2016.

SHUAN Luisa. *“Mecánica de Suelos I: Plasticidad de Suelos”*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento Académico de Ingeniería Geotécnica. 2017.

HURTADO Gladys. *“Laboratorio N° 3: Límites de Consistencia de Atterberg”*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Laboratorio de Mecánica de Suelos. 2017

QUILAMBAQUI Adrian. *“Evaluación del diseño vial urbano utilizando resinas orgánicas para aumentar la capacidad soportante de la estructura de la vía”*. Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería. 2017.

CLEMENTE Lissette & RAMÍREZ Jairo. *“Análisis comparativo de la estabilización del material de la cantera “la negrita” utilizando cemento, Terrasil, Zycobond”*. Ecuador: Universidad estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ingeniería Civil. 2019.

GUTIÉRREZ Jessica & CERÓN Eduardo. *“Análisis de la optimización del suelo de la base con aditivo químico Terrasil para el diseño de pavimentos industriales del almacén de concentrados mineros – almacenes Logisminsa, Ventanilla – Callao”*. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería Civil. 2020.

FERNÁNDEZ Hernán. *“Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de*

Cajamarca". Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Postgrado. 2017.

OLUMUYIWA Aderinola & EMEKA Nnochiri. "*Stabilizing lateritic soil using Terrasil solution*". Nigeria: Federal University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering. 2017.

ANGULO Diego & ROJAS Hember. "*Ensayo de fiabilidad con aditivo proes para la estabilización del suelo en el AA. HH el milagro, 2016*". Perú: Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2016.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. "*Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción*". Perú: Dirección General de caminos y Ferrocarriles. 2015.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. "*Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*". Perú: Dirección General de caminos y Ferrocarriles. 2013.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. "*Manual de ensayo de materiales*". Perú: Dirección General de caminos y Ferrocarriles. 2016.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES E 1109. "*Norma técnica de estabilizadores químicos*". Perú: Dirección General de caminos y Ferrocarriles. 2004.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES E 1109. "*Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*". Perú: Dirección General de caminos y Ferrocarriles. 2014.

SALAS Dante. "*Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base km 11+00 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo*". Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de ingenierías y ciencias puras. 2017.

HUIZA Marcos. "*Mejoramiento de la capacidad de soporte en vías de bajo volumen de tránsito mediante estabilización química. Carretera Puquio –*

Coracora, Ayacucho". Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería Civil. 2019.

VINUEZA César. *"Metodología de diseño de micropavimento de bajo costo para suelo tipo limo orgánico arenoso (OL)"*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de ciencias de la tierra y la construcción. 2014.

THARUNA P. & RAVICHANDRAN P. *"Efficiency of Nano- Materials used as a Soil Stabilizer"*, Journal of Mines, Metals & Fuels, Vol. SRM IST Special Issue Part I. 2018.

KARUMANCHI M. & RANGASWAMY K. *"Stabilization of soft-clay using nanomaterial: Terrasil "*. India: Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Calicut (NIT Calicut). 2020.

VALLE Raul. *"Carreteras, calles y aeropistas"*. Editorial EL ATENEO. Caracas: Sexta Edición. 1976.

JUAREZ E. & RICO A. *"Mecánica de Suelos – tomo II"*. Editorial LIMUSA. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 1973.

JUAREZ E. & RICO A. *"Mecánica de Suelos – tomo II"*. Editorial LIMUSA. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 1979.

BOWLES J. *"Manual de laboratorio de mecánica de Suelos"*. Editorial McGRAW-HILL LATINOAMERICANA. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 1980.

CASTILLO H. & RICO A. *"La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres"*. Editorial LIMUSA. México. 1998.

ANEXOS

Anexo 1: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 16. Zona de extracción de muestra (vista hacia Km+24.00)



Figura 17. Zona de extracción de muestra (vista hacia Km+25.00)



Figura 18. Inspección visual del perfil estratigráfico y verificación de la profundidad de excavación



Figura 19. Extracción de la muestra (calicata a 1.5m de profundidad)



Figura 20. Análisis Granulométrico



Figura 21. Secado de la muestra para el Análisis Granulométrico



Figura 22. Ensayo de Límites de Atterberg



Figura 23. Ensayo para determinar el Limite Plástico



Figura 24. Ensayo Copa de Casa Grande (Límite Líquido)



Figura 25. Secado de la muestra para el ensayo Límites de Atterberg



Figura 26. Dosificación del aditivo Organosilanos en la marca Terrasil



Figura 27. Ensayo Próctor Modificado – muestra sin de aditivo de organosilanos (muestra patrón)



Figura 28. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.10% de aditivo de organosilanos



Figura 29. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.15% de aditivo de organosilanos



Figura 30. Ensayo Próctor Modificado – muestra con 0.20% con aditivo de organosilanos.



Figura 31. Inmersión de la muestra para el ensayo CBR



Figura 32. Ensayo CBR – muestra sin aditivo de organosilanos (muestra patrón)



Figura 33. Ensayo CBR – muestra con 0.10% de aditivo de organosilanos



Figura 34. Ensayo CBR – muestra con 0.15% de aditivo de organosilanos



Figura 35. Ensayo CBR – muestra con 0.20% de aditivo de organosilanos

Anexo 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable Independiente (X) Aditivo de organosilanos	Tipo	• Intensidad media diaria (IMD) • Equivalentes simple axial load (ESAL)	Norma Técnica Peruana 339.611
¿Cuál será el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?	Evaluar el efecto del uso del aditivo de organosilanos en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.	El efecto del uso del aditivo de organosilanos es óptimo en la estabilización de un suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.		Dosificaciones	• 0% de organosilano • 0.10% de organosilano • 0.15% de organosilano • 0.20% de organosilano	• Fuerza Área de los E.E. U.U. (“Soil Stabilization for Pavements”) • Método Illinois • Método TACOMA
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Dependiente (Y) Suelo estabilizado	Propiedades geotécnicas del Afirmado	• Granulometría • CBR (California Bearing Ratio) • Próctor Modificado • L.L. e I.P.	• Tamizado • ASTM D 1883 • Máquina de los Ángeles • ASTM D1557 • ASTM C131 • ASTM D2419
¿Con qué dosificación del aditivo de organosilanos se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?	Determinar la dosificación del aditivo de organosilanos con la cual se logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.	Se determina la dosificación del aditivo de organosilanos que logra tener mejores resultados en la estabilización del suelo para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.		Propiedades mecánicas del Afirmado	• Próctor Modificado • CBR (California Bearing Ratio)	• ASTM D1557 • ASTM D 1883 • ASTM D1633 • AASHTO T283
¿Cuál será la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilanos empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?	Determinar la variación en los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilano empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.	Se optimizan los resultados del ensayo Próctor Modificado para las diferentes dosificaciones del aditivo de organosilanos empleadas, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.		¿Cuáles serán los cambios en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021?	Determinar los cambios en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.	Se producen mejoras en la propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aditivo de organosilanos, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo - 2021.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: MATRIZ OPERACIONAL

“Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+000 - 25+000, Carabayllo – 2021”

VARIABLES	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): ADITIVO DE ORGANOSILANOS	“Molécula capaz de unir químicamente agregados (inorgánico y polar) con el asfalto (mundo orgánico, bitumen), funciona como emulsificante adicional, estabilizando el suelo y reduciendo la tensión superficial; en contacto con el agregado es un agente compatibilizador, mejorando la compatibilidad y acelerando la rotura; tras el proceso de curado es un buen promotor de adherencia pues mejora la resistencia”. (Congreso Mexicano del Asfalto, 2015)	Para entender la variable independiente, se puede desplegar de la siguiente manera mediante sus dimensiones como su caracterización y su óptimo contenido en el suelo estabilizado (dosificación).	Tipo	- Intensidad media diaria (IMD). - Equivalentes simple axial load (ESAL)	De razón
			Dosificación	- 0% de organosilano - 0.10% de organosilano - 0.15% de organosilano - 0.20% de organosilano	De razón
VARIABLE DEPENDIENTE (Y): SUELO ESTABILIZADO	“Las propiedades mecánicas son las características de la estructura y composición de las partículas del agregado o mezcla del producto final que influye sobre la resistencia, comportamiento, las propiedades mecánicas se manifiestan cuando aplicamos una fuerza”. (Rubén G. Frade, 2013)	Para comprender la variable dependiente, se desglosa a través de sus dimensiones que son las propiedades iniciales del agregado a emplear, y la posterior evaluación de sus propiedades mecánicas post-estabilización con aditivo de organosilano.	Propiedades geotécnicas del Agregado	- Granulometría - CBR (California Bearing Ratio) - Próctor Modificado - L.L. e I.P.	De razón
			Propiedades Mecánicas del Suelo Estabilizado con aditivo de Organosilanos	- Próctor Modificado - CBR (California Bearing Ratio)	De razón

Anexo 4: COMPROBANTES DE PAGO

MTL GEOTECNIA S.A.C. CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20600375262 EB01-41					
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 19/05/2021 Señor(es) : NICOLE BRIGGYT LOAYZA VALENCIA DNI : 73633902 Tipo de Moneda : SOLES Observación : PAGO TOTAL							
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER	
1.00	UNIDAD	TESIS: EVALUACION DE UN SUELO ESTABILIZADO CON ADITIVO DE ORGANOSILANOS PARA UNA CARRETERA NO PAVIMENTADA, AV.UNIVERSITARIA KM 24+00- 25+00, CARABAYLLO -2021	720.34	0.00	850.0012	0.00	
Otros Cargos :						S/0.00	
Otros Tributos :						S/0.00	
ICBPER :						S/ 0.00	
Importe Total :						S/850.00	
SON: OCHOCIENTOS CINCUENTA Y 00/100 SOLES							
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :					S/ 720.34
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :					S/ 0.00
					Op. Inafecta :		S/ 0.00
					ISC :		S/ 0.00
					IGV :		S/ 129.66
					ICBPER :		S/ 0.00
					Otros Cargos :		S/ 0.00
					Otros Tributos :		S/ 0.00
					Monto de Redondeo :		S/ 0.00
					Importe Total :		S/ 850.00
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.							

MTL GEOTECNIA S.A.C.

CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA**RUC: 20600375262****EB01-40**

Fecha de Vencimiento :
Fecha de Emisión : **19/05/2021**
Señor(es) : **NICOLE BRIGGYT LOAYZA**
 : **VALENCIA**
DNI : **73633902**
Tipo de Moneda : **SOLES**
Observación : **ADELANTO 50%**

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	TESIS: EVALUACIÓN DE UN SUELO ESTABILIZADO CON ADITIVO DE ORGANOSILANOS PARA UNA CARRETERA NO PAVIMENTADA, AV. UNIVERSITARIA KM 24+00 - 25+00, CARABAYLLO - 2021	720.34	0.00	850.0012	0.00

Otros Cargos : S/0.00
Otros : S/0.00
Tributos :
ICBPER :
Importe Total : S/850.00

SON: OCHOCIENTOS CINCUENTA Y 00/100 SOLES

(*) Sin impuestos.

(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	<input type="text" value="S/ 720.34"/>
Op. Exonerada :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Op. Inafecta :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
ISC :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
IGV :	<input type="text" value="S/ 129.66"/>
ICBPER :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Otros Cargos :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Otros Tributos :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Monto de Redondeo :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Importe Total :	<input type="text" value="S/ 850.00"/>

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

Anexo 5: FORMATOS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Análisis Granulométrico por Tamizado - Contenido de Humedad - Límites de Atterberg - Clasificación de Suelos SUCS y AASHTO (Suelo Natural)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

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

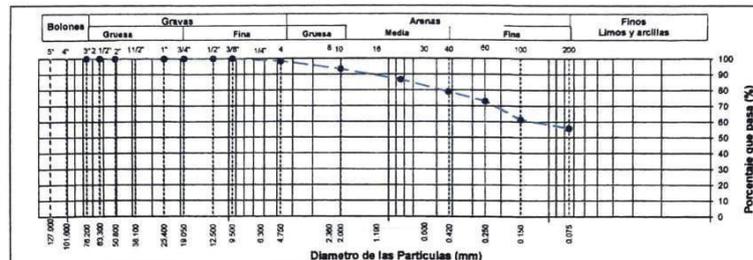
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS

ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	Loayza Valenciano Nicole Brippey		
TESIS	Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de orgánicos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021		
UBICACIÓN	Lima		
CALICATA	C-01		
MUESTRA	M-01		
PROFUNDIDAD	1.50 m		Fecha de ensayo: 27/04/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 5.7 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 27.0 Límite Plástico (LP) 22.0 Índice Plástico (IP) 5.0 Grava (%) 1.7 Arena (%) 42.4 Finos (%) 55.8 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) ML Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (4) Nombre del Grupo Limo con arena INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	100.0		
3/8"	9.500	100.0		
Nº 4	4.750	98.3		
Nº 10	2.000	93.3		
Nº 20	0.840	86.7		
Nº 40	0.425	79.0		
Nº 60	0.250	73.1		
Nº 100	0.150	61.4		
Nº 200	0.075	55.8		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

Resultados del Próctor Modificado (Muestra Patrón)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

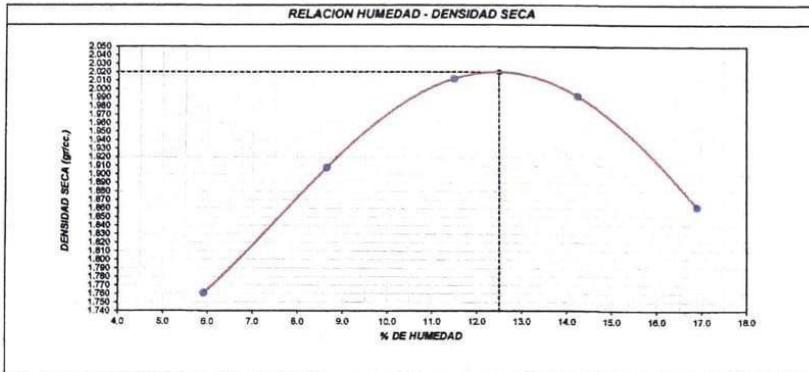
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2016
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1557/ NTP 339.141			

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Brigguy		
TESIS	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021		
UBICACIÓN	: Lima	Fecha de ensayo:	27/04/2021
SONDEO	: C1 (PATRÓN)	MÉTODO:	<input type="checkbox"/>
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

Volumen Molde	2118	cm ³
Peso Molde	6760	gr

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 10.742	11.182	11.544	11.812	11.401
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 3.952	4.392	4.754	4.822	4.811
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1.865	2.073	2.244	2.276	2.178
Recipiente Numero					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 844.0	966.0	788.7	839.5	925.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 810.0	909.8	734.8	761.2	825.8
Peso de la Tara	gr. 234.7	290.5	285.5	211.6	234.2
Peso del agua	gr. 34.0	56.2	54.0	78.3	100.0
Peso del suelo seco	gr. 575	649	469	550	591.6
Contenido de agua	% 5.9	8.7	11.5	14.2	16.9
Densidad Seca	gr/cc 1.761	1.908	2.012	1.992	1.861

Densidad Máxima Seca:	2.020	gr/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	12.60	%
------------------------------	-------	--------------------	----------------------------------	-------	---



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

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

Resultados del Próctor Modificado (0.10% Dosificación de Organosilano)

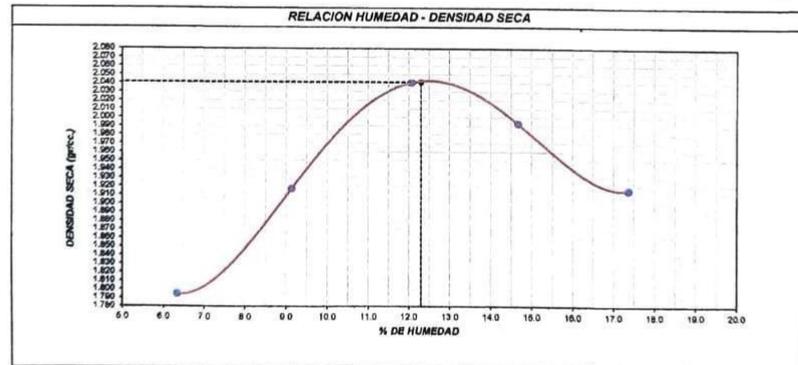
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1557/ NTP 339.141			

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Briggyl		
TESIS	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021		
UBICACIÓN	: Lima	Fecha de ensayo:	27/04/2021
SONDEO	: C1 (0.1% TERRASIL)	MÉTODO:	C
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.		

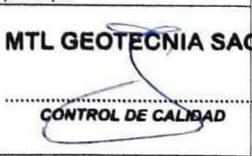
Volumen Molde	2119	cm ³
Peso Molde	6790	gf.

NUMERO DE ENSAYOS					
	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 10,834	11,222	11,635	11,633	11,554
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 4,044	4,432	4,845	4,843	4,764
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1,908	2,092	2,286	2,286	2,246
Recipiente Numero	-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 869.5	896.5	805.6	848.5	878.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 831.2	841.2	745.6	769.8	784.2
Peso de la Tara	gr. 226.5	235.6	248.2	233.2	241.2
Peso del agua	gr. 38.3	55.3	60.0	78.7	94.3
Peso del suelo seco	gr. 605	606	497	537	543.0
Contenido de agua	% 6.3	9.1	12.1	14.7	17.4
Densidad Seca	gr/cc 1.795	1.917	2.040	1.993	1.916

Densidad Máxima Seca:	2.041	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	12.30	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



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

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

Resultados del Próctor Modificado (0.15% Dosificación de Organosilano)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

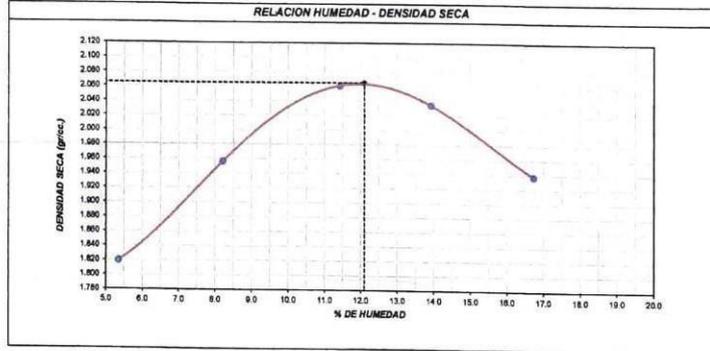
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1557/ NTP 339.141			

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Briggyl		
PROYECTO	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021		
UBICACIÓN	: Lima	Fecha de ensayo:	27/04/2021
SONDEO	: C1 (0.15% TERRASIL)	MÉTODO:	C
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.6 m.		

Volumen Molde	2110	cm ³
Peso Molde	8790	gr.

NÚMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 10,851	11,275	11,656	11,702	11,584
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 4,061	4,485	4,866	4,912	4,794
Peso Volumétrico Humedo	gr. 1,919	2,117	2,296	2,318	2,282
Recipiente Numero	-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 856.2	875.4	839.6	841.2	854.7
Peso Suelo Saco + Tara	gr. 824.8	827.3	776.1	768.5	764.9
Peso de la Tara	gr. 233.1	241.5	220.2	230.5	228.4
Peso del agua	gr. 31.6	48.1	63.5	74.7	69.8
Peso del suelo seco	gr. 592	586	556	536	538.5
Contenido de agua	% 5.3	8.2	11.4	13.9	16.7
Densidad Seca	gr/cc 1.819	1.956	2.061	2.035	1.938

Densidad Máxima Seca:	2.065	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	12.10	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



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

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

Resultados del Próctor Modificado (0.20% Dosificación de Organosilano)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

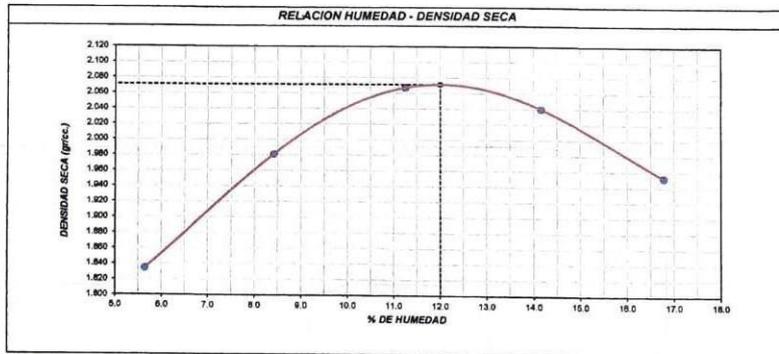
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2018
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1557/ NTP 339.141			

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Briggly		
TESIS	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021		
UBICACIÓN	: Lima	Fecha de ensayo:	27/04/2021
SONDEO	: C1 (0.2 TERRASIL)	MÉTODO:	C
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.		

Volumen Molde	2119	cm ³
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 10,898	11,341	11,683	11,725	11,621
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 4,106	4,551	4,873	4,935	4,831
Peso Volumétrico Humedo	gr. 1,938	2,148	2,300	2,329	2,280
Recipiente Numero	-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 839.6	848.5	859.8	855.2	849.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 806.8	801.2	796.2	778.9	781.2
Peso de la Tara	gr. 221.5	239.5	231.2	240.3	236.9
Peso del agua	gr. 33.0	47.3	63.6	76.3	88.0
Peso del suelo seco	gr. 585	562	565	539	524.3
Contenido de agua	% 5.6	8.4	11.3	14.2	16.8
Densidad Seca	gr/cc 1.834	1.981	2.067	2.040	1.952

Densidad Máxima Seca:	2.071	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	12.00	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



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

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

Resultados del CBR (Muestra Patrón)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

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

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

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Loayza Valencia Nicole Briggly		
PROYECTO	Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayillo - 2021		
UBICACIÓN	Lima		
SONDEO	: C1 (PATRÓN)	Fecha de ensayo:	30/04/2021
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.		

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	B		D		A	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.858		12.876		12.928	
Peso molde (gr.)	7.855		8.251		8.545	
Peso suelo compactado (gr.)	4.803		4.625		4.383	
Volumen del molde (cm³)	2.105		2.131		2.116	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.282		2.170		2.071	
Humedad (%)	12.6		12.6		12.5	
Densidad Seca (gr./cm³)	2.028		1.928		1.841	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	589.8		548.8		521.4	
Tara+suelo seco (gr.)	505.9		487.2		463.5	
Peso de agua (gr.)	63.9		61.3		57.9	
Peso de tara (gr.)			487.2		463.5	
Peso de suelo seco (gr.)	505.9		487.2		463.5	
Humedad (%)	12.6		12.6		12.5	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
27-Abr	12:25	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	10	0.00	0.00
28-Abr	12:25	24	13	0.08	0.07	16	0.10	0.09	15	0.13	0.11
29-Abr	12:25	48	15	0.13	0.11	19	0.18	0.15	17	0.18	0.15
30-Abr	12:25	72	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	19	0.23	0.20

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	B				D				A			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		20	1.0			14	0.7			5	0.3		
0.050		47	2.4			33	1.7			11	0.6		
0.075		83	4.2			58	3.0			20	1.0		
0.100	70.307	117	5.9	6.0	6.5	82	4.2	4.5	6.8	29	1.5	1.7	2.4
0.150		187	9.5			131	6.7			46	2.3		
0.200	105.460	257	13.1			180	9.1			63	3.2		
0.300		372	18.9			260	13.2			91	4.6		
0.400		487	23.7			327	16.8			114	5.8		
0.500		523	26.5			366	18.6			128	6.5		

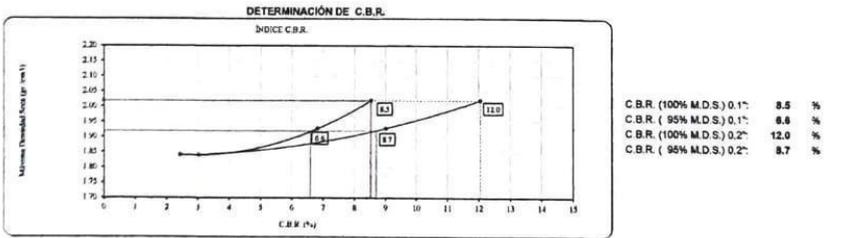
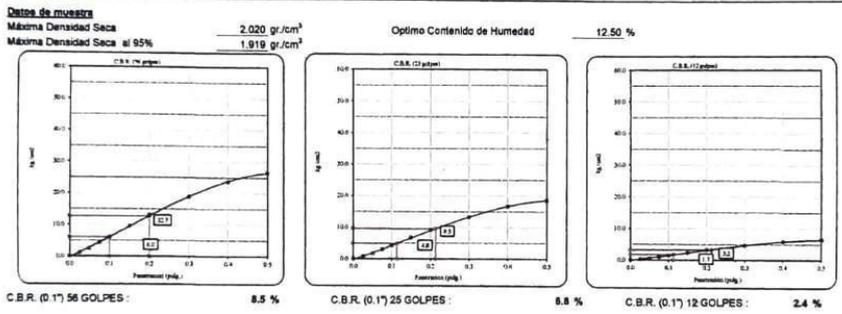
OBSERVACIONES:
 * Según la Tabla 7 de la Norma CE.010, los resultados obtenidos cumplen con el requisito mínimo (80%) para ser aceptado.
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

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

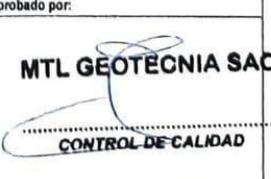
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Loayza Valencia Nicole Briggys		
PROYECTO	Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021		
UBICACIÓN	Lima		
SONDEO	: C1 (PATRÓN)	Fecha de ensayo:	30/04/2021
MUESTRA	: M1		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.		



OBSERVACIONES:

- * Según la Tabla 7 de la Norma CE.010, los resultados obtenidos cumplen con el requisito mínimo (80%) para ser aceptado.
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

Resultados del CBR (0.10% Dosificación de Organosilano)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

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

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

REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Loayza Valencia Nicole Briggly		
PROYECTO	Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021		
UBICACIÓN	Lima		
SONDEO	C1 (0.1% TERRASIL)	Fecha de ensayo:	30/04/2021
MUESTRA	M1		
PROFUNDIDAD	1.5 m.		

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	F		E		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,608		12,414		12,741	
Peso molde (gr.)	7,774		7,786		8,336	
Peso suelo compactado (gr.)	4,834		4,628		4,405	
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,108		2,135	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,296		2,198		2,063	
Humedad (%)	12.3		12.2		12.2	
Densidad Seca (gr./cm³)	2,046		1,959		1,839	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	552.9		538.8		508.5	
Tara+suelo seco (gr.)	492.5		478.5		453.1	
Peso de agua (gr.)	60.4		58.3		55.4	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	492.5		478.5		453.1	
Humedad (%)	12.3		12.2		12.2	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
27-Abr	12:25	0	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00	9	0.00	0.00
28-Abr	12:25	24	15	0.08	0.07	15	0.10	0.09	14	0.13	0.11
29-Abr	12:25	48	16	0.10	0.09	17	0.15	0.13	16	0.18	0.15
30-Abr	12:25	72	17	0.13	0.11	16	0.18	0.15	18	0.23	0.20

PENETRACIÓN												
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm²)	F				E				Molde N° 10		
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²
0.025		30	1.5			21	1.1			7	0.4	
0.050		70	3.5			49	2.5			17	0.9	
0.075		118	6.0			83	4.2			29	1.5	
0.100	75.307	169	8.6	8.6	19.2	118	6.0	6.9	9.8	41	2.1	2.3
0.150		261	13.3			183	9.3			64	3.2	
0.200	106.460	346	17.6			242	12.3			85	4.3	
0.300		475	24.1			332	16.9			118	5.9	
0.400		576	28.3			403	20.6			141	7.2	
0.500		680	34.6			476	24.2			167	8.6	

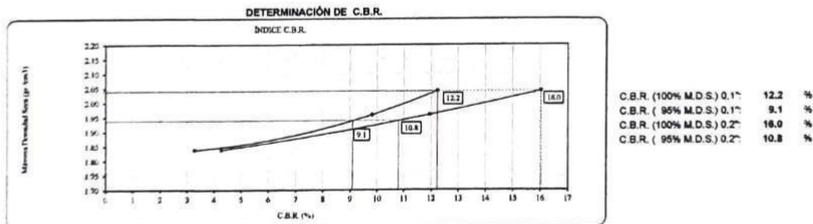
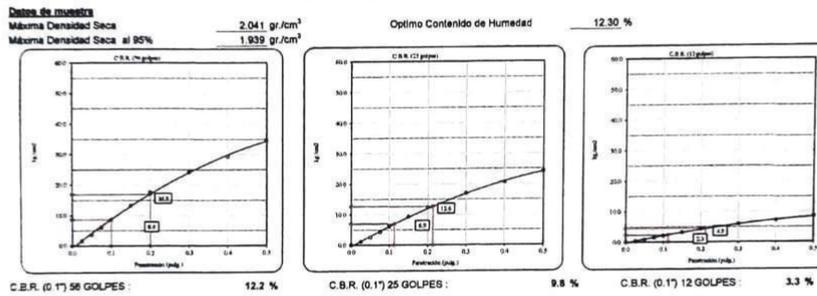
OBSERVACIONES:
 * Según la Tabla 7 de la Norma CE 010, los resultados obtenidos cumplen con el requisito mínimo (80%) para ser aceptado.
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

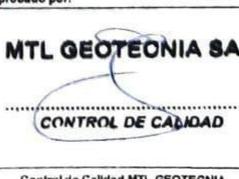
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-M9-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2016

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

REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	Datos de laboratorio Loayza Valencia Nicole Briggyl Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilicenos para una carretera no pavimentada. Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021
UBICACIÓN	Lima
SONDEO	C1 (0.1% TERRASIL) Fecha de ensayo: 30/04/2021
MUESTRA	M1
PROFUNDIDAD	1.5 m.



OBSERVACIONES:
 • Según la Tabla 7 de la Norma CE.010, los resultados obtenidos cumplen con el requisito mínimo (80%) para ser aceptado.
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

Resultados del CBR (0.15% Dosificación de Organosilano)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

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

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

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Briggys
PROYECTO	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021
UBICACIÓN	: Lima
SONDEO	: C1 (0.15% TERRASIL) Fecha de ensayo: 30/04/2021
MUESTRA	: M1
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)							
Molde N°	25		16		21		
Número de capas	5		5		5		
Número de golpes	50		25		12		
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso suelo + molde (gr.)	12,010		12,898		12,113		
Peso molde (gr.)	7,128		7,825		7,734		
Peso suelo compactado (gr.)	4,882		4,783		4,379		
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,148		2,113		
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,319		2,217		2,072		
Humedad (%)	12.2		12.2		12.1		
Densidad Seca (gr./cm³)	2,067		1,977		1,848		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Tara+suelo húmedo (gr.)	562.4		524.9		522.8		
Tara+suelo seco (gr.)	501.2		468.0		466.2		
Peso de agua (gr.)	61.2		56.9		56.6		
Peso de tara (gr.)							
Peso de suelo seco (gr.)	501.2		468.0		466.2		
Humedad (%)	12.2		12.2		12.1		
EXPANSIÓN							
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		
			mm	%	mm	%	
27-Abr	12:25	0	15	0.00 0.00	14	0.00 0.00	
28-Abr	12:25	24	17	0.05 0.04	17	0.08 0.07	
29-Abr	12:25	48	18	0.08 0.07	18	0.10 0.09	
30-Abr	12:25	72	19	0.10 0.09	20	0.15 0.13	
PENETRACIÓN							
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 25		Molde N° 16		Molde N° 21	
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg/cm²	CBR %
0.025		41	2.1	29	1.5	10	0.5
0.050		109	5.5	76	3.9	27	1.4
0.075		182	9.2	127	6.5	45	2.3
0.100	70.307	249	12.8	174	8.9	61	3.1
0.150		406	20.8	284	14.4	99	5.0
0.200	105.460	529	28.9	370	18.8	130	6.8
0.300		689	36.0	482	24.5	169	8.8
0.400		806	40.9	564	28.6	197	10.0
0.500		1012	51.4	700	36.0	246	12.6

OBSERVACIONES:

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

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

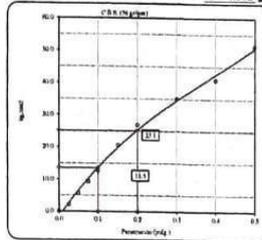
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

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

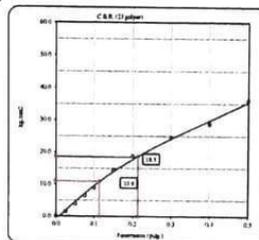
REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Brigglyt
PROYECTO	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021
UBICACIÓN	: Lima
SONDEO	: C1 (0.15% TERRASIL)
MUESTRA	: M1
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.
	Fecha de ensayo: 30/04/2021

Datos de muestra

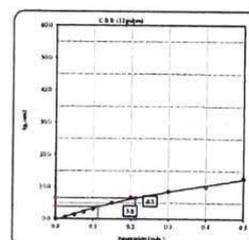
Máxima Densidad Seca 2.065 gr/cm^3 Óptimo Contenido de Humedad 12.10%
Máxima Densidad Seca al 95% 1.982 gr/cm^3



C.B.R. (0.17) 58 GOLPES: **19.2 %**

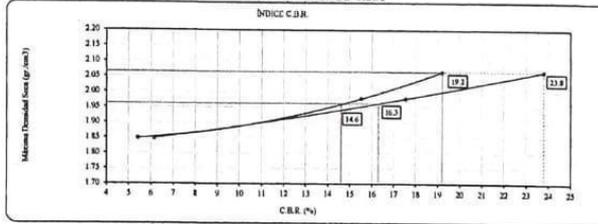


C.B.R. (0.17) 25 GOLPES: **18.5 %**



C.B.R. (0.17) 12 GOLPES: **8.4 %**

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **19.2 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **14.6 %**
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **23.8 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **16.3 %**

OBSERVACIONES:

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

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 210300	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Resultados del CBR (0.20% Dosificación de Organosilano)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

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

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

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Loeyza Valencia Nicole Briggyl
TESIS	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada. : Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabaylo - 2021
UBICACIÓN	: Lima
SONDEO	: C1 (0.2 TERRASIL) Fecha de ensayo: 30/04/2021
MUESTRA	: M1
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	18	15	19										
Número de capas	5	5	5										
Número de golpes	56	25	12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	BATURADO	NO SATURADO	BATURADO	NO SATURADO	BATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	12,651		12,888		12,188								
Peso molde (gr.)	7,760		8,129		7,752								
Peso suelo compactado (gr.)	4,891		4,759		4,436								
Volumen del molde (cm³)	2,105		2,141		2,130								
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,324		2,223		2,083								
Humedad (%)	11.9		12.0		12.0								
Densidad Seca (gr./cm³)	2,078		1,985		1,860								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	551.5		519.8		522.8								
Tara+suelo seco (gr.)	492.8		464.2		466.8								
Peso de agua (gr.)	58.7		55.6		56.0								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	492.8		464.2		466.8								
Humedad (%)	11.9		12.0		12.0								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Expansión							
		Hr		mm	%	mm	%						
27-Abr	12:25	0	14	0.00	0.00	14	0.00						
28-Abr	12:25	24	16	0.05	0.04	18	0.10						
29-Abr	12:25	48	17	0.08	0.07	21	0.18						
30-Abr	12:25	72	17	0.08	0.07	22	0.20						
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde Nº 18				Molde Nº 15				Molde Nº 19			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección		
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		51	2.8			36	1.8			12	0.6		
0.050		151	7.7			106	5.4			37	1.8		
0.075		230	11.7			161	8.2			56	2.8		
0.100	70.307	297	15.1	17.8	28.3	208	10.6	14.4	20.8	73	3.7	4.9	7.0
0.150		584	29.7			409	20.8			143	7.3		
0.200	105.460	714	38.3			500	25.4			175	8.9		
0.300		905	46.0			634	32.2			222	11.3		
0.400		1032	52.4			722	36.7			253	12.8		
0.500		1182	60.0			827	42.0			290	14.7		

OBSERVACIONES:

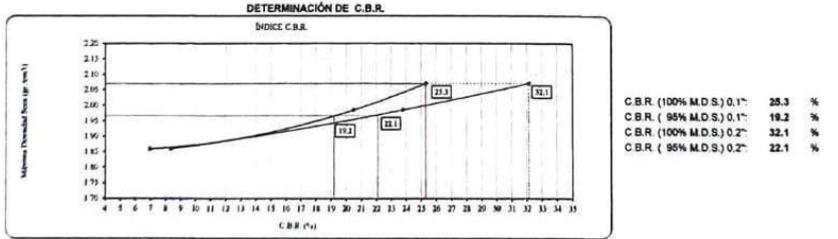
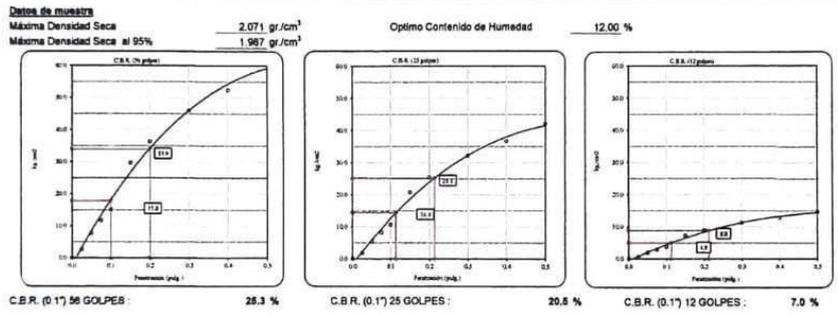
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

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

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

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE	: Loayza Valencia Nicole Briggys	
TESIS	: Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada.	
	: Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo - 2021	
UBICACIÓN	: Lima	
SONDEO	: C1 (D 2 TERRASIL)	Fecha de ensayo: 30/04/2021
MUESTRA	: M1	
PROFUNDIDAD	: 1.5 m.	



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

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

Certificado de Acreditación del Laboratorio (INACAL)

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°04-16/INACAL-DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a modificaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe consultarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (OMA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Certificado de Calibración (Prensa CBR)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-06445-2021

PROFORMA : 2506A

Fecha de emisión : 2021 - 05 - 06

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

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

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR
Marca : NO INDICA
Modelo : 315-X6
N° Serie : HIM0198
Intervalo de indicación : 5000 kg
Resolución : 0,1 kg
Procedencia : No indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2021 - 04 - 26

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	23,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	69,0%	70,0%

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

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

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

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Jr. Condesa de Lemos Nº117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	TC-0593-2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kg)	Lectura Convencionalmente Verdadera (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
500,0	487,0	-13,0	0,1
1000,0	975,0	-25,0	0,1
1500,0	1436,5	-63,5	0,1
2000,0	1944,0	-96,0	0,1
2500,0	2463,0	-37,0	0,1
3000,0	2964,5	-35,5	0,1
3500,0	3464,5	-35,5	0,1
4000,0	3944,0	-96,0	0,1
4500,0	4434,5	-65,5	0,1
5000,0	4945,3	-54,7	0,1

OBSERVACIONES:

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

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

FIN DEL DOCUMENTO



Certificado de Calibración (Horno)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 06447 - 2021

Proforma : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-07

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

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

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY
Modelo : YC0-010
N° de Serie : 510847
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : No indica
TIPO DE INDICADOR : DIGITAL
Alcance : Tamb + 5 °C a 250 °C
Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Alcance : 0 °C a 250 °C
Resolución : 1 °C
Fecha de Calibración : 2021-04-26

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

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

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

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

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	73,5 %/hr	71,6 %/hr
Voltaje	219 V	220 V

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lc. Nicolás Ramos Pizarro
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,12 °C hasta 0,15 °C	LT-0263-2020
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,13 °C hasta 0,16 °C	LT-0264-2020
Patrones de Referencia de la SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,13 °C hasta 0,16 °C	LT-0265-2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	30 min	60 min	30 %	MUESTRAS PIEDRAS

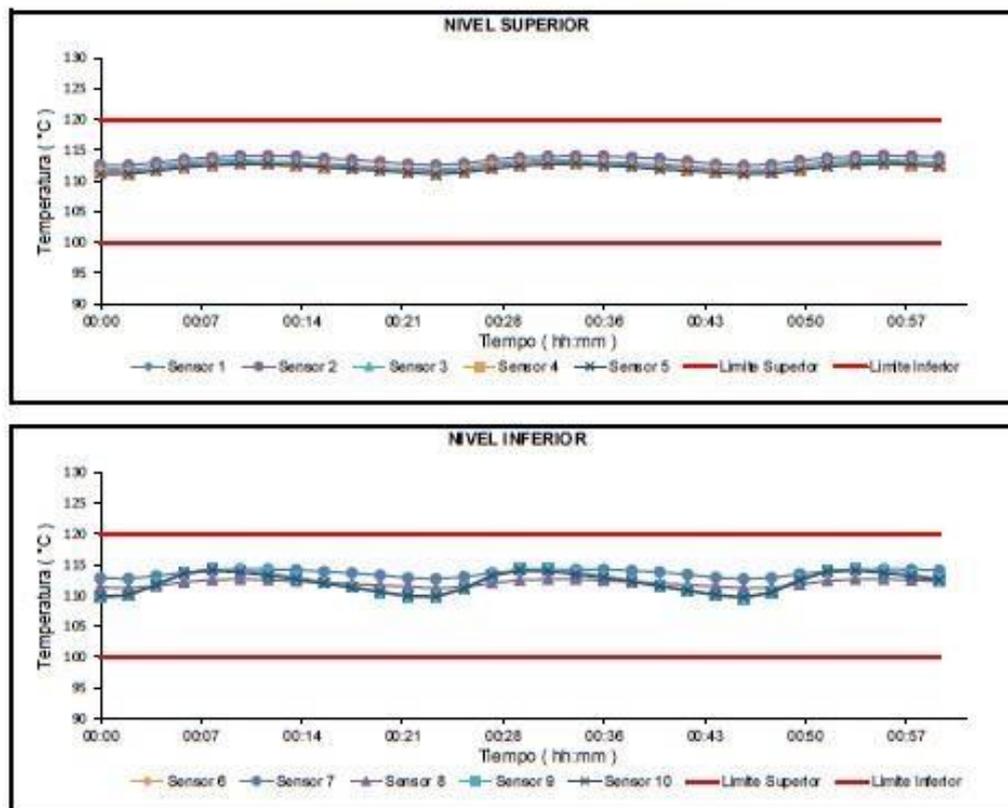
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Homo (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110	111,6	112,6	111,9	111,3	111,1	109,8	112,8	111,3	109,8	109,8	111,2	3,1
00:02	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,1	110,0	112,7	111,2	110,0	110,1	111,2	2,8
00:04	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,6	111,8	113,2	111,5	111,9	111,7	112,0	1,6
00:06	110	112,5	113,5	113,0	112,2	112,2	113,5	113,7	112,2	113,7	113,6	113,0	1,5
00:08	110	112,9	113,8	113,3	112,6	112,5	114,1	114,0	112,5	114,3	114,1	113,4	1,8
00:10	110	113,0	114,1	113,3	112,7	112,7	114,0	114,3	112,6	114,2	113,8	113,5	1,7
00:12	110	112,9	114,1	113,2	112,6	112,7	113,6	114,3	112,6	113,6	113,2	113,3	1,7
00:14	110	112,7	114,0	113,1	112,3	112,5	112,9	114,2	112,3	112,9	112,7	113,0	1,9
00:16	110	112,6	113,7	112,8	112,1	112,2	112,2	113,9	112,1	112,1	112,0	112,6	1,9
00:18	110	112,3	113,5	112,5	111,9	112,0	111,4	113,7	111,9	111,3	111,3	112,2	2,4
00:20	110	112,0	113,1	112,2	111,7	111,6	110,7	113,3	111,7	110,6	110,6	111,7	2,7
00:22	110	111,7	112,7	112,0	111,4	111,3	109,9	112,9	111,4	109,8	110,0	111,3	3,1
00:24	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,0	109,8	112,7	111,1	109,7	109,9	111,1	3,0
00:26	110	111,8	112,8	112,1	111,4	111,4	111,2	113,0	111,4	111,2	111,1	111,7	1,9
00:28	110	112,4	113,4	112,9	112,1	112,0	113,2	113,6	112,0	113,3	113,2	112,8	1,7
00:30	110	112,9	113,8	113,2	112,5	112,4	114,1	114,0	112,5	114,3	114,1	113,4	1,9
00:32	110	113,0	114,0	113,4	112,7	112,6	114,1	114,2	112,7	114,3	113,9	113,5	1,7
00:34	110	113,0	114,0	113,3	112,7	112,8	113,8	114,2	112,7	113,8	113,4	113,4	1,6
00:36	110	112,9	114,0	113,1	112,5	112,5	113,2	114,2	112,4	113,1	112,9	113,1	1,8
00:38	110	112,7	113,8	112,9	112,2	112,3	112,4	114,0	112,2	112,4	112,2	112,7	1,8
00:40	110	112,4	113,6	112,8	112,0	111,9	111,6	113,8	112,0	111,6	111,5	112,3	2,3
00:42	110	112,1	113,2	112,4	111,8	111,7	110,9	113,4	111,8	110,8	110,8	111,9	2,6
00:44	110	111,8	112,7	112,0	111,4	111,4	110,2	112,9	111,4	110,0	110,1	111,4	2,9
00:46	110	111,5	112,5	111,8	111,2	111,1	109,6	112,7	111,2	109,5	109,7	111,1	3,2
00:48	110	111,6	112,6	111,9	111,3	111,2	110,5	112,8	111,3	110,5	110,5	111,4	2,3
00:50	110	112,2	113,3	112,6	111,8	111,7	112,5	113,5	111,8	112,6	112,5	112,5	1,7
00:52	110	112,7	113,7	113,1	112,4	112,3	113,8	113,9	112,4	114,0	113,9	113,2	1,7
00:54	110	113,0	114,0	113,4	112,6	112,6	114,2	114,2	112,6	114,3	114,1	113,5	1,7
00:56	110	113,0	114,1	113,4	112,7	112,8	113,9	114,3	112,7	114,0	113,6	113,5	1,6
00:58	110	113,0	114,0	113,2	112,5	112,7	113,4	114,2	112,5	113,4	113,1	113,2	1,7
01:00	110	112,8	113,9	113,0	112,3	112,4	112,7	114,1	112,3	112,7	112,5	112,9	1,7
T. PROM	110,0	112,4	113,4	112,7	112,0	112,0	112,2	113,6	112,0	112,2	112,1	112,5	2,1
T. MAX	110,0	113,0	114,1	113,4	112,7	112,8	114,2	114,3	112,7	114,3	114,1	113,5	3,2
T. MN	110,0	111,5	112,5	111,8	111,2	111,0	109,6	112,7	111,1	109,5	109,7	111,1	1,5
DIT	0,0	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	4,5	1,6	1,5	4,8	4,4	2,4	1,7



RESULTADOS DE MEDICIÓN

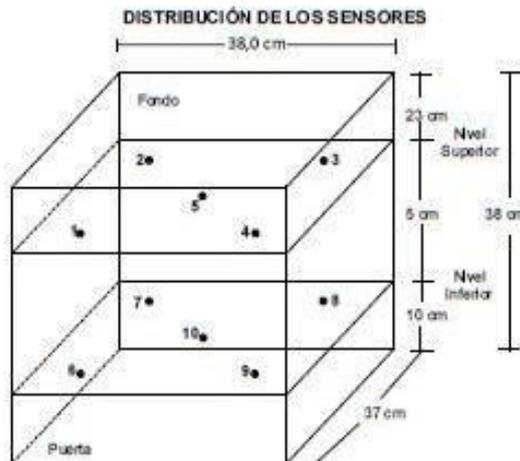
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,3	0,5
Mínima Temperatura Medida	109,5	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,8	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,6	0,2
Estabilidad Medida (±)	2,42	0,04
Uniformidad Medida	3,2	0,2

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los límites especificados de temperatura.





FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
 Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 15 cm por encima de la base.
 Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 10 cm por encima de la base.
 Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo del equipo.

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

Tmax: Temperatura máxima.

Tmin: Temperatura mínima.

DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isotermo: 1,2 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Certificado de Calibración (Balanza 2200g)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 07121 - 2021

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC22016
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,01 g
Clase de Exactitud : I
Capacidad Mínima : 1 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2021-04-26

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

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

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

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

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II", Cuarta Edición - Abril 2010, SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad.

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de DM-NACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-143-2020 Julio 2020
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2020 Agosto 2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

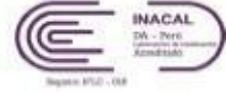
Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	74 %	73 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 100,00	7	-2	1	2 200,000	2 199,99	2	-7
2		1 100,00	8	-3	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,99	2	-7	3		2 200,00	7	-2
4		1 100,00	7	-2	4		2 199,99	2	-7
5		1 100,00	8	-3	5		2 200,00	8	-3
6		1 100,00	9	-4	6		2 200,00	9	-4
7		1 100,00	8	-3	7		2 199,99	2	-7
8		1 099,99	3	-8	8		2 200,00	7	-2
9		1 100,00	8	-3	9		2 199,99	3	-8
10		1 099,99	2	-7	10		2 199,99	2	-7
Emáx - Emin (mg)				6	Emáx - Emin (mg)				7
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				30

Certificado de Calibración (Balanza 30 000g)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 07123 - 2021

PROFORMA : 2506A Fecha de emisión : 2021-05-05

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CALLA MADRID NRO. 284 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : OHAUS
Modelo : NO INDICA
N° de Serie : NO INDICA
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 1 g
División de Verificación : 1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 50 g
Procedencia : CHINA
N° de Parte : NO INDICA
Identificación : No indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 8 °C
Fecha de Calibración : 2021-04-26

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

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

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

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

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II, Cuarta Edición - Abril 2010, SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad.

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lc. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado de Calibración
TC - 07123 - 2021

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2020 Agosto 2020
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133-2020 Julio 2020
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-134-2020 Julio 2020
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-135-2020 Julio 2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,3 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	71 %	73 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	15 000	0,6	-0,1	1	30 000	30 000	0,3	0,2
2		15 000	0,4	0,1	2		30 000	0,3	0,2
3		15 000	0,5	0,0	3		30 000	0,2	0,3
4		15 000	0,4	0,1	4		30 000	0,1	0,4
5		15 000	0,6	-0,1	5		30 000	0,8	0,7
6		15 001	0,8	0,7	6		30 001	0,7	0,8
7		15 000	0,4	0,1	7		30 000	0,2	0,3
8		15 000	0,5	0,0	8		30 000	0,3	0,2
9		15 000	0,4	0,1	9		30 001	0,7	0,8
10		15 000	0,4	0,1	10		30 000	0,2	0,3
Emáx - Emin (g)				0,8	Emáx - Emin (g)				0,6
error máximo permitido (±g)				2,0	error máximo permitido (±g)				3,0



