



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de  
Yumpe – Huayllacayan – Ancash, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Arce Palacios, Ever Junior (ORCID: 0000-0002-7117-5639)

**ASESOR:**

Dr. Córdova Salcedo, Felimón Domingo (ORCID: 0000-0003-0338-5156)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**2019**

### **Dedicatoria**

A mi padre Everson Arce Laredo y a mi madre Bertha Sulema Palacios Rivera, por su apoyo incondicional, por su ayuda y comprensión en cada momento de mi vida, para poder salir adelante.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios, a mi familia por fortificar mis ideales y valores y por su soporte invaluable e incondicional durante todo este proyecto.

Al Doctor. Ingeniero Felimón Córdova Salcedo por el apoyo y las instrucciones brindadas hacia este trabajo.

## **Página del Jurado**



## Declaratoria de Autenticidad



### Declaratoria de Originalidad del Autor


Yo, **ARCE PALACIOS, Ever Junior** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yumpe – Huayllacayan – Ancash, 2019”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 16 de julio de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>ARCE PALACIOS, Ever Junior</b>	
DNI: 76337093	Firma 
ORCID: 0000-0002-7117-5639	

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Índice.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	23
2.1. Diseño, Tipo y Enfoque investigación .....	24
2.2. Variables y Operacionalización .....	26
2.3. Población y Muestra .....	29
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	32
2.5. Procedimiento .....	33
2.6. Método de análisis de datos .....	91
2.7. Aspectos éticos .....	91
III. RESULTADOS .....	92
IV. DISCUSIÓN.....	101
V. CONCLUSIONES.....	105
VI. RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIAS .....	112
ANEXOS .....	122

## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis, se realizó la investigación para impulsar el uso del material propio de la zona de estudio, que está conformado en su gran mayoría por un tipo de suelo arcilloso, para lo cual se realizó la aplicación de 3 aditivos químicos, para mejorar las capacidades mecánicas del suelo en su estado natural. Con un objetivo general de: Determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos en el centro poblado de Yumpe – 2019, con un diseño de investigación experimental, y de tipo aplicada. Se realizó la manipulación de la variable independiente con la extracción de suelo natural de la zona de estudio de 3 calicatas realizadas, con una población definida de todos los especímenes de suelo estabilizado en el laboratorio Ingeocontrol, y una muestra de 87 especímenes de suelo natural. Dicha muestra fue sometida a ensayos de granulometría para determinar su clasificación en estado natural, posteriormente determinar el índice de CBR del suelo natural y el suelo estabilizado con los aditivos químicos Proes, Terrasil y Eco Road 2000 + cemento, para ser comparados. La clasificación del suelo natural en las 3 calicatas realizadas se determinó según Aashto A-7-6, y según Sucs SC - arcilla de baja plasticidad, con un CBR en estado natural promedio de 9.7%, y un índice de CBR máximo de 105.30% en la calicata 3, con adición de aditivo Eco Road 2000 + 40kg cemento/m<sup>3</sup>. Se determina que la estabilización de suelos con aditivos químicos incrementa el CBR comparado al suelo natural, mejorando la calidad del suelo para ser empleado como base de una infraestructura vial, Se determinó que la aplicación de aditivos químicos incide de forma positiva en la expansión del suelo natural y la estabilización de suelos incide de forma positiva en la reducción del contenido de humedad.

**Palabras claves:** Aditivos Químicos, Estabilización de suelos, Capacidad de Soporte.

## ABSTRACT

In this thesis work, the research was conducted to promote the use of material from the study area, which is mostly made up of a type of clay soil, for which the application of 3 chemical additives was made, to improve the mechanical capacities of the soil in its natural state. With a general objective of: To determine the influence of the application of chemical additives in the stabilization of soils in the center town of Yumpe - 2019, with an experimental research design, and of an applied type. The manipulation of the independent variable was carried out with the extraction of natural soil from the study area of 3 test pits, with a defined population of all the stabilized soil specimens in the Ingeocontrol laboratory, and a sample of 87 specimens of natural soil. Said sample was subjected to granulometry tests to determine its classification in natural state, later to determine the CBR index of natural soil and stabilized soil with the chemical additives Proes, Terrasil and Eco Road 2000 + cement, to be compared. The classification of the natural soil in the 3 pits was determined according to Aashto A-7-6, and according to Sucs SC - clay of low plasticity, with a CBR in natural state average of 9.7%, and a maximum CBR index of 105.30% in pit 3, with the addition of Eco Road 2000 + 40kg cement / m<sup>3</sup> additive. It is determined that the stabilization of soils with chemical additives increases the CBR compared to natural soil, improving the quality of the soil to be used as a base for a road infrastructure. It was determined that the application of chemical additives has a positive effect on the expansion of the soil natural and soil stabilization has a positive impact on the reduction of moisture content.

**Keywords:** Chemical Additives, Soil Stabilization, Support Capacity.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **Realidad Problemática**

En los últimos años, el transporte ha ido ganando una importancia cada vez mayor en los países desarrollados e industrializados en los cuales se ha transformado en una actividad necesaria y básica en los sectores económico y social. Desde el punto de vista económico, el transporte tiene como principal función poner en contacto a productos y consumidores, generando la especialización productiva y el libre acceso de los consumidores a una mayor y mejora variedad de productos. Además, cumple con una función social, ya que el transporte permite el normal y próspero desarrollo de las relaciones humanas.

En el conocido periódico virtual DIARIO OPINION-Ecuador (Machala), publicaron los asentamientos que presento una zona pavimentada, la cual se resumen.

[...] Cuatro asentamientos se presentaron en la vía Girón, [...] Este hecho fue generado por la variedad de suelos sobre la que está construida la pavimentación, [...] Una cantidad del 5% son suelos cohesivos, lo cual provoco grietas por posibles filtraciones en la base y sub ase del pavimento flexible, [...] los asentamientos alcanzaban una longitud de 100 a 120 metros de longitud, este problema no se hizo esperar y se realizaron los trabajos de reparación, el trabajo se ejecutó en el kilómetro 92 al 95, y en el kilómetro 92+600 – 92+700 se tuvo que realizar el corte de la carpeta asfáltica, extraer la base, sub base, y realizar la estabilización adecuada para la nueva pavimentación [...] (2018).

Las pavimentaciones existentes están propensas a sufrir asentamientos si no se realizaron los trabajos de mejoramiento de manera eficaz, debido a esto la incomodidad que sufren los que circulan por esta vía son los más afectados, generándose problemas, también accidentes vehiculares, verificar la calidad de la subrasante sobre el que se construirá la infraestructura vial debe ser una acción preventiva, es decir prevenir los daños o fallas que puedan generarse por no realizar ya sea un reemplazo de material propio, por material de cantera, o también una estabilización de suelo natural de la zona de trabajo, es por ello que se debe prevenir estos hechos para no estar realizando acciones de mantenimiento a un corto, mediano o largo plazo después de ejecutar el proyecto.

En el planteamiento del problema mencionado por: De la Cruz, Salcedo (2016), en su investigación: “Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín”.

[...] [En el sector urbano de Huancayo, debido al descontrolado aumento de los vehículos, ha implicado a realizar el mejoramiento de sus distintas vías de acceso (trochas carrózales, pavimentos rígidos y pavimentos flexibles), realizando los mejoramientos de la sub rasante, sub base y base, [...] El gran movimiento de agregados de cantera que reemplaza al material plástico genera gran gasto para la ejecución del proyecto, [...] para amortizar la economía en las obras viales, se consolidaron obras de ingeniería civil especializadas en la estabilización de suelos empleando aditivos químicos [...] (2016, p. 15).

En síntesis, el gran movimiento que se genera para reemplazar los agregados plásticos impacta de manera considerable la economía del proyecto, para solucionar este problema se consolidaron empresas especialistas en el mejoramiento de suelos cohesivos aplicando aditivos químicos muy conocidos, como: Proes, Terrasil y Eco Road 2000, entre otros. Estos métodos son muy eficaces y económicos en la aplicación para construcción de infraestructura vial.

Según menciona la revista virtual de Arquitectura e Ingeniería (Cuba) indica lo siguiente, refiriéndose a la baja calidad de los suelos expansivos.

[...] Impulsado por la gran carga de tránsito vehicular, que los ingenieros desaprovechen los materiales propios del sitio de trabajo de construcción que no cumplan la calidad requerida, se implementó en las obras de transporte el costo por acarreo de materiales de préstamo, lo que resulta una difícil alternativa, [...] Este problema se vio resuelto con la estabilización de los suelos, con la estabilización química o física [...] (2011, p2).

En síntesis, una opción para el empleo de estabilización de suelos es el gasto económico en comparación con el gasto que genera movimiento de tierras de las canteras, remover el material expansivo y sustituirlo por agregados grueso implica un costo más elevado, por otra parte, la estabilización de suelos con aditivos químicos reduce considerablemente los montos de inversión en comparación con el movimiento de Tierras. La estructura vial al lugar de estudio tiene la presencia de suelos limosos arcillosos y la ausencia de canteras con suelos aprovechables, debido a esto se viene por optar alternativas de solución el uso de estabilizadores químicos, como los aditivos químicos estabilizadores: Proes, Terrasil y Eco Road 2000. Realizando una estabilización química en la zona de estudio el material natural será aprovechable para ser utilizado como base de una infraestructura vial, ya que el incremento del índice de CBR son considerables, es por ello que este trabajo de tesis, impulsa el uso de aditivos químicos como estabilizador de suelos de baja calidad.

## **Trabajos previos**

### **Antecedentes Nacionales**

Castillo, 2018, en su tesis para optar el título profesional de ingeniería civil, titulado “Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante entre los sectores de Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018”, de la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo general fue: Determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Cuya metodología fue: su diseño fue experimental puro, debido a que iba a manipular su variable independiente y realizó ensayos para demostrar su proyecto, su Unidad de análisis fueron 2 probetas, una estabilizada con aditivos Proes y cemento, y su segunda probeta fue suelo en estado natural sin ninguna alteración física o mecánica. Tuvo como población Todo el suelo adyacente a la carretera de 10 km que comunica los sectores Calamarca y Huaso, su muestra fue no probabilística usando criterio técnico, utilizando probetas que fueron sometidas a ensayos. Concluyo que con los ensayos realizados en los suelos naturales con la aplicación de aditivos PROES mejora las propiedades mecánicas del suelo, con la aplicación de 0.27 l/m<sup>3</sup> de aditivo PROES y 45kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland, El aporte de esta investigación, se determina a que la capacidad de soporte aumenta con gran significancia. Esto se vio reflejado en la aplicación de 3 puntos de la carretera siendo el primer punto el Km 2+500 el cual tenía una resistencia inicial de 6.90% y incremento al 109.80%, siendo otro punto en el Km 5+500 con una resistencia inicial de 7.57% luego de aplicar el aditivo químico aumento en un 116.40% y el último punto ubicado en el Km 8+500 tuvo como resistencia inicial de 7.54% aumentando en un 114.28%. Esto define la gran eficacia de la aplicación de aditivos en suelos de baja calidad, el cual los vuelve útiles para uso de obras viales.

Salas, 2017, en su tesis para obtener el título de ingeniería civil, titulado: “Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca - Mañazo”. Cuya metodología: fue de diseño experimental ya que manipulo su variable independiente, el aditivo químico Terrasil, tuvo como población la cantera de Lumpoorcco, y su muestra fue los kilómetros km 11+000 y km 9+000.



Tuvo como objetivo general Realizar la estabilización del suelo de la cantera del km 11+300 al km 9+000 con aditivo Terrasil, con adición de cemento Portland tipo 1 para determinar el mejoramiento en cuanto a la capacidad de soporte de califonia de la carretera trabajada de Puno – Tiquillaca – Mañazo. En el proyecto realizado, Salas concluyo lo siguiente: Determino que la cantera donde se extrajo el material para ser estabilizado, está compuesta por una clasificación según SUCS, arena bien graduada (SW) y según clasificación ASSHTO (A-3), se determinó que contiene un Índice de plasticidad de 10.26%, con una densidad máxima seca de 1.65 gr/cm<sup>3</sup>, con un CBR al 100% inicial de 39.58%, que se determinó que es un suelo con propiedades mecánicas de regular importancia, Además se hizo la incorporación del cemento en la estabilización en proporciones del 2% al 4% respecto al peso trabajado, Para lo cual la última adición de cemento con aditivo Terrasil para mejorar la capacidad portante del suelo natural, obtuvo mejores resultados con un resultado de CBR al 100% de 65.87% , el aporte de Salas, determina que la aplicación de cemento con aditivo Terrasil, mejora las capacidades mecánicas del suelo, por ello, se recomienda a realizar la aplicación de aditivos químicos cuando se ejecutara una obra de infraestructura vial en un suelo arcilloso, estos abundan en la Sierra y Selva del Perú.

Bada, 2016. Tesis para optar el grado de Maestro en transportes y conservación vial, titulada: “Aplicación del aditivo Químico Conaid para atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km 73+514 – km 132+537) de la Ruta Nacional pe-3na”. Tuvo como objetivo general: Realizar la adición del aditivo químico CONAID para disipar los efectos de plasticidad del material granular del tramo de la Carretera Tayca – Bambas, Cuya metodología, Determino que su diseño seria experimental, ya que sometería su variable independiente a ensayos de laboratorio. Tuvo como Unidad de análisis, Realizar un estudio al material granular aplicando el aditivo químico Conaid, para determinar el mejoramiento de las sub bases, siendo aplicado este aditivo como estabilizador en los tramos km73+514 – km 132+537, cuya población de estudio estuvo constituida por todo el tramo de la carretera Tauca, y su muestra se determinó realizando la aplicación del aditivo Conaid en el tramo de la Carretera Tauca – Bambas (Km73+514 – Km 132+537, de la ruta Nacional PE – 3NA). Bada concluyo que las propiedades mecánicas del suelo estabilizado mejoraron su capacidad inicial, El porcentaje de expansión se redujo a un 50% con respecto al suelo natural en estado saturado.

Se resalta el aporte realizado por Bada, se determinó que un suelo natural expansivo mejora sus capacidades físicas y mecánicas, en su investigación determino los mejoramientos de un suelo arcilloso, cuando se realiza la aplicación del aditivo líquido conaid, determinándose resultados eficientes.

Atarama, 2015, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, titulada: “Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivos PROES”, en la Universidad de Piura. Cuyo objetivo general fue demostrar que el uso de los aditivos químicos incrementa las propiedades mecánicas del suelo, como el aumento de la capacidad de soporte. Para ello, Tuvo como población la carretera de trocha carrozable que se encuentra entre las ciudades de Huancabamba y Canchaque que mide alrededor de 4km en todo su tramo, evaluó un tramo de carretera, siendo su muestra 8 tomas de probetas para ser sometidos a varios ensayos, entre ellos, granulometría, los ensayos de límite de consistencia, ensayo de compactación mediante el proctor ensayo de la resistencia de california CBR y determino los espesores del afirmado para distintos sectores, luego de ello, realizo los ensayos de CBR y Proctor modificado en diferentes puntos de la carretera. Finalmente, determino que el valor de soporte relativo aumenta en un 300% respecto al material sin aditivos químicos mejora significativamente la capacidad de soporte de un suelo para pavimentación, así como sus propiedades físicas y mecánicas lo que garantiza su correcto desempeño. El aporte de la investigación, determina que el estudio del autor hace referencia a la aplicación de aditivos químicos que realizo en un tramo determinado de su lugar de investigación, realizo la aplicación de aditivos químicos, y gracias a los ensayos determino que el suelo aumenta en un valor muy elevado de resistencia 300%, es de gran consideración el uso de aditivos químicos para la estabilización de suelos, ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas de los suelos cohesivos, esta investigación refuerza los resultados que se dieron en el presente proyecto de investigación, el cual se determina por realizar la mejora de la capacidad de soporte de un suelo natural expansivo que será empleado para una infraestructura vial, el cual soportara cargas elevadas ya que en la zona de estudio se realizan con más frecuencia pavimentos rígidos, ya que son más eficientes, en cuanto al costo económico, y soporta mayores cargas vehiculares.

### **Antecedentes Internacionales**

Caballero, 2017. En su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, titulada: “Estabilización química del material de préstamo de la vía la Primavera – Bonanza – La Venturosa en el departamento del Vichada”. Universidad Nacional de Colombia. Tuvo como objetivo general: Evaluar el efecto de emplear silicato de sodio con el material local de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa, con miras a su utilización en construcción de vías. Cuyo diseño de investigación fue experimental, tipo aplicado, tuvo como muestra los pasteos recolectados para ser sometidos a ensayos que fueron 12 pasteos, y su población fue todo el tramo de la Venturosa, En su tesis tuvo como conclusión que el material inicial tuvo un Limite liquido de en su estado natural de 31% y 37%, cuyo índice de plasticidad fue de 13 y 19%, su clasificación fue de suelo con arcilla de baja plasticidad, tuvo un CBR inicial de 12% cuando se le adiciono el aditivo químico Maxcell 100 el suelo aumento su capacidad portante a un 70%. Por lo tanto, el aporte de Caballero se determina como la aplicación del aditivo Maxcell 100, determino que su capacidad portante respecto al suelo natural mejora de manera considerable, teniendo en cuenta estos resultados refuerza la presente investigación ya que mejora las características mecánicas del suelo natural expansivo.

Rodríguez, 2016, en su tesis para obtener el título de ingeniero civil, titulada: “Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos”, en la Universidad Técnica de Ambato, tuvo como objetivo general: Analizar la subrasante por medio de la inclusión del material Terrasil, como material alternativo para el mejoramiento de la misma, cuya metodología fue de diseño experimental, ya que manipulo su variable independiente y fue sometida a ensayos, nivel exploratorio, determino alternativas para realizar el mejoramiento de la zona de estudio, tipo descriptivo, define y describe conforme el estado en ese entonces de la zona de estudio, Rodríguez concluyo con lo siguiente: Determino que la estabilización con el aditivo Terrasil trae beneficios como la mejora de los suelos arcillosos, mejorando su capacidad de soporte, Determino que la estabilización con el aditivo Terrasil, aumento un 14% de CBR respecto a su estado natural, y disminuyo en 27.86% el contenido de humedad. El aporte de Rodríguez determina que la aplicación del aditivo químico Terrasil, genera beneficios al suelo natural de la zona de estudio.

Ovalle, 2015. Estabilización química de los bordes de un Terraplén erosionados por escorrentías. Universidad Austral de Chile. Tuvo como objetivo general Estabilizar químicamente el material utilizado en los taludes seleccionados, mediante la utilización de un aditivo que mejore las propiedades y durabilidad. Tuvo como población todo el Terraplén. Y como muestra los estratos recolectados de la zona de estudio para realizar la estabilización, Ovalle concluyo en su proyecto de investigación que el material trabajado cuando se sometió a ensayos se determinó que el suelo es una arena limosa, de nula plasticidad, con una excelente capacidad de soporte, mediante el ensayo de corte directo se determinó que el material en estado natural tenía una escasa cohesión, lo cual fue revertido con la adición de los aditivos, se obtuvo buenos desempeños con esta estabilización con 2% de aditivo. los aditivos utilizados fueron cemento y emulsión asfáltica, el cemento destaco considerablemente debido al aumento de la capacidad de soporte y cohesión, mientras que la erosión generada por escorrentías disminuyo logrando que se disipe luego de la estabilización realizada. Según los resultados de la estabilización con la emulsión asfáltica lo más relevante y positivo fue el aumento considerable de la cohesión e impermeabilización del suelo, lo que género que la erosiona sea prácticamente nula, Sin embargo, la parte negativa fue la disminución de su densidad máxima compactada seca DMSC. El ensayo de proctor modificado arrojó una humedad optima constante, tanto para el material sin adiciones como para el material estabilizado, con ambos aditivos, mientras que su densidad máxima compactada seca, sufrió un leve aumento con la adición de cemento y un descenso considerable cuando se añadió emulsión asfáltica. El aporte de Ovalle, determino que la aplicación de cemento, y emulsión asfáltica para realizar la estabilización y mejoramiento de suelo erosionado, actúan de forma diferente en cuanto a algunas características mecánicas, se determina que la emulsión aumenta de forma considerable el contenido óptimo de humedad cuando se realiza la estabilización, y cuando se aplica el cemento en el suelo natural para ser estabilizado. El contenido óptimo se reduce, y la densidad máxima seca compactada aumenta de forma considerable, por otro lado, ambos aditivos aumentan la capacidad de soporte del suelo natural y reducen la erosión del suelo cuando este está expuesto a escorrentía.

De esta forma el presente proyecto de tesis, refuerza los resultados obtenidos, comprobando el mejoramiento de un suelo cohesivo estabilizado con aditivos químicos, volviendo apto al suelo trabajado, para que forme parte de una infraestructura vial.

## **Teorías relacionadas con el tema**

### **Aditivos Químicos**

Los aditivos químicos son materiales naturales extraídos y procesados, tienen efectos orgánicos con la capacidad de dar propiedades estabilizantes a los suelos cohesivos, disminuye la plasticidad, genera un rápido secado de suelos muy húmedos, genera una adecuada compactación con humedad natural del suelo,

Según el manual de carreteras, Especificaciones técnicas generales para construcción EG- (2013), define a los aditivos químicos, como:

Los aditivos químicos son componentes naturales, compuestos de enzimas, permiten una adecuada distribución en el suelo, por efecto de su interacción, tienen la propiedad de actuar de manera eficaz con la capa de suelo-agua, con el objetivo de mejorar el estado físico del suelo natural [...]. Al hacer contacto directo con la mezcla suelo-agua-aire se disminuyen de manera eficaz la plasticidad, además de reducir el hinchamiento, Los aditivos químicos dependerán de la condición del Ph del suelo para que el terreno natural mejore sus cualidades, el producto que se empleara en cualquier estabilización no debe generar riesgos de contaminación ambiental, ni peligro para la salud de seres vivos (P. 273).

Ambos autores coinciden que los aditivos químicos mejoran la calidad de los suelos cohesivos, generan gran cantidad de emulsiones de calor para la transpiración del agua que suelo absorbió, actuando de manera eficaz para evitar su hinchamiento, el intercambio iónico que se genera con los químicos y el suelo arcilloso disminuye la plasticidad, aumenta la trabajabilidad, mejora las caracterizas para la compactación, aumenta la resistencia para soportar cargas a las que será sometida, la implementación de estabilizaciones con químicos genera mejoras en el estado físico del terreno para ser empleado en infraestructuras viales, Para a presente tesis se realizaron estabilizaciones químicas con la aplicación de 3 aditivos químicos estabilizantes: Proes, Terrasil y Con-aid. En la zona de estudio se realizó la estabilización de suelos mejorando la capacidad de soporte inicial, mejorando las capacidades físicas, de esta forma se podrá emplear el material propio de la zona de estudio para realizar obras de infraestructura vial, la pavimentación que más se emplea en la zona de estudio son pavimentos rígidos.

## **Aditivo Proes**

### **a. Estabilización con aditivo Proes**

El uso de aditivo PROES está enfocado en dar soluciones para lograr una pavimentación de alta calidad y durabilidad, usando de manera óptima los recursos y velando por el cuidado del medio ambiente durante los procesos. Esta tecnología aporta al suelo local existente de capacidad de soporte, lo cual garantiza pavimentos de calidad, alta duración y económicos, pues ahorra en costos de materiales y transporte.

La estabilización química de suelos con PROES consiste en el uso de un aditivo líquido (PROESMR, diluido en agua), encargado de actuar por ionización y ordenación de las partículas del suelo, el cual debe haber sido estudiado y analizado previamente, para obtener la dosis óptima de los aditivos. De este modo, se logra una mezcla homogénea de suelo. Esta deberá ser compactada al menos en un 95% de la máxima densidad seca (MDS), con un CBR mínimo de 100%, con un espesor sugerido de diseño de 110 milímetros. Después de realizada la estabilización química con PROES se imprimirá la superficie y se colocará una carpeta de rodado asfáltica de espesor máximo cinco centímetros (PROESTECH, 2015).

### **b. Especificaciones técnicas**

Usualmente, cualquier tipo de suelo puede ser estabilizado con este aditivo. Para ello, es necesario haber determinado las características físicas, composición mineralógica y comportamiento mecánico del suelo natural previamente. Luego, se realizará el estudio de dosificación que dependerá de los índices iniciales y de la estructura final que se desea obtener (PROESTECH, 2015).

La empresa encargada de distribuir este producto en el Perú ofrece una cartilla de dosificación, dependiendo de los distintos suelos genéricos que se pueden encontrar en el país.

Todos los porcentajes de suelos a mezclar, así como las cantidades de los aditivos líquido y sólido, deberán ser ratificados en el estudio de dosificación por algún laboratorio de mecánica de suelos, al momento de determinar el sector donde se aplicará el aditivo PROES.

Las principales condiciones químicas del aditivo líquido son las siguientes:

- División de riesgo: Clase 8 – Líquido corrosivo.
- Estado físico: líquido de color oscuro.

- Peso específico 1.15gr/cm<sup>3</sup>
- PH: 1 a 1.5 en estanque, 4 a 6 en aplicaciones según dilución.

Por otra parte, ProesTech (2015) manifiesta:

La estabilización química de los materiales con tecnología PROES, consiste en la adición al suelo, que previamente ha sido estudiado y analizado, de un aditivo sólido que cumple la función de aglomerante y un aditivo líquido (PROESMR. Diluido en agua) que actúa por ionización y ordenación de las partículas del suelo, logrando una mezcla homogénea de suelo, la que será menos compactada al menos en un 95% de la máxima densidad seca (MDS), con un CBR mínimo 100% en un espesor sugerido de diseño de 110 milímetros. El suelo a tratar químicamente corresponderá al suelo existente, de ser el caso, mezclado con material de préstamo (p.15).

La estabilización con tecnología PROES, consiste en el mejoramiento estructural de las propiedades del suelo natural. Luego del análisis de suelos e informe de dosificación, la estabilización se realiza agregando al suelo las dosis estudiadas de un aditivo sólido y un aditivo líquido PROES diluido en el agua de amasado, logrando una mezcla homogénea, y compactando a lo menos a un 95% de la D.M.C.S. el espesor de la base y la dosificación de los aditivos quedan definido por el diseño de ingeniería y especificado en la oferta PROES. (Revista Especificaciones Técnicas base tratada con tecnología Proes. Aditivo líquido (PROES100, 2015, p. 26).

El aditivo PROES utiliza el terreno natural y ahorra costos de material de cantera, transporte o acarreo, además del suelo estabilizado con aditivo PROES aumenta la capacidad portante inicial de un suelo cohesivo, haciéndolo capaz de soportar cargas vehiculares grandes, reduce la plasticidad del suelo, además genera una reducción en la carpeta asfáltica, con la implementación de este aditivo se obtiene una carpeta de rodadura que garantiza alta calidad, y duración, teniendo en cuenta los artículos de la empresa PROES, hace referencia a los diversos beneficios que genera su aplicación a la hora de realizar mejoras de un suelo natural inestable, para poder usar material propio de la zona, el presente aditivo es económico está al alcance de los proyectos de grandes dimensiones, tiene una dosificación de 0.30 a 0.35 lt/m<sup>3</sup>, el aditivo debe estar diluido en agua para poder verterse en el suelo natural a trabajar, por otra parte se puede realizar la estabilización aplicando cemento con el mencionado aditivo químico, para mejorar los resultados de capacidad de soporte final al que se quiere llegar para obtener una mejor sub base y base de vía pavimentada.

### **Aditivo Eco Road 2000**

El estabilizador iónico de suelos Eco Road 2000 deriva de los componentes activos es un aceite sulfonado. La acción de este aceite sulfonado produce una asociación permanente entre la molecular de estabilizador y la partícula de arcilla, debido a que son sulfatantes (reactivos actuantes en superficie). Este se utiliza como medio para dispersar agua en minerales de arcilla (TDM, 2011)

El tratamiento del material con aditivo Eco Road 2000 provee la reacción química requerida para repeler el agua de los minerales da arcilla.

Al ser reaccionados tienen el resultado final que puede ser resumido de la siguiente manera:

- Reducción del IP, mediante la reducción de L.L (entre yb 15 a un 40%)
- Reducción del hinchamiento (entre 50 a un 100%)
- Aumento de la Ds Max (entre 3 a 5%)
- Aumento de CBR
- A2: 70 a 100%
- A4: 100%
- A6: 200 a 300%
- A7: 300 a 500%

### **Especificaciones Técnicas**

Con propósito a estabilización de suelos se tiene las siguientes especificaciones.

- No inflamable
- No corrosivo
- No peligroso
- No toxico
- Biodegradable
- Amónico activo (%) = 23 como mínimo
- Contenido de solidos (%) = 24 como mínimo a 110° C
- PH= 0.45 +- 0.15
- Viscosidad a 25° C = 750 + 100
- Peso específico a 25° C = 1.03



## **Aditivo Terrasil**

Terrasil es un reactivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y a la radiación ultravioleta. Terrasil, reacciona químicamente con todo tipo de suelos y su principal efecto consiste en la impermeabilización/hidro fugación de las partículas del suelo frente a la acción del agua.

Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes. Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.

Según Guzmán & Iñiguez, autores de la revista científica “Estabilizantes químicos para bloques de tierra” (2016), refiere:

El Terrasil está unido a las técnicas de estabilización de suelos ya que estas se desarrollan debido a la necesidad de mejorar artificialmente las características de un suelo de tal modo que sea apto para integrar una determinada capa de firme. En la estabilización de suelos en primer lugar se pretende aumentar la resistencia mecánica, consiguiendo una adecuada estabilidad a las cargas y una escasa variación volumétrica. El proceso de estabilización de suelos no solo nos ayuda a la mejora de suelos de mala calidad con problemas de plasticidad y granulometrías finas, si no que se ha extendido a realizar tratamiento con áridos de buena calidad. La estabilización de suelos se viene desarrollando en España desde los años 90, con el fin principal de mejorar los suelos arcillosos. Los efectos y ventajas en los que se basan las técnicas de estabilización de suelos han hecho que su aplicación actual no se limite a capas de infraestructura como terraplenes, coronación y fondos de desmonte en carreteras, sino que se apliquen en multitud de tipos y partes de las explanaciones (p. 154).

- Estabilización y reparación de caminos y vías de servicio.
- Estabilización de explanaciones aeroportuarias (pistas de vuelo).
- Estabilización de infraestructuras ferroviarias, especialmente de alta velocidad.
- Estabilización de terrenos para las explanaciones en grandes obras de urbanización.
- Estabilizaciones de zonas de vertederos para construir sobre ellas instalaciones deportivas y de ocio.

## **a. Ventajas**

**Multiplifica el índice CBR.** - nos indica la capacidad portante de un suelo en función de su estado, densidad y humedad así como de la sobrecarga que se le aplique.

**Evita la absorción de agua.** - Al convertir el suelo en repelente al agua, eliminamos la absorción por capilaridad. Esto asegura que el suelo se mantenga seco y con gran fricción entre partículas independientemente de la humedad de la capa inferior.

**Mantiene la transpirabilidad.** - Esto significa que el suelo eliminará el agua en forma de vapor, mientras impide la entrada de agua en forma líquida.

**Minimiza los efectos del hielo-deshielo.** - Terrasil origina que los suelos se comporten como en condiciones de ausencia de agua, de este modo el suelo en condiciones secas, no sufrirá la expansión y contracción de los ciclos hielo-deshielo, que tanto afectan a la pérdida de densidad del suelo, degradaciones y por consiguiente su fallo en la capa superior en los casos en que las haya.

**Previene las reacciones químicas.** - Muchas de las acciones químicas adversas que afectan a los suelos, se producen en presencia de agua. El hecho de que los suelos tratados se mantengan completamente secos retrasa o elimina la posibilidad de que estas reacciones se produzcan por lo que el suelo se comportará de la misma forma.

**Minimiza la expansividad del suelo.** - La Expansividad es un fenómeno que afecta algunos suelos, y que puede acarrear múltiples problemas a la edificación, por lo cual requiere de un estudio pormenorizado.

**La capacidad expansiva del suelo depende de su naturaleza;** si un suelo arcilloso modifica el contenido de humedad, el cambio de volumen puede ser significativo. Los hinchamientos por un aumento de humedad como retracciones por desecación al reducir la humedad, son problemas muy importantes a tener en ventajas.

## **b. Estabilización con Terrasil – Procedimientos**

- Estudio previo de laboratorio (Contenido óptimo de humedad, dosificación mínima para mejora de capacidad de soporte).
- Estudio de humedad in-situ (para estimar el agua necesaria para la compactación).
- Escarificar/roturar el suelo (a la profundidad requerida del tratamiento).
- Aplicar producto, Diluir en agua óptima para compactación (Realizar el regado).

## **Estabilización de suelos**

### **Definición**

Según el manual de carreteras (2016), define la estabilización de suelos, como:

La estabilización de suelos también conocida como el mejoramiento de suelos, se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo, tomando en cuenta las especificaciones que requiere el proyecto, para el cuál se tiene en cuenta las estabilizaciones que se tendrán que realizar a través de procedimientos mecánicas e incorporación de productos químicos naturales o sintéticos. La estabilización se divide en dos tipos, físico y químicas, la primera consta de la aplicación de materiales consistentes que permitirán el contacto directo y constante con el suelo natural, y la estabilización química consiste en la aplicación de aditivos químicos a para mejorar la capacidad de soporte del terreno respecto a su estado inicial. (p. 276).

La estabilización química consiste en realizar una mezcla del aditivo químico con el suelo natural cohesivo, de esta manera se espera obtener el mejoramiento de las propiedades mecánicas, como la capacidad de soporte  $CBR > 6\%$ , se realizarán diversas alternativas para elegir el tipo de aditivo, esto dependerá de acuerdo a las características naturales del suelo.

### **Tipos de estabilización**

#### **- Estabilización físico – mecánica**

Según la revista de avances de ingeniería civil (2019), hace referencia:

Este tipo de estabilización es ampliamente utilizado. Sin embargo, de manera independiente no logra proporcionar una adecuada capacidad de soporte, debido a este problema no hace que sea firme para una carretera debido que al no tener sus partículas con cohesión sus partículas se desplazan libremente con el paso de los vehículos, incluso pueden separarse del camino (p. 15).

El MTC define que la aplicación de estabilizaciones físicas como aplicación de geo mallas, se dan en los suelos granulares, el cual debe trabajar en conjunto con la aplicación de un aditivo químico para que pueda actuar de forma eficaz al verse sometida a soportar un tránsito vehicular de gran intensidad. Siendo favorable con la implementación de aditivo químico para que incorpore ambas propiedades al suelo y aumente la capacidad de soporte en gran proporción.

## - **Estabilización Química**

Según el ministerio de transporte y comunicaciones (2013) y comunicaciones refiere:

La estabilización química hace referencia principal a la aplicación de cualquier aditivo químico para el mejoramiento de capacidad de soporte de suelos, habitualmente utilizado en suelos expansivos, debido a su mayor efectividad a la hora de actuar como estabilizante, genera cambios en la constitución del suelo involucrado en el proceso, los aditivos químicos contienen en su composición iones metálicos, estos actúan con los iones negativos que se encuentra en los suelos limos arcillosos. [...] (p. 273).

Según el MTC la aplicación de aditivos químicos actúa de manera eficaz cuando está en contacto con los suelos expansivos, debido a la polaridad de las sustancias que lo componen, siendo atraídos y formando una mayor resistencia a la hora de ser sometidos a cargas vehiculares.

Según la revista científica de noticia federal en Whashington, Estados Unidos (2009). Informa lo siguiente:

La aplicación de aditivos químicos mejora la resistencia de un suelo a la deformación, evita la completa extracción el suelo, lo que mejora la resistencia y durabilidad de la congelación y descongelación, y disminuye el polvo fugitivo. Este método La estabilización proporciona un uso inmediato sin necesidad de tiempo de curado y es particularmente efectiva en condiciones extremas. climas fríos con suelos arenosos y de grava donde las emulsiones y los cementos hidráulicos no se curan de manera efectiva. Si dañado debido a las cargas de tráfico extremas o los números, el sistema se puede volver a trabajar y volver a compactar sin pérdida en eficacia. Se ha demostrado que proporciona ahorros de costos en ubicaciones remotas donde se importa la trituración El agregado para construir pavimento es costoso y poco práctico.

Este artículo determina que la aplicación de aditivos químicos mejora las capacidades físicas del suelo, con este medio se tiene un suelo que resiste con gran magnitud frente a las heladas que se producen en País de Estados Unidos, teniendo en cuenta este hecho se tiene más veracidad a la hora de realizar ensayos de estabilización con la aplicación de aditivos químicos que mejoraran las condiciones físicas de un suelo natural con baja capacidad de soporte inicial para un estudio de tráfico alto a la que estará sometida, teniendo en cuenta que el lugar de estudio también cuenta con épocas de heladas en los meses de noviembre a abril.

## **Ensayos Realizados**

### **Granulometría de Suelo Natural**

**Según Elizondo, Navas & Sibaja, definen la granulometría como:**

La granulometría son los límites de tamaño de las partículas que se compone todo tipo de suelos. Definen una valoración adecuada para clasificar con gran eficacia el tipo de suelo sobre el que se trabajará. Únicamente, el suelo se divide en tres o cuatro fragmentos, posteriormente gracias a la técnica del cribado, que es la separación rigurosa de las partículas del suelo, dividiendo desde los granos más gruesos, a los más finos (2014, p. 98).

Este ensayo consiste en la separación de las partículas del suelo estudiado, de forma seca, suelos sedimentados los cuales irán a un cálculo de la abundancia de los correspondientes de cada tamaño, la retención se verá por el tamaño de consistencia que tienen las partículas.

### **Límites de Atterberg**

Según el departamento de Geo ciencias (2012), hace referencia acerca de los límites de consistencia:

“Este ensayo de laboratorio permitirá determinar los límites líquidos y plásticos, además el rango de humedad dentro del cual el suelo está mantenido en su composición en que se encuentra en su estado natural” (p. 13).

#### **- Límite Líquido**

Es el contenido de humedad que contienen los suelos, se encuentra en medio del semi líquido y plástico.

#### **- Límites Plástico**

Corresponde al contenido de humedad habitual del suelo, está en medio de los estados del semi sólido y plástico.

#### **- Índice de Plasticidad**

Es la diferencia de los límites mencionados, su rango de humedad corresponde en cuanto el suelo se mantiene plástico.

El presente ensayo determino los límites de consistencia del suelo natural, para determinar el grado de expansión en estado natural de la muestra obtenida, una vez obtenido el límite líquido, y límite plástico, se obtiene el índice de plasticidad, se determina con la diferencia de los dos límites

### **Ensayo de Proctor Modificado**

Compactación es un término que hace alusión a un medio por el cual se busca la mejora artificial de un suelo es sus propiedades mecánicas. A través de ciertos procesos también mecánicos. Es así que con el fin de obtener ciertos datos como son la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad, que son la base para lograr la eficiencia en los trabajos e compactación, datos que ayudaran a aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad al omento de compactar un suelo, se realizan diferentes investigaciones y ensayos de laboratorio con el fin de lograr lo antes mencionado.

### **Ensayo de Soporte de California**

Gutiérrez, menciona: “El ensayo de Soporte de California estima la calidad de un suelo en estado natural, incluye la determinación de su resistencia del material” (2016, p.65).

Como define el autor, el ensayo CBR es de importancia para poder determinar la resistencia del terreno natural, en el presente proyecto de investigación se realizarán los ensayos CBR inicial, cuando el suelo se encuentre en estado natural, y otro ensayo de CBR, cuando los suelos se hayan estabilizado con los tres aditivos químicos, para determinar el aumento de resistencia que cada aditivo pudo alcanzar, para luego determinar el porcentaje de aumento de resistencia antes y después de haber realizado la estabilización del suelo natural expansivo.

### **Maquinarias requeridas en la estabilización de suelos**

Según Mateos, refiere acerca del tipo de maquinaria que se empleara para la estabilización de suelos:

Cuando se realizará un trabajo de estabilización de varios kilómetros, se necesita requerir a una maquinaria especializada, si la obra de estabilización es de una longitud mínima, se puede realizar el trabajo con la maquinaria del lugar, habitualmente la más empleada en trabajos agrícolas como los rascadores (2015, p.149).

Las maquinarias empleadas serán en campo, estas maquinarias se requerirán para cumplir procedimientos que se requiere en la estabilización de suelos, para tal caso corresponde un grupo de maquinarias que se encuentren en estado óptimo operativo para no generar retraso del plazo de la obra, por otra parte la aplicación de los aditivos químicos deben ser aplicados diluidos en agua.

De acuerdo a lo argumentado por el autor, se debe tener en cuenta la magnitud del trabajo de estabilización, debido a que el tipo de maquinaria será respecto al trabajo, no obstante, se deben tener las medidas de acuerdo al tipo de maquinaria que se empleara, tanto para la combinación, lechado, compactación y remoción de objetos innecesarios, y la combinación de agregados en estado saturado.

### **Bull Dozer**

El Bull dozer es una maquinaria pesada, se encarga de excavar y remover de forma paralela los montículos de tierra, transporta el material agregado o removido de forma rotatoria, tiene un uso más regular para tramos cortos, debido a que los montículos de tierra que son removidos son básicamente materiales para utilizarse en otro lado de la obra, debido a esto este equipo es esencial para realizar este tipo de trabajos.

### **Rodillo Vibratorio**

Es una maquinaria pesada que tiene la función de apisonar o compactar el nivel regular de la construcción, siendo utilizado en suelos que tienen una composición de agregados finos para estabilizar su estructura. En trabajos de estabilización de suelos, se encarga de remover el suelo natural, para luego adicionar el aditivo químico, y posteriormente nivelar en capas determinadas para realizar su compactación con el rodillo vibratorio.

### **Camión cargador de agua**

Vehículo grande y potente, que está constituido por una cabina, esta ocupa una gran caja de depósito, destinada para abastecer el porcentaje de humedad que se requiere para realizar la compactación del terreno trabajado. Este camión es utilizado para transportar el agua que se aplicara a lo largo de la carretera que será compactada.

### **Moto Niveladora**

Esta maquinaria pesada se encarga de nivelar las capas, las proporciones variaran dependiendo del estudio realizado, perfila taludes en terraplenes con una pendiente considerable, puede inclinarse sin ningún problema para llegar a nivelar de forma regular lo largo de la carretera.

## **Formulación del problema**

Como se mencionó en la realidad problemática, sobre los suelos cohesivos, su inestabilidad y sus posteriores consecuencias, por otra parte teniendo otros, existen inconvenientes que surgen para dar utilidad a suelos con baja capacidad de soporte (CBR), debido al crecimiento del parque automotor, la aplicación de aditivos químicos para realizar la estabilización de suelos cohesivos se ve como una gran opción para reemplazar los métodos tradicionales: como la extracción de material expansivo y ser reemplazado por agregado grueso de cantera, otra problemática relevante, viene a ser los costos elevados que generan las prácticas mencionadas.

Según Rodríguez, hace referencia: “El problema se debe realizar de forma clara, de esta manera se obtendrá una o varias soluciones a la interrogante” (1999, p. 177).

Concuerdo con el autor, ya que con un problema bien planteado podremos obtener no solo una, sino varias soluciones que estemos requiriendo.

### **Problema general**

- ¿Cómo influye la aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos, en el centro poblado de Yumpe - 2019?

### **Problemas específicos**

- ¿Cuál es la clasificación del suelo natural en el centro poblado de Yumpe - 2019?
- ¿En qué medida incide la aplicación de aditivos químicos, en el grado de expansión del suelo natural en el centro poblado de Yumpe - 2019?
- ¿En qué medida incide la aplicación de aditivos químicos, en el contenido óptimo de humedad, en el centro Poblado de Yumpe - 2019?

### **Justificación del estudio**

Según Gómez (2012), menciona:

La justificación está basada en indicar el porqué es de gran importancia el avance de la investigación, expone los beneficios que se obtendrán, explica el valor del trabajo que se desea elaborar, La propuesta se deberá ejecutar con propuestas coherentes que convengan y explicar los propósitos a los que se busca llegar (p. 27).



El presente proyecto de tesis se realizó con la finalidad de dar a conocer los aditivos químicos para la estabilización de suelos cohesivos, siendo aplicado en el sector de Yumpe, en donde abundan los suelos limo arcilloso, por lo cual su capacidad de soporte es baja y se evita su uso durante la construcción de pavimentos. Con este proyecto de investigación se demostrará el aumento de la resistencia mecánica de los suelos y el beneficio de utilizar el material propio realizando la estabilización como capa sub base y base de un pavimento.

En el sector de Yumpe actualmente la carretera es de trocha carrozable, la cual se encuentra en estado deteriorado. Debido al tiempo de servicio, esta vía tiene diversas fallas a lo largo de su trayecto. Esta investigación demostrara el mejoramiento de la capacidad de soporte y estabilidad de la vía, aplicando al material propio del lugar 3 aditivos químicos de forma independiente para mejorar y determinar el porcentaje en que mejora con cada aditivo de forma independiente.

### **Justificación Técnica**

El presente proyecto de tesis se comprobará con la aplicación de 3 aditivos químicos independiente mente (Proes, Terrasil y Conaid), con el suelo natural, verificando el aumento de la capacidad de soporte (CBR), y comparando respecto al suelo en estado natural, mejorando el estado mecánico del suelo, para que pueda ser eficiente a la hora de ser utilizada como estructura de una obra de pavimento flexible o rígido.

### **Justificación Económica**

El presente proyecto de tesis busca conseguir el mejoramiento de la base y sub base de la infraestructura vial, gracias a la estabilización química con aditivos (Proes, Terrasil y Conaid) minimizando los costos que se genera el reemplazo de material de cantera para ser colocados como base y sub base de la estructura del pavimento.

### **Justificación Ambiental**

Según ISO: “La empresa deberá instalar los equipos necesarios de emergencia, y capacitar a su personal, para prevenir los impactos ambientales que puedan ocurrir” (2011, p. 56).

Por lo tanto, el presente proyecto de investigación busca proponer la sostenibilidad en el desarrollo de infraestructura vial, esta propuesta de estabilización de suelos ira de acuerdo a las normas ambientales, ya que con su implementación se reducirá la extracción de los bancos de préstamo (carreteras).

## **Hipótesis**

La hipótesis para este proyecto de tesis, con la definición que da; respecto al tema, Fernández (2017) menciona que:

Es una suposición práctica, con base a los fundamentos científicos, realiza una afirmación o negación si la investigación será variable o falsificable, esto se desarrollará mediante datos que se requieran en el momento, se obtienen de acuerdo a los estándares de medición científicos (p. 141).

Entonces, al realizar un adecuado planteamiento una correcta hipótesis, de manera rápida se observará una ideal visualización de relacionar las variables, para poder conocerla con más detalles, se buscarán soluciones referentes al problema planteado, tanto para el problema general, como los problemas específicos, buscando las posibles soluciones que puedan plantearse frente al problema. No obstante, el caso hipotético puede ser a su vez nula, eso se definirá y debatirá una vez se hayan realizado los ensayos requeridos.

### **Hipótesis general**

- La aplicación de aditivos químicos influye de forma positiva para la mejora de calidad del suelo en la estabilización del suelo natural en el centro poblado de Yumpe – 2019.

### **Hipótesis específicas**

- Se determina la clasificación del suelo natural según Sucs y Aashto, en el centro poblado de Yumpe – 2019.
- La adición de aditivos químicos en el suelo natural, incide de forma positiva en la expansión del suelo natural en el centro poblado de Yumpe – 2019.
- La aplicación de aditivos químicos en el suelo natural, incide de forma positiva al contenido óptimo de humedad, en los suelos del centro poblado de Yumpe – 2019.

## **Objetivos**

Un objetivo es considerado al fin que se tiene planteado llegar, es decir a la meta que el autor requiere llegar, impulsado por los distintos problemas que existen en la realidad tomando distintas maneras para llegar a una decisión, proponiendo ideas propias, además se puede apoyar en una investigación realizadas que genera motivación para tener una expectativa de la realidad.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), comenta acerca de la definición de los objetivos:

Son los estudios realizados que se tienen en cuenta a lo largo del desarrollo del proyecto, los objetivos realizados deben tener coherencia y generar un previo resultado de la investigación, debe generar intenciones específicas en el investigador, el cual debe plantearse para responder a los problemas de la investigación y poder resolver los problemas que se presenten en el lugar tomado, buscando satisfacer las necesidades de los beneficiados (p. 374).

Los objetivos escogidos, deben estar determinados según los procesos que se deben realizar, estos incidirán en los procesos de estudio y trabajos que estarán sometidos, los ensayos determinaran si los objetivos requeridos fueron satisfactorios en el proceso de investigación, teniendo en cuenta a las medidas a las que serán sometidos.

### **Objetivo general**

- Determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos en el centro poblado de Yumpe – 2019.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la clasificación del suelo natural según SUCS y AASHTO, en el centro poblado de Yumpe – 2019.
- Determinar la incidencia del índice de expansión del suelo estabilizado con aditivos químicos, en el centro poblado de Yumpe – 2019.
- Determinar la incidencia de reducción del contenido óptimo de humedad de los suelos estabilizados con aditivos químicos, en el centro poblado de Yumpe – 2019.

## **II. MÉTODO**

## **2.1.Diseño, Tipo y Enfoque investigación**

### **Diseño de Investigación**

Una vez que se realizó el planteamiento del problema, y la formulación de hipótesis, el investigador debe de contestar las interrogantes de la investigación de manera adecuada y sencilla, de esta manera poder encubrir los objetivos definidos. La palabra diseño hace una referencia a la estrategia realizada para lograr la información que se requiere, este diseño empleara una eficaz percepción al investigador, para poder determinar de manera clara y precisa en los medios en el que se basara.

Según Hernández, Fernández & Baptista, mencionan:

El diseño experimental es el proceso de manipular, estimular, influencias e intervenir en la llamada (variable independiente), para visualizar los efectos que sufre sobre otras variables (dependiente), se requiere la obtención de datos adecuados para poder determinar y analizar mediante métodos estadísticos, el cual corrobore el resultado del experimento. (2010, p.121).

Por lo tanto, el presente proyecto de tesis será una investigación de diseño experimental, pues su variable independiente es manipulable, se deduce el tipo de relación existente en las variables, se determinará los fenómenos los cuales influyen para poder realizar los experimentos, estos se realizarán dependiendo a la operacionalización, tal manera que influyen los instrumentos de forma ordenada para llegar a la determinación, controlando y deduciendo los experimentos realizados en laboratorio.

### **Tipo de investigación**

Según Carrasco (2005), hace referencia:

Hay dos tipos de investigaciones científicas: Investigación Básica, mediante esta investigación se busca aumentar los conocimientos científicos ya existentes, haciendo un acercamiento a la realidad, E investigación Aplicada, esta investigación es muy requerida debido a la contribución de teorías científicas que se toman como base (Investigación básica). (p. 42).

Basando en esta referencia, La presente investigación de tesis vendrá a ser aplicada, debido a que la información recolectada en las teorías relacionadas con el tema son hechos dados, los métodos son existentes, los problemas planteados se aplicaron de acuerdo a lo mencionado, se dieron alternativas y soluciones.

### **Nivel de investigación**

Según Behar (2008), hace referencia al nivel de investigación:

Busca definir los motivos o razones que generan ciertos fenómenos, con el fin de demostrar por qué motivo suceden estos fenómenos y en qué tipo de condición se dan estos hechos. Su realización se genera para la contribución en el desarrollo del conocimiento científico (p. 18).

El presente trabajo de investigación, será de nivel explicativo, debido a que se determinaron los motivos por el cual se originan los fenómenos de variación, al manipular la variable independiente, que se determinó la relación de ambas, que posteriormente será expuesta al mundo científico.

### **Enfoque de investigación**

Es necesario mencionar la desemejanza de paradigmas y enfoques que refieren a variadas menciones de un proceso de investigación, estos tendrían que ver con la obligación que los investigadores tienen con algunas pautas teóricas, los enfoques hacen mención a los métodos para aumentar los conocimientos del tema.

Para Sullcaray (2015), respecto al enfoque de investigación, refiere:

[Enfoque cualitativo] definición comprendida a acciones sujetas en función de las prácticas. Desde este enfoque se discute que el comportamiento de la investigación esté sujeto por leyes generales [...], caracterizado por permanecer oculto, el empeño del investigador se concentra en definir y describir de esta manera se pretende desarrollar un conocimiento representativo, y se acepta que la realidad es múltiple. (p. 21).

El enfoque de investigación, tiene la finalidad de generar conocimientos requeridos para el campo, además de resolver problemáticas que intervienen en la investigación científica, por ello, el enfoque de la presente investigación científica es cuantitativa, debido a que se realizó la comprobación de la hipótesis establecida, con el recolecta miento de datos y una variada medición numérica.

## **2.2. Variables y Operacionalización**

### **Variables**

Para tener una idea clara sobre las variables, Heinemann manifiesta que:

Una variable, es un símbolo, el cual posee un rasgo diferente, de modo que aquella llega a tener dos valores, los cuales son antagónicos y estos últimos se excluyen recíprocamente. Para explicarlo de una forma más clara, al hablar de una medición normal, tendremos valores como existe y no existe o tal vez pertenece y no pertenece, pero en el mejor de los casos los valores numéricos son medibles, pero por medio de intervalos constantes. (2003, p. 26).

Se tendrán dos variables en la presenta investigación, una dependiente y otra independiente, ambas deberán ser medibles.

### **Variable Independiente**

Méndez (2009) define que la “La variable independiente generan efecto a la variable dependiente, además tiene la cualidad de detallar la variable dependiente” (p. 223).

Se puede entender la variable independiente como una variable autónoma, ya que no es dependiente de otras variables. Por lo tanto, en el presente proyecto de tesis, la variable independiente encontrada vendría a ser los aditivos químicos.

### **Variable Dependiente**

Según el diccionario de Sánchez, (2011), define la variable dependiente como:

“Es el factor que el investigador estudia, determina y mide, para llegar a conocer el efecto que tendrá la variable independiente, la variable dependiente también es definida como variable salida (Vs)” (p. 220).

Entonces en esta investigación, la variable dependiente vendría a ser la estabilización de suelos, debido a que esta variable no se manipulará, se llega a determinar los resultados que generará en la variable independiente. Se realizó la estabilización con la aplicación de los 3 aditivos químicos que sirvió para determinar su efecto sobre esta

## **Operacionalización**

Sánchez, (2016) refiere acerca de la operacionalización de variables:

Es el desarrollo de la metodología, está compuesta por la descomposición de las variables que conforman el problema del proyecto de investigación, comenzando desde lo más general hasta lo más específico, hace referencia a que las variables si son demasiado complejas se dividen en: dimensiones, indicadores, instrumentos, solo en indicadores o ítems (p. 227).

La variable que se estudiará será la independiente (VI), debido a que es una variable manipulable, se le realizaron ensayos para determinar los beneficios que ejercerá cada aditivo de forma independiente en el terreno natural expansivo del sector de Yumpe, además se determinara la incidencia que tendrán los aditivos químicos cuando se realiza la aplicación en el suelo natural.



**Tabla n° 1:** Cuadro de Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
ADITIVOS QUIMICOS (VI)	“Son resultantes de productos orgánicos alterados, aplicables a capas de afirmado para el mejoramiento de suelos” (MTC, 2013, P. 273).	Es una sustancia o mezcla de sustancias distinta a la materia prima, para tal caso los aditivos químicos aplicados son: Proes, Terrasil y Eco Road 2000. Para lo cual se realizó la aplicación en un suelo en estado natural, para determinar el cambio que generaría en cuanto al incremento de la capacidad de Soporte, y la determinación de variación de la Densidad máxima seca, y el contenido óptimo de humedad.	Proes	Capacidad de Soporte	CBR
				DMs y COH	Proctor Modificado
			Terrasil	Capacidad de Soporte	CBR
				DMs y COH	Proctor Modificado
			Eco Road 2000	Capacidad de Soporte	CBR
				DMs y COH	Proctor Modificado
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS (VD)	“Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos” (MTC, 2013, p.107)	Son suelos con capacidades mercancías incrementadas por la implementación de químicos, y sustitución de agregados inadecuados, una estabilización y compactación adecuada se llegara a la resistencia requerida, determinándose una clasificación en estado natural, un contenido óptimo de humedad inicial, y una expansión del suelo en estado saturado durante 4 días.	Propiedades del suelo.	Clasificación de suelo	SUCS / AASHTO
				Contenido de Humedad	Proctor Modificado
				Expansión	Suelo Saturado

**Fuete:** Elaboración propia.

### 2.3. Población y muestra

#### Unidad de análisis

Hernández, Fernández & Baptista (2006) definen la Unidad de análisis, como: “[...] personas, comunidades, organizaciones, situaciones, etc, quiénes van a ser medidos, Se debe reconocer de forma clara y precisa el problema y los objetivos de la investigación realizada” (p. 236).

**Tabla n° 2:** Unidad de análisis.

<b>Pregunta de investigación</b>	<b>Unidad de análisis</b>
¿Cómo influye la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos en el sector de Yumpe - 2019?	Toda la estructura vial del sector de Yumpe – Huayllacayan.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### Población

Al existir una población, existe en ella la dificultad de analizarla entera, y recoger todos los datos que arroje, pero para saber cuál será la población, se debe realizar una verificación para ver si reúne las características más importantes del objetivo de estudio, con el fin de que el estudio compruebe las hipótesis de la mejor manera posible.

Según Valderrama define la población, como:

La totalidad de personas o cosas, en las cuales se pueden presentar distintas características para realizar un estudio, Además, la población o universo puede ser finita cuando se constituye por un número limitado de unidades, o infinito cuando está constituida por un numero incontable de miembros (2016, p. 163).

Entonces, bajo el argumento mencionado, la población viene a ser todos especímenes de suelo estabilizado en el laboratorio Ingeocontrol, esto se debe que la población o universo se considera respecto al distrito del lugar estudiado.

## Muestra

Según Bernal (2015), define la muestra, como:

Es una parte representativa de la población total que se selecciona, siendo una parte muy importante, debido a que de esta se obtendrá la información del desarrollo del estudio. Además, a partir de la muestra se desarrollarán las mediciones y la visualización de cada variable (p. 161).

<b>Ensayos</b>	<b>Calicatas</b>	<b>Especímenes</b>	
<b>Clasificación de suelos</b>			
<b>Granulometría - Límites de Atterberg</b>	C-1	1	
	C-2	1	
	C-3	1	
Sub Total		3	
<b>Ensayo de relación de soporte de California - Suelo Natural</b>			
Proctor Modificado	C-1	4	
	C-2	4	
	C-3	4	
CBR	C-1	3	
	C-2	3	
	C-3	3	
Sub Total		21	
<b>Suelo Estabilizado con aditivos químicos</b>			
<b>Aditivo</b>	<b>Proctor Modificado</b>	<b>CBR</b>	<b>Total</b>
<b>Proes</b>			
C-1	4	3	7
C-2	4	3	7
C-3	4	3	7
<b>Terrasil</b>			
C-1	4	3	7
C-2	4	3	7
C-3	4	3	7
<b>Eco Road 2000</b>			
C-1	4	3	7
C-2	4	3	7
C-3	4	3	7
<b>Total</b>		<b>87 Especímenes</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Para tal caso, en la presente tesis, la muestra está delimitada por una parte significativa que representará la población total: Por tal caso se representa en:

- Ensayo de clasificación de suelos, el cual abarca el ensayo de granulometría y los límites de Atterberg del suelo natural, para este ensayo los especímenes realizados fueron uno por cada calicata, siendo un total de 3 especímenes.
- Ensayo con relación al soporte de California para el suelo natural, se realizó el ensayo de proctor modificado para las 3 calicatas, 4 especímenes por calicata, y el ensayo de CBR para las 3 calicatas, con 4 especímenes para cada calicata, con un sub total de 21 especímenes.
- Suelo estabilizado con aditivos químicos, se realizó el ensayo de proctor modificado con adición de los aditivos: Proes, Terrasil y Eco Road 2000, con un total de 4 especímenes por calicata, posteriormente se realizó el ensayo de CBR con adición de los 3 aditivos químicos para cada calicata, con 3 especímenes por calicata, con un sub total de 63 especímenes.

Se obtuvo un número total de muestras de 87 especímenes.

### **Muestreo**

El muestreo se define básicamente como el conjunto de personas o cosas, son considerados como una porción representativa. Del gran grupo del que se conforman, elegidos para referir o determinar la peculiar característica del grupo en general.

Sobre el Muestreo, Arias (2017) define:

El muestreo es un mecanismo aplicado en la investigación científica, tiene a cargo definir que parte de la realidad de estudio (población. universo), debe ser estudiado con el fin de deducir sobre una mencionada población. La falla que ocurre, debido a que se realizan conclusiones sobre una determinada realidad, a partir de la visualización de solo una parte de la muestra, es denominada falla de muestreo, debido a que se debe obtener una adecuada muestra simplificada de la población total (p.372).

En el caso de la presente investigación, será no probabilística, ya que la muestra no fue designada al azar.

## **2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

Para esta investigación se realizó un registro visual respecto al entorno de la naturaleza cuantitativa, mediante gráficos que serán de gran importancia para detallar los ensayos que se realizaron en el laboratorio.

### **Técnica de recolección de datos**

Según Valderrama (2017), define la técnica de recolección de datos como:

La definición de técnica y recolección de datos se basa en la aplicación de una variada forma de técnicas y herramientas, que se emplean para un análisis para elaborar un sistema de tipo informativo, estos pueden llegar a ser: entrevistas, cuestionarios, encuesta, visualización del lugar, diagrama de flujo, etc. Su finalidad es captar toda la información posible, esta será de gran utilidad en la elaboración del proyecto de investigación (p. 225).

De esta manera, el presente proyecto de tesis se realizó observaciones, esta se aplicó como una técnica para el recolecta miento de datos, se realizó esta técnica mediante la visita a campo, en el centro Poblado de Yumpe, Huayllacayan – Ancash.

### **Instrumento de recolección de datos**

Según Voien (2017) define los instrumentos de recolección de datos, cómo:

Son herramientas determinadas que se utilizan para el proceso de recolección de datos. Los instrumentos se aplican a partir de una técnica previa elegida, la observación también es considerada como un instrumento. Además, las escalas incluyen instrumentos vinculado a actitud de opinión de los individuos que intervienen, la prueba pedagógica es considerada como un examen de rendimiento de capacidad, que se da como objetivo de propiedades básicas. (p. 153).

Para poder estudiar la variable independiente se ha requerido el uso de laboratorios para realizar los ensayos, donde se desarrolló una detallada descripción de forma cuantitativa, se realizaron gráficos y se compararon los ensayos con la aplicación de tres aditivos químicos que fueron aplicados en las distintas estabilizaciones de las 3 calicatas realizadas en el tramo de la calle Bolognesi, ubicada en el centro poblado de Yumpe.

## **Validez**

Tamayo (2018) definen a la validez, como: “[...] La validez establece si los resultados que se obtienen cumplen todos los requisitos según el método de la investigación [...]” (p.65)

Por ende, para el presente proyecto de tesis, para validar los certificados de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio se requerirá la firma y número de colegiatura vigente del ingeniero especialista que certifique el correcto procedimiento de los ensayos, además la firma del técnico especialista encargado del laboratorio y sellos correspondientes. Todos estos procedimientos validaran los ensayos realizados en el laboratorio.

## **Confiabilidad**

Según la Revista venezolana de Metodología de la investigación científica (2016) definen la confiabilidad como:

“Obtención que se obtiene con una repetida serie de experimentos en una persona o cosas, ya sean diferentes tipos, al mismo tiempo por distintos investigadores llegan al mismo resultado” (p. 143).

El autor, trata de explicar en cuanto a la confiabilidad, que esta debería tener relación amplia dependiendo a lo que se intente medir.

Para tal fin, se concluye que en el presente proyecto de tesis se denominará confiable, con los certificados de calibración de los equipos utilizados en el laboratorio especializado. Por otra parte, se puede solicitar los certificados ISO, si el laboratorio cuenta con este certificado.

## **2.5.Procedimiento**

### **Ensayos realizados en laboratorio**

Todos los resultados que se presentan a continuación, se obtuvieron mediante la elaboración de ensayos que se realizaron en el laboratorio: Ingeocontrol (Ingeniería, Geotécnica y control de calidad), estos ensayos fueron realizados por medio de la asesoría de expertos y técnicos encargados del laboratorio, para lo cual se realizaron los ensayos de forma eficaz para obtener resultados óptimos para el proyecto de tesis.

## Ensayos al suelo en estado natural

### Ensayo de granulometría

Una vez que se obtuvo material propio de la zona de estudio, este fue pulverizado, para posteriormente ser pasado por las mallas para determinar el porcentaje que se retiene y pasa por los tamices de distintas medidas.

**Figura 1:** Pulverización del material en estado natural.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2:** Cuarteo y selección del material natural.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3:** El autor realizando el ensayo de granulometría, por los distintos tamices – suelo natural.



Fuente: Elaboración propia.

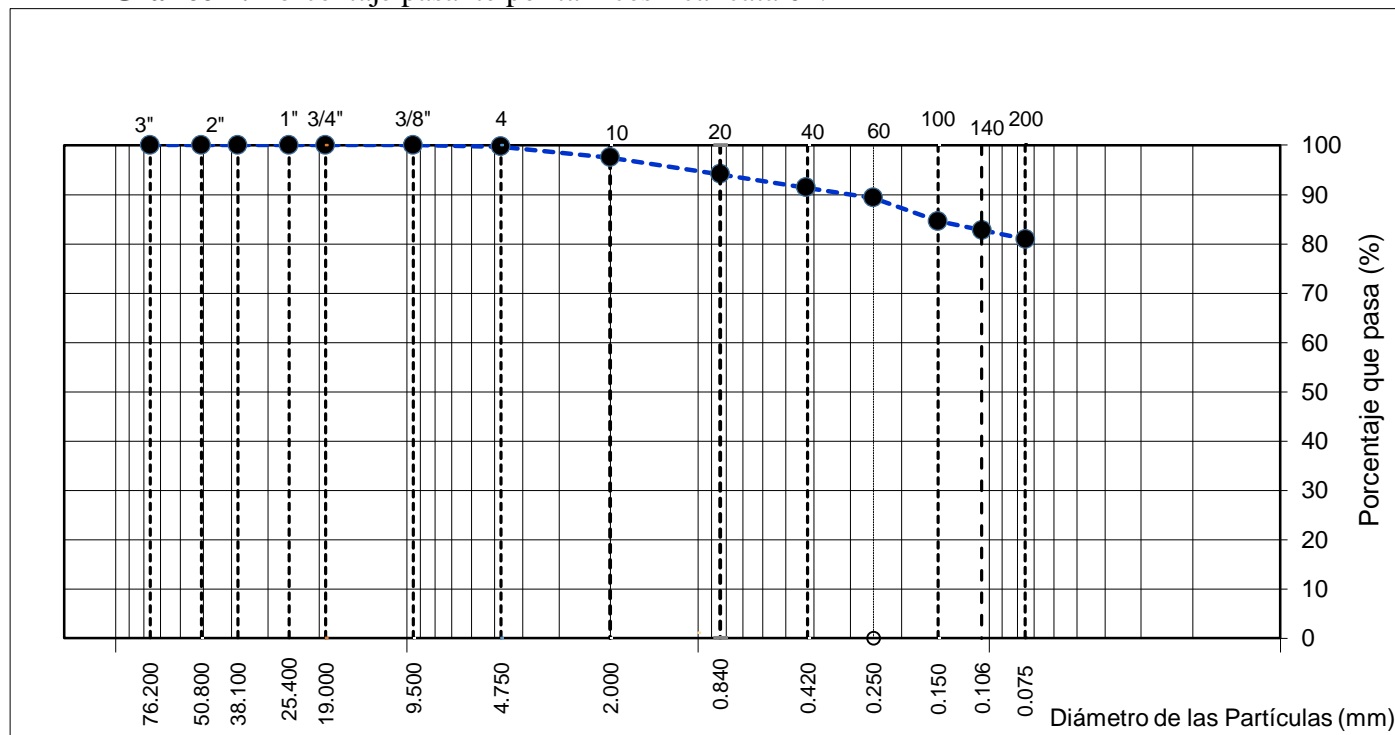
Mediante este ensayo se logró determinar el porcentaje que paso por las mallas.

**Tabla n° 3:** Cuadro de ensayo de granulometría - calicata 01.

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje parcial	% acumulado retenido	% acumulado pasa
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.30	0.30	99.70
N° 10	2.000	2.23	2.53	97.47
N° 20	0.840	3.38	5.91	94.09
N° 40	0.425	2.68	8.59	91.41
N° 60	0.250	2.10	10.68	89.32
N° 100	0.150	4.76	15.45	84.55
N° 140	0.106	1.79	17.23	82.77
N° 200	0.075	1.80	19.03	80.97
< N° 200	---	80.97	100.00	0.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 1:** Porcentaje pasante por tamices - calicata 01.



**Fuente:** Elaboración propia.

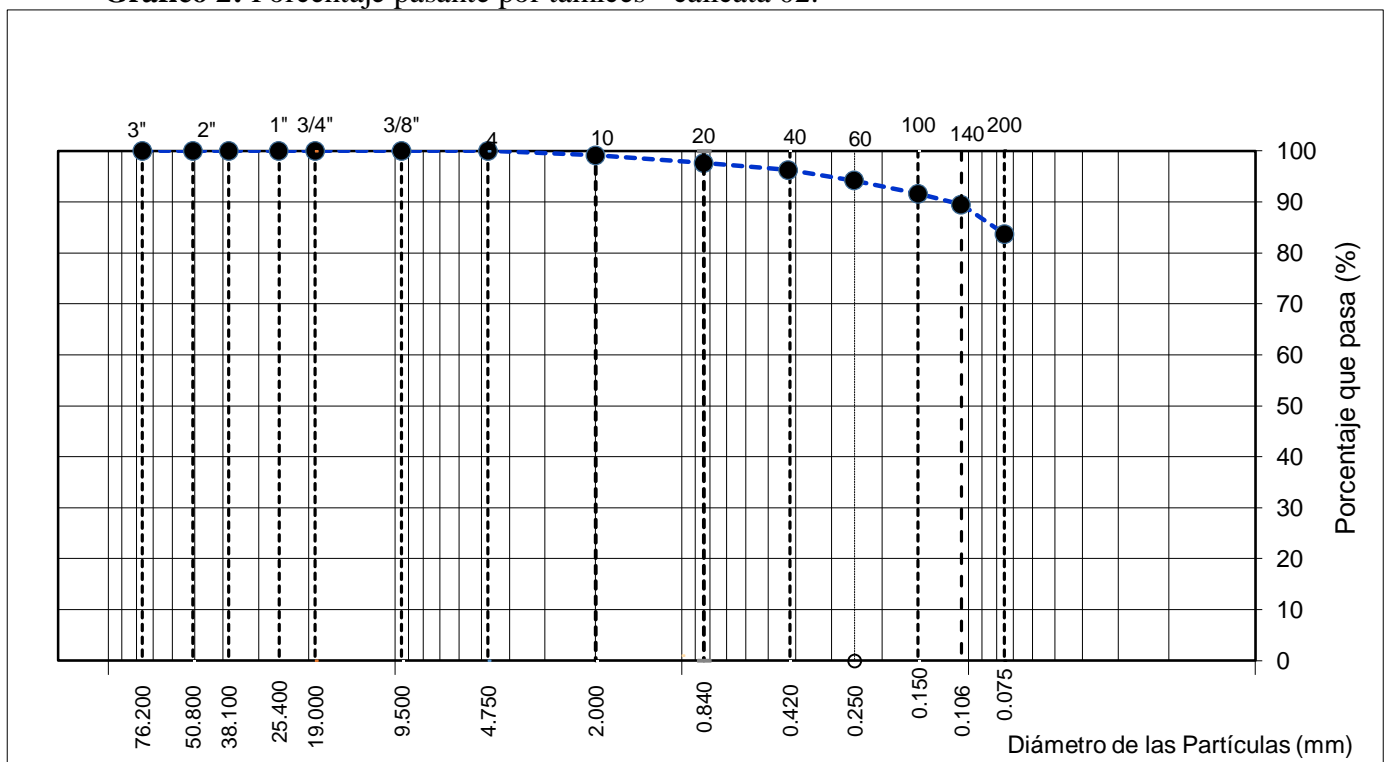


**Tabla n° 4:** Cuadro de ensayo de granulometría - calicata 02.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASA
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.85	0.85	99.15
N° 20	0.840	1.53	2.38	97.62
N° 40	0.425	1.36	3.74	96.26
N° 60	0.250	2.07	5.81	94.19
N° 100	0.150	2.57	8.38	91.62
N° 140	0.106	2.18	10.55	89.45
N° 200	0.075	5.78	16.33	83.67
< N° 200	---	83.67	100.00	0.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico 2:** Porcentaje pasante por tamices - calicata 02.



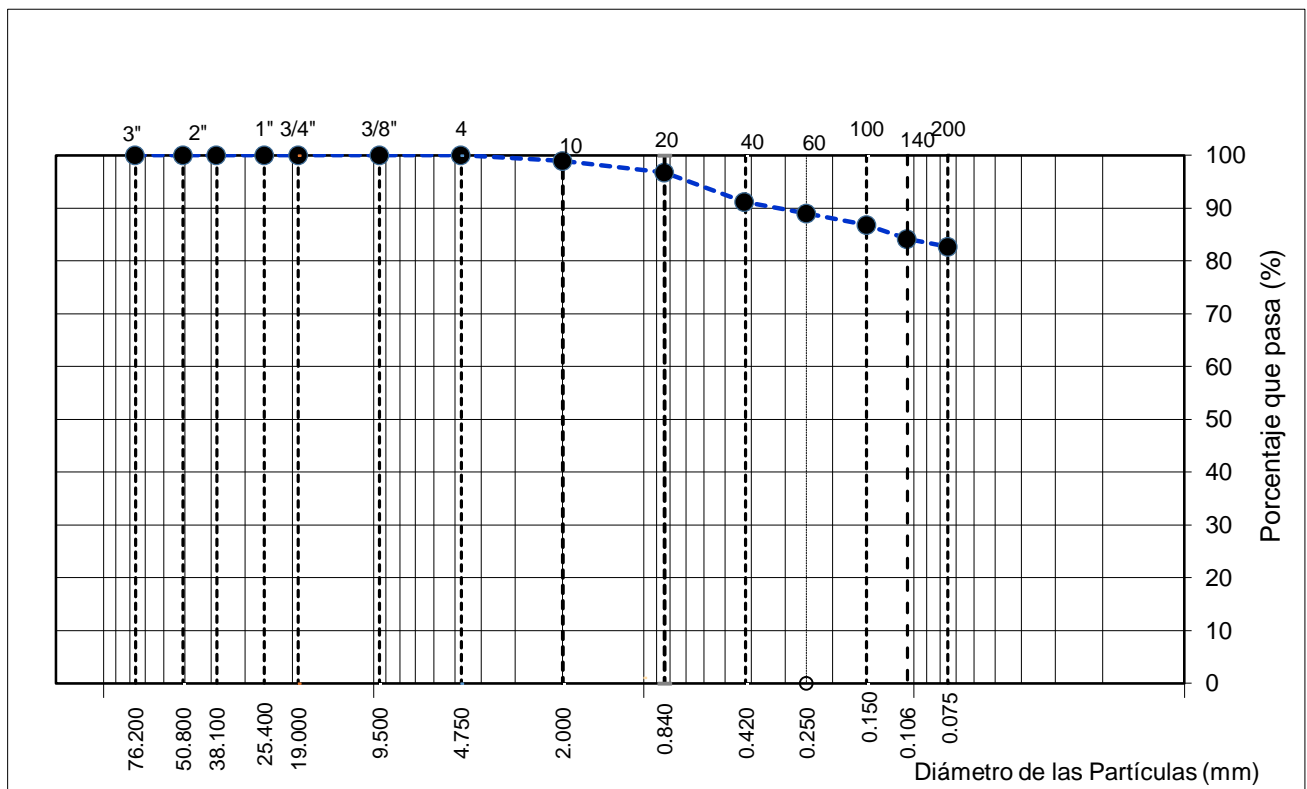
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 5:** Cuadro de ensayo de granulometría - calicata 03.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASA
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	1.08	1.08	98.92
N° 20	0.840	2.17	3.25	96.75
N° 40	0.425	5.60	8.84	91.16
N° 60	0.250	2.17	11.01	88.99
N° 100	0.150	2.18	13.19	86.81
N° 140	0.106	2.71	15.90	84.10
N° 200	0.075	1.44	17.35	82.65
< N° 200	---	82.65	100.00	0.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico 3:** Porcentaje pasante por tamices - calicata 03.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Clasificación de material en estado natural

**Tabla n° 6:** Resumen de clasificación de suelos para las 3 calicatas.

Calicata	Profundidad (m)	Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	Clasificación AASHTO (ASTM D 3282)	Nombre del grupo
C-1	1.5	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad con arena.
C-2	1.5	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad con arena.
C-3	1.5	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad con arena.

**Fuente:** Elaboración propia.

Después de haber realizado el ensayo de granulometría, se determinó la clasificación del suelo natural según, SUCS y AASTO, Según SUCS, se determinó que el material natural del centro poblado de Yumpe está compuesto por arcilla de baja plasticidad (CL), y según AASHTO se determinó para las 3 calicatas un material con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido, está sujeto a sufrir deformaciones considerables cuando el material se encuentra saturado (A-7-6) – en este grupo el LL es mayor a 30.

**Figura 4:** Tabla de Clasificación AASHTO.

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

**Fuente:** Sistema de clasificación Aashto.

## Límites de Atterberg

**Tabla n° 7:** Cuadro de resumen límites de consistencia de las 3 calicatas.

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
<b>ASTM D4318</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	42	43	47
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	21	20	19
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>28</b>
<b>INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)</b>	1.8	1.6	1.3
<b>INDICE DE LIQUIDEZ (IL)</b>	-0.8	-0.6	-0.3

**Fuente:** Elaboración propia.

## Ensayo de Proctor modificado y CBR – Suelo natural

El ensayo de Proctor modificado, se realizó en 4 moldes cilíndricos, con material natural que se le añadió distintos porcentajes de agua, posteriormente, se añadió cinco capas de material natural a cada molde, y con un pisón de 10 libras se realizó la compactación del material con 56 golpes a cada capa de material, Después de este proceso, se retira el molde, y se pasa a realizar cortes del material compactado hasta obtener una muestra de la parte central del material, para luego ser pesado en su estado húmedo, someterla a secado en el horno tomar su peso en estado seco, y determinar el contenido de humedad y la densidad seca, para determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca en estado natural.

## Procedimientos del ensayo de Proctor modificado:

**Figura 5:** Peso de muestra natural.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6:** Adición de porcentaje de agua.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 7:** Compactación de las 5 capas, 56 golpes cada una.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8:** Pesando el material compactado incluido el molde.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 9:** Extracción de parte central de muestra compactada.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 10:** Pesando la porción de muestra compactada en estado húmedo.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 11:** Secado en horno.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 12:** Peso de muestra en estado seco.



**Fuente:** Elaboración propia.



Mediante el ensayo de proctor modificado se determinó el contenido óptimo de humedad, y la densidad máxima seca que se emplearon para el ensayo de soporte de California (CBR), para el ensayo de CBR, se realizaron 3 moldes que se le aplicó el contenido óptimo de humedad determinado, se añadió 5 capas de material a cada molde, el primer molde se compactó cada capa a 56 golpes, el segundo a 25 y el último a 10 golpes con el pisón de 10 libras, cuando se terminó de realizar la compactación, cada molde fue saturado durante 4 días, el primer día se midió su deformación inicial, y se realizó cada medición durante los 4 días que estuvo sumergido el molde, para posteriormente realizar la penetración a 0.1" (2.54 mm).

### Procedimiento del ensayo de Soporte de California (CBR):

**Figura 13:** Peso de muestra natural.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 14:** Peso del molde para CBR.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 15:** Adición del contenido óptimo de agua a la muestra natural.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 16:** Compactación de las capas.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 17:** Moldes con material compactado.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 19:** Moldes sumergidos en poza para saturación – 4 días.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 21:** Colocando molde en la prensa.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 18:** Medición de volumen inicial a cada molde.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 20:** Medición de expansión en estado saturado – durante 4 días.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 22:** Penetración en la prensa de compresión.



**Fuente:** Elaboración propia.

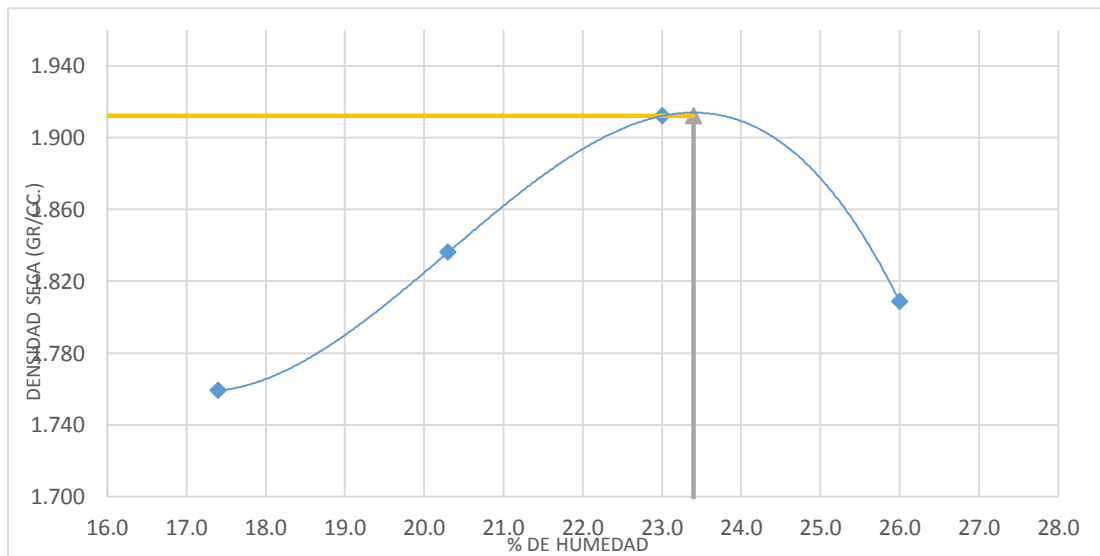
## Calicata - 01

**Tabla n° 8:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural - calicata 01.

Volumen de Molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde		6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,676	10,981	11,285	11,130	
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	4,384	4,689	4,993	4,838	
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	2.065	2.209	2.352	2.279	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso de la Tara	gr.	123.4	152.3	148.4	148.0	
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	373.6	675.2	815.8	742.1	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	336.5	587.0	691.0	619.5	
Peso del agua	gr.	37.1	88.2	124.8	122.6	
Peso del suelo seco	gr.	213	435	543	472	
Contenido de agua	%	17.4	20.3	23.0	26.0	
Densidad Seca	gr/cc	1.759	1.836	1.912	1.809	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 4:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural- calicata 01.



**Fuente:** Elaboración propia.

Según los datos interceptados de la tabla n° 8, se obtiene un contenido óptimo de humedad de 23.4%, y una densidad máxima seca de 1.912 gr/cm<sup>3</sup>, datos correspondientes al suelo natural de la calicata 01.



**Tabla n° 9:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883–suelo natural-calicata 01.

<b>Molde N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,742	9,532	9,431
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,698	4,762	4,794
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,044	4,770	4,637
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,135	2,129	2,122
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.363	2.240	2.185
<b>Humedad (%)</b>	23.5	23.3	23.6
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.913	1.817	1.768

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 10:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural – calicata 01.

<b>Molde N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	148.4	147.1	148.0
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	797.3	806.1	729.0
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	673.8	681.6	618.1
<b>Peso de agua (gr.)</b>	123.5	124.5	110.9
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	525.4	534.5	470.1
<b>Humedad (%)</b>	23.5	23.3	23.6

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 10, se presentan los contenidos de agua que fueron añadidos a la muestra natural que dieron como valor de 23.50%, 23.30% y 23.60%, para para realizar la compactación a los 3 moldes estandarizados.

**Tabla n° 11:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado – calicata 01.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
2-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
3-May	14:00	24	190	2.03	1.75	187	1.96	1.68	178	1.73	1.48
4-May	14:00	48	200	2.29	1.96	198	2.24	1.92	196	2.18	1.88
5-May	14:00	72	210	2.54	2.18	217	2.72	2.33	200	2.29	1.96
6-May	14:00	96	234	3.15	2.71	222	2.84	2.44	212	2.59	2.23

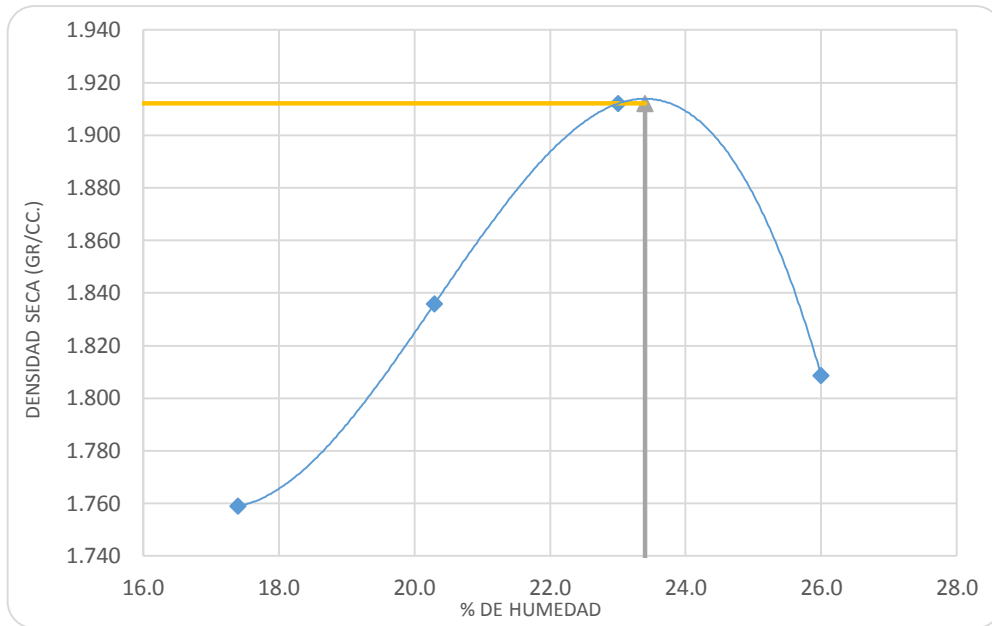
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 12:** Ensayo de Penetración – suelo natural – calicata 01.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		3	1.2			3	1.1			2	1.0		
0.050		9	2.6			8	2.3			7	2.0		
0.075		16	4.1			14	3.6			12	3.1		
0.100	70.307	30	7.2	7.0	10.0	23	5.7	5.8	8.2	21	5.2	5.0	7.1
0.150		43	10.1			35	8.4			31	7.5		
0.200	105.460	57	13.2	13.6	12.9	48	11.3	11.0	10.4	41	9.7	9.5	9.0
0.300		78	17.9			66	15.3			56	13.1		
0.400		106	24.2			90	20.6			77	17.6		
0.500		125	28.4			106	24.2			90	20.7		

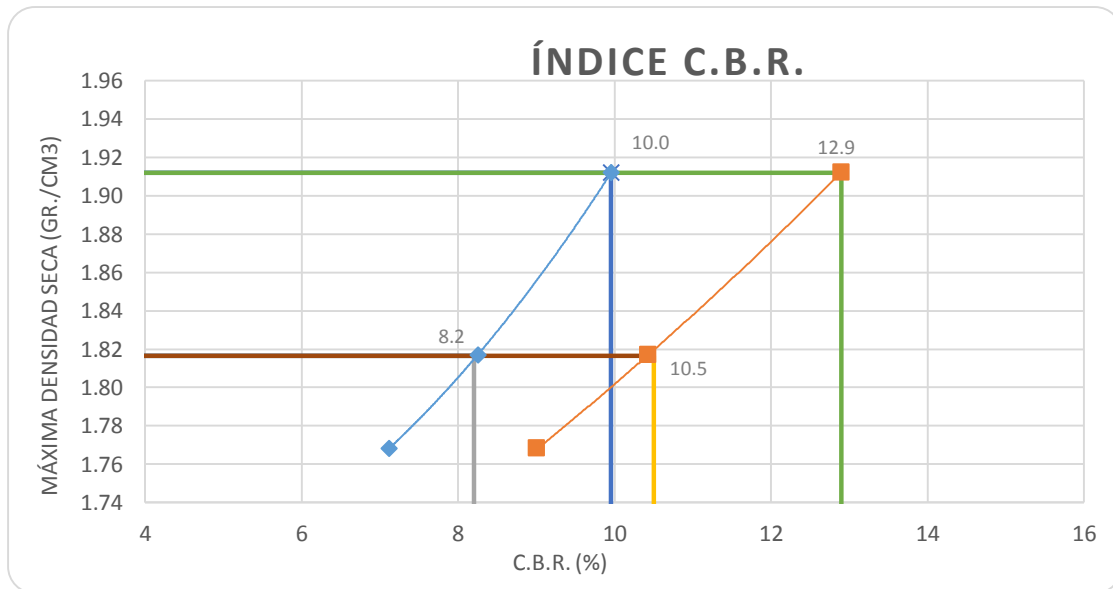
Fuente: Elaboración propia.

**Grafico n° 5:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural – calicata 01.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 6:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural – calicata 01.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 6, se presenta los CBR en estado natural de la calicata 1, para un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” (2.54 mm), la capacidad de soporte es de 10.00%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” (2054 mm), tiene una capacidad de soporte de 8.20%. se determina que la calidad de la calicata 01, es de mala calidad para ser utilizado como estructura vial.

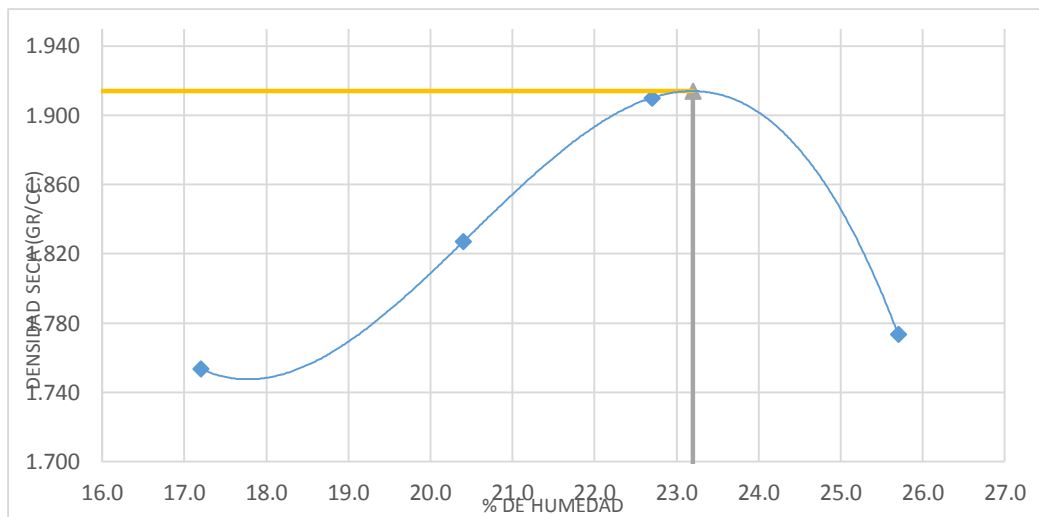
**Calicata – 02**

**Tabla n° 13:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural - calicata 02.

Volumen de Molde	2123	cm 3	Peso de Molde				6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			
<b>Peso Suelo + Molde</b>	gr.	10,655	10,962	11,268	11,025			
<b>Peso Suelo Húmedo Compactado</b>	gr.	4,363	4,670	4,976	4,733			
<b>Peso Volumétrico Húmedo</b>	gr.	2.055	2.200	2.344	2.229			
<b>Recipiente Numero</b>		-	-	-	-			
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	123.4	152.3	148.4	148.0			
<b>Peso Suelo Húmedo + Tara</b>	gr.	373.2	675.6	814.2	740.7			
<b>Peso Suelo Seco + Tara</b>	gr.	336.5	587.0	691.0	619.5			
<b>Peso del agua</b>	gr.	36.7	88.7	123.2	121.2			
<b>Peso del suelo seco</b>	gr.	213	435	543	472			
<b>Contenido de agua</b>	%	17.2	20.4	22.7	25.7			
<b>Densidad Seca</b>	gr/cc	1.754	1.827	1.910	1.774			

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico n° 7:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural- calicata 02.



Fuente: Elaboración propia.

Según los datos de la tabla n° 13, interceptados en el presente gráfico, se determinó que el contenido óptimo de humedad es de 23.20%, con una densidad máxima seca de 1.914 gr/cm³.

Datos correspondientes para el suelo natural de la calicata 02.

**Tabla n° 14:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883 – suelo natural - calicata 02.

<b>Molde N°</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,757	9,493	9,290
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,721	4,712	4,812
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,036	4,781	4,478
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,135	2,131	2,125
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.359	2.243	2.107
<b>Humedad (%)</b>	23.5	23.4	23.6
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.910	1.818	1.705

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 15:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural – calicata 02.

<b>Molde N°</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	154.3	165.2	173.8
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	668.4	698.8	544.4
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	570.6	597.6	473.6
<b>Peso de agua (gr.)</b>	97.8	101.2	70.8
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	416.3	432.4	299.8
<b>Humedad (%)</b>	23.5	23.4	23.6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 15, se muestran los contenidos de humedad que se añadió a cada muestra, la primera que fue compactada a 56 golpes por capa, es de 23.50%, la segunda que fue compactada a 25 golpes, por capa, es de 23.40%, y la última que fue compactada con 10 golpes por capa, cada capa es de 23.60%.

**Tabla n° 16:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado – calicata 02.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
2-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
3-May	14:00	24	114	0.10	0.09	111	0.03	0.02	112	0.05	0.04
4-May	14:00	48	124	0.36	0.30	117	0.18	0.15	116	0.15	0.13
5-May	14:00	72	131	0.53	0.46	119	0.23	0.20	118	0.20	0.17
6-May	14:00	96	137	0.69	0.59	130	0.51	0.44	122	0.30	0.26

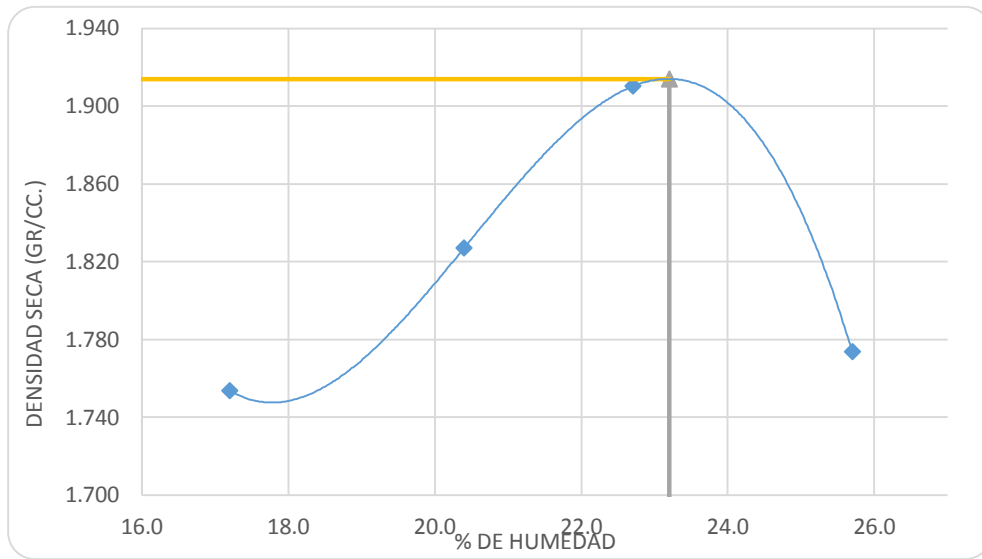
Fuente: Elaboración propia

**Tabla n° 17:** Ensayo de Penetración – suelo natural – calicata 02.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 4				Molde N° 5				Molde N° 6			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		4	1.5			3	1.3			3	1.2		
0.050		11	3.0			9	2.6			8	2.3		
0.075		17	4.3			14	3.8			12	3.3		
0.100	70.307	28	6.8	6.8	9.7	24	5.9	5.5	7.8	20	5.1	4.8	6.8
0.150		40	9.5			34	8.1			29	7.0		
0.200	105.460	56	13.0	12.0	11.4	47	11.0	10.6	10.1	43	10.1	9.3	8.8
0.300		79	18.1			67	15.5			57	13.3		
0.400		112	25.5			95	21.8			81	18.6		
0.500		125	28.4			112	25.5			87	19.9		

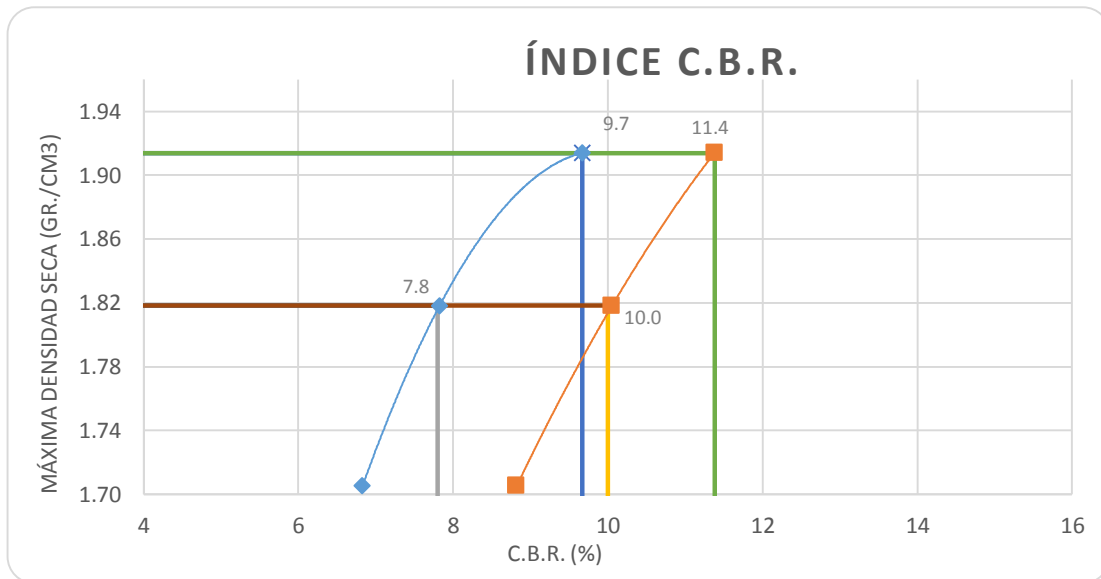
Fuente: Elaboración propia.

**Grafico n° 8:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural – calicata 02.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 9:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural – calicata 02.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 9, se presentan los CBR para la calicata 2 en estado natural, El CBR para un 100% de DMs a una penetración de 0.1", es de 9.7%, y el CBR a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1" es de 7.8%, estos CBR en estado natural de la calicata 02, son de baja calidad por lo tanto no es apto para una infraestructura vial, lo cual fue más óptimo realizar una estabilización para mejorar su capacidad inicial.

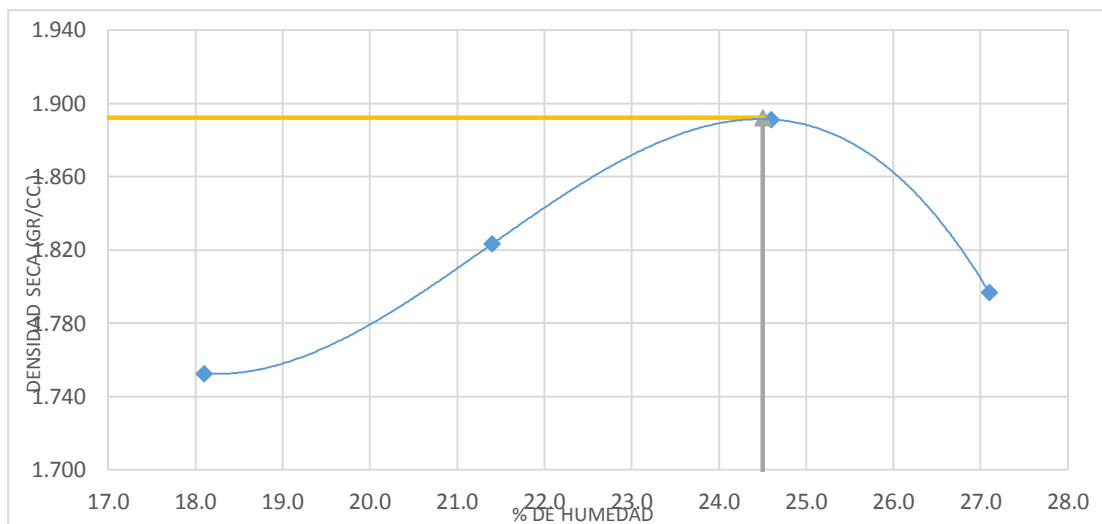
### Calicata – 03

**Tabla n° 18:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural - calicata 03.

Volumen de Molde	2123	cm3	Peso de Molde		6292	gr
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,686	10,991	11,295	11,140	
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	4,394	4,699	5,003	4,848	
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	2.070	2.213	2.356	2.284	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso de la Tara	gr.	123.4	152.3	148.4	148.0	
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	373.6	680.0	824.5	747.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	335.2	587.0	691.0	619.5	
Peso del agua	gr.	38.3	93.0	133.5	127.8	
Peso del suelo seco	gr.	212	435	543	472	
Contenido de agua	%	18.1	21.4	24.6	27.1	
Densidad Seca	gr/cc	1.753	1.823	1.891	1.797	

Fuente: Elaboración propia.

**Grafico n° 10:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural- calicata 03.



Fuente: Elaboración propia.

Los datos del contenido de humedad, y las densidades secas de la Tabla n° 18, fueron interceptadas en el presente gráfico, y se determinó que el contenido óptimo de humedad es de 24.50%, y una densidad máxima seca de 1.892 gr/cm<sup>3</sup>, Valores de calicata 03 – suelo natural.



**Tabla n° 19:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883–suelo natural-calicata 03.

<b>Molde N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,725	9,275	9,148
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,698	4,762	4,794
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,027	4,513	4,354
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,135	2,129	2,122
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.355	2.120	2.052
<b>Humedad (%)</b>	24.0	23.6	24.2
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.899	1.715	1.652

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 20:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural – calicata 03.

<b>Molde N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	148.4	147.1	148.0
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	799.9	807.7	731.9
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	673.8	681.6	618.1
<b>Peso de agua (gr.)</b>	126.1	126.1	113.8
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	525.4	534.5	470.1
<b>Humedad (%)</b>	24.0	23.6	24.2

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 20, se muestran los contenidos de humedad en porcentajes a la muestra de suelo natural, para realizar la compactación en 3 moldes, en 5 capas, una compactación de 56, 25 y 10 golpes con un pisón de 10 Libras.

**Tabla n° 21:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado – calicata 03.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
2-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
3-May	14:00	24	190	2.03	1.75	187	1.96	1.68	178	1.73	1.48
4-May	14:00	48	200	2.29	1.96	198	2.24	1.92	196	2.18	1.88
5-May	14:00	72	210	2.54	2.18	217	2.72	2.33	200	2.29	1.96
6-May	14:00	96	234	3.15	2.71	222	2.84	2.44	212	2.59	2.23

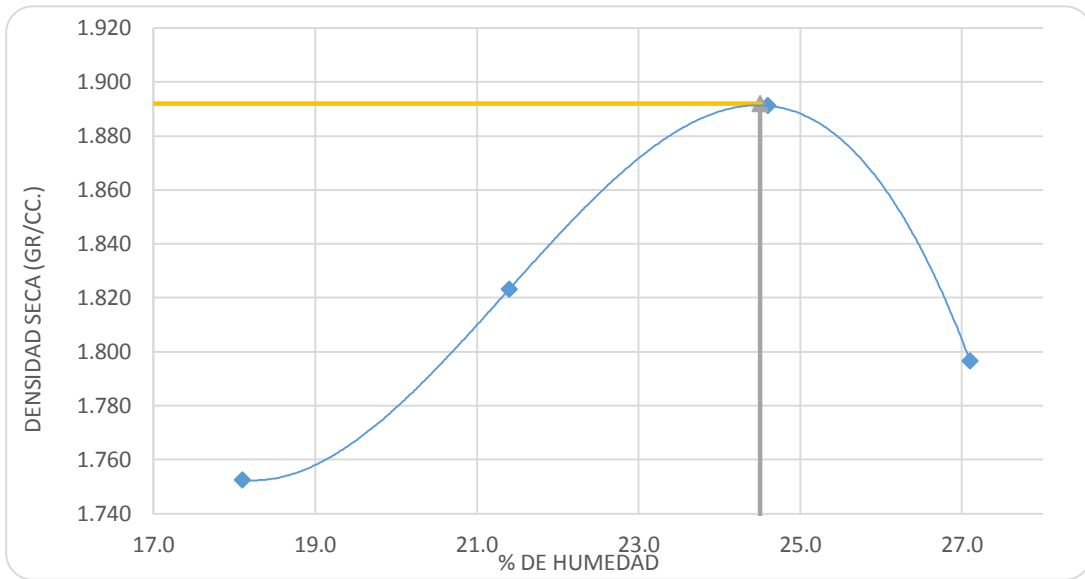
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 22:** Ensayo de Penetración – suelo natural – calicata 03.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		4	1.5			3	1.1			2	1.0		
0.050		9	2.6			7	2.1			5	1.7		
0.075		14	3.7			12	3.2			9	2.6		
0.100	70.307	28	6.8	6.6	9.4	22	5.5	5.8	8.2	21	5.2	5.0	7.1
0.150		40	9.5			37	8.8			31	7.5		
0.200	105.460	56	13.0	13.1	12.4	45	10.6	11.5	10.9	41	9.7	10.3	9.8
0.300		81	18.6			69	15.9			56	13.1		
0.400		110	25.0			89	20.4			69	15.9		
0.500		125	28.4			112	25.5			83	19.0		

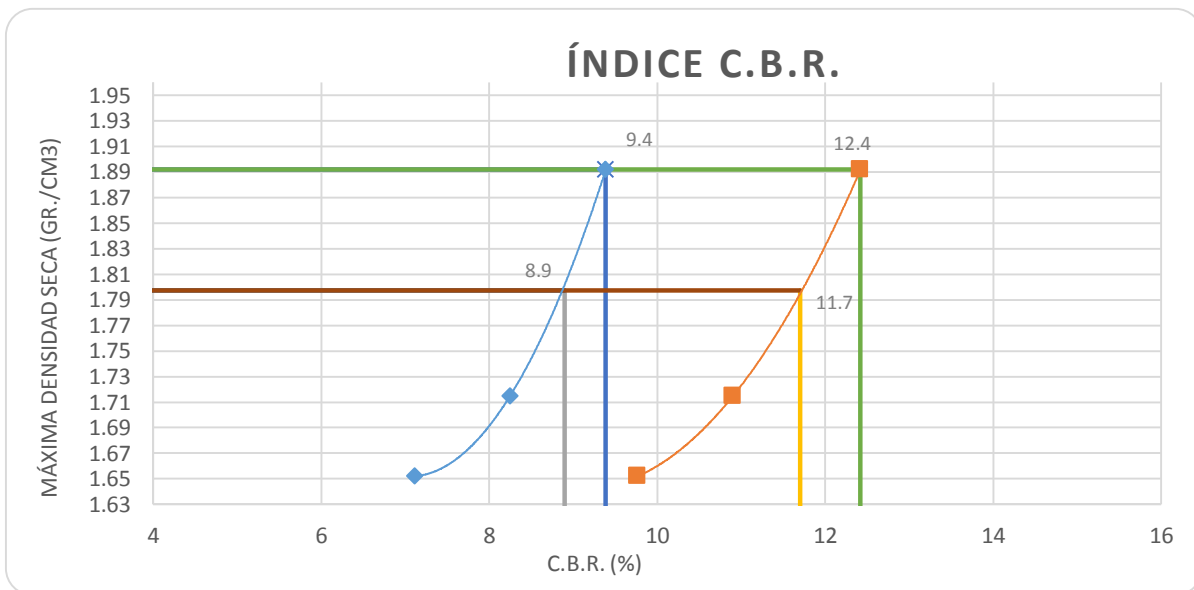
Fuente: Elaboración propia.

**Grafico n° 11:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural – calicata 03.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 12:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural – calicata 03.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 12, se determina que a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” se tiene un CBR de 9.40%, a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” se obtuvo un CBR de 8.90%, estos datos indican que el suelo natural de la calicata 03, es de baja calidad al igual que las calicatas 01 y 02, siendo las 3 no aptas para una infraestructura vial.

## Estabilización de suelo natural con aditivo Proes

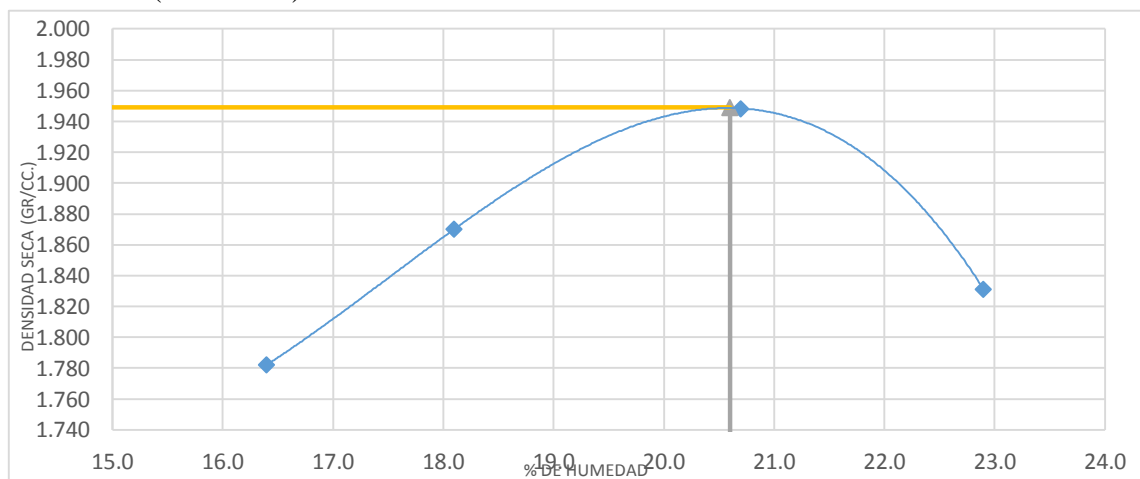
### Calicata – 01

**Tabla n° 23:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 01.

Volumen de Molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde				6292	gr
NUMERO DE ENSAYOS		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			
Peso Suelo + Molde	gr.	10,696	10,981	11,285	11,070			
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	4,404	4,689	4,993	4,778			
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	2.074	2.209	2.352	2.251			
Recipiente Numero		-	-	-	-			
Peso de la Tara	gr.	123.4	152.3	148.4	148.0			
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	371.4	665.6	803.3	727.5			
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	336.5	587.0	691.0	619.5			
Peso del agua	gr.	34.9	78.7	112.3	108.0			
Peso del suelo seco	gr.	213	435	543	472			
Contenido de agua	%	16.4	18.1	20.7	22.9			
Densidad Seca	gr/cc	1.782	1.870	1.948	1.831			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 13:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 01.



**Fuete:** Elaboración propia.

En el grafico n° 13, se intercepto el contenido de humedad, y la densidad seca de la tabla n° 23, dio como resultado un contenido óptimo de humedad de 20.60%, con adición de aditivo Proes, y una densidad máxima seca de 1.949 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla n°24:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883–suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) -calicata 01.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,699	9,506	9,276
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,698	4,762	4,794
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,001	4,744	4,482
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.351	2.226	2.106
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.948	1.852	1.748

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 25:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 01.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	148.4	147.1	148.0
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	782.6	789.6	714.5
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	673.8	681.6	618.1
<b>Peso de agua (gr.)</b>	108.8	108.0	96.4
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	525.4	534.5	470.1
<b>Humedad (%)</b>	20.7	20.2	20.5

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 25, se calculó el contenido de humedad que se añadió a cada molde de CBR, dio como contenido de humedad para el molde 2, 20.70% compactado con 56 golpes, para el molde n° 4 compactado con 25 golpes, 20.20% y para el molde n° 1, 20.50% compactado cada capa por 10 golpes con un pisón de 10 libras.

**Tabla n° 26:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 01.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
31-Mar	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
1-Abr	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00
2-Abr	14:00	48	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
3-Abr	14:00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04
4-Abr	14:00	96	121	0.28	0.24	117	0.18	0.15	114	0.10	0.09

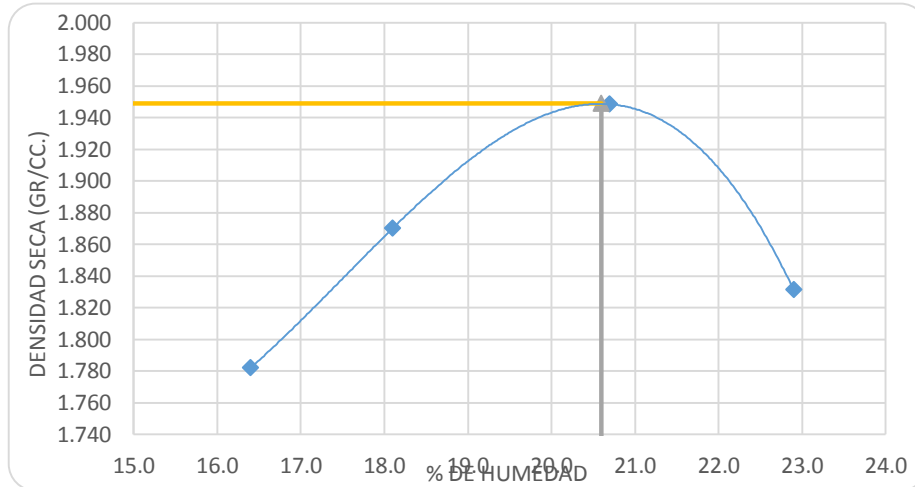
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 27:** Ensayo de Penetración – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 01.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		33	1.6			27	1.3			15	0.7		
0.050		297	14.7			201	10.0			81	4.0		
0.075		771	38.2			552	27.3			213	10.5		
0.100	70.307	1251	61.9	58.0	82.5	861	42.6	38.0	54.0	354	17.5	15.5	22.0
0.150		1995	98.8			1308	64.8			528	26.1		
0.200	105.460	2319	114.8	118.0	111.9	1602	79.3	81.0	76.8	657	32.5	32.0	30.3
0.300		2943	145.7			2043	101.2			783	38.8		
0.400		3306	163.7			2232	110.5			888	44.0		
0.500		3465	171.6			2384	118.0			967	47.9		

Fuente: Elaboración propia.

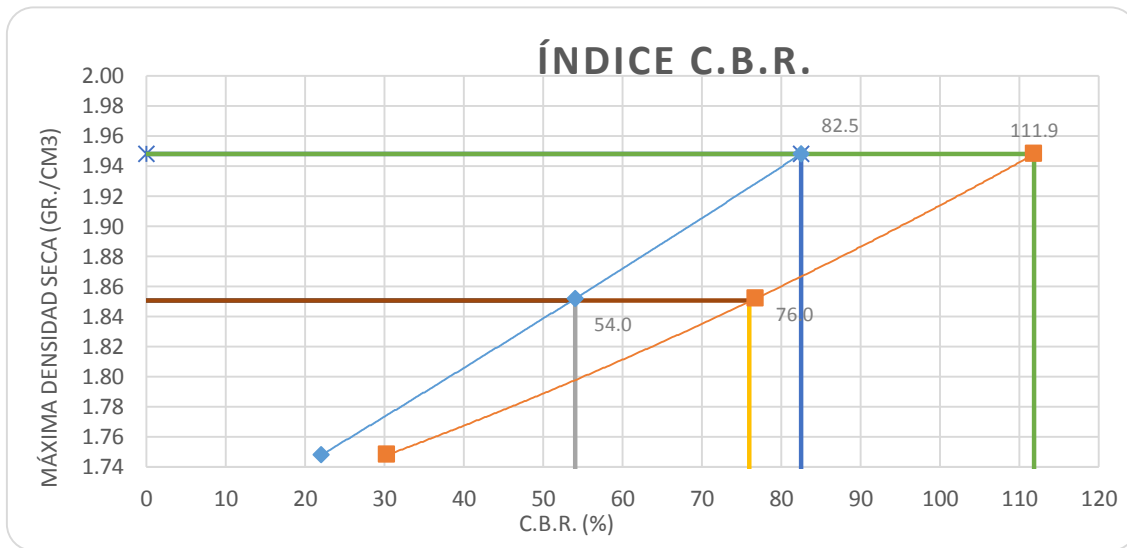
**Grafico n° 14:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) – calicata 01



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° se presenta la densidad máxima seca de 1.949 gr/cm<sup>3</sup>, y una densidad máxima seca al 95% con un valor de 1.852 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 15:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) – calicata 01.



**Fuente:** Elaboración propia.

El gráfico n° 15. Presenta el índice CBR a 100% de DMs a 0.1” de penetración es de 82.50%, y a 95% de DMs y a 0.1” de penetración es de 54.00%, el suelo estabilizado con aditivo proes en la calicata 01, aumento con gran consideración sus capacidades mecánicas.

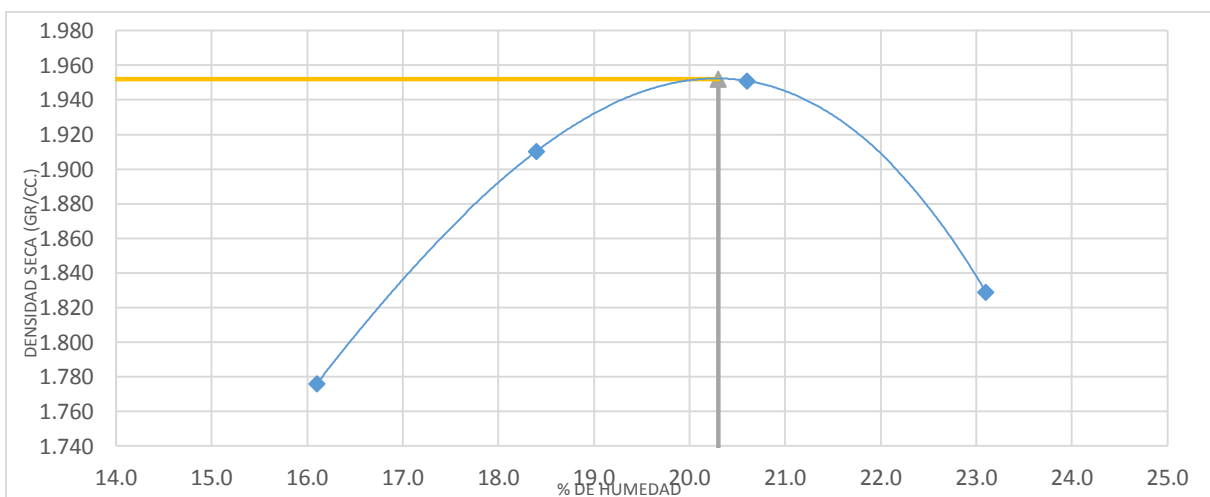
## Calicata – 02

**Tabla n° 28:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 02.

Volumen de Molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde		6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Peso Suelo + Molde</b>	gr.	10,669	11,094	11,287	11,072	
<b>Peso Suelo húmedo Compactado</b>	gr.	4,377	4,802	4,995	4,780	
<b>Peso Volumétrico húmedo</b>	gr.	2.062	2.262	2.353	2.251	
<b>Recipiente Numero</b>		-	-	-	-	
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	123.4	145.1	98.7	105.7	
<b>Peso Suelo húmedo + Tara</b>	gr.	410.1	362.1	392.3	416.1	
<b>Peso Suelo Seco + Tara</b>	gr.	370.3	328.4	342.1	357.9	
<b>Peso del agua</b>	gr.	39.8	33.7	50.1	58.3	
<b>Peso del suelo seco</b>	gr.	247	183	243	252	
<b>Contenido de agua</b>	%	16.1	18.4	20.6	23.1	
<b>Densidad Seca</b>	gr/cc	1.776	1.910	1.951	1.829	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 16:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 02.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 13, se interceptaron los valores obtenidos de la densidad seca y el contenido de humedad, dio como resultado un Contenido óptimo de humedad de 20.30% y una densidad máxima seca de 1.952 gr/cm<sup>3</sup>.



**Tabla n°29:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883–suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) -calicata 02.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,801	9,492	9,321
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,812	4,732	4,827
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	4,989	4,760	4,494
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.346	2.234	2.112
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.954	1.857	1.758

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 30:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	91.4	86.3	86.7
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	358.3	420.1	364.9
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	313.7	363.7	318.3
<b>Peso de agua (gr.)</b>	44.6	56.3	46.6
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	222.3	277.4	231.6
<b>Humedad (%)</b>	20.1	20.3	20.1

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 30, se presenta los contenidos de humedad aplicados a cada molde, siendo para el molde n° 2, un 20.10%, para el molde n° 4, un 20.30% y para el molde n° un 20.10%, cada molde fue compactado en 5 capas por un pisón de 10 libras, con una intensidad de 56, 25 y 10 golpes de forma respectiva.

**Tabla n° 31:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.

Fecha	Hora	Tiempo		Dial 0.01''		Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%	mm	%		mm	%			
26-May	14:00	0		110		0.00	0.00	110		0.00		0.00	0.00
27-May	14:00	24		111		0.03	0.02	111		0.03		0.00	0.00
28-May	14:00	48		112		0.05	0.04	112		0.05		0.03	0.02
29-May	14:00	72		114		0.10	0.09	114		0.10		0.05	0.04
30-May	14:00	96		119		0.23	0.20	116		0.15		0.08	0.07

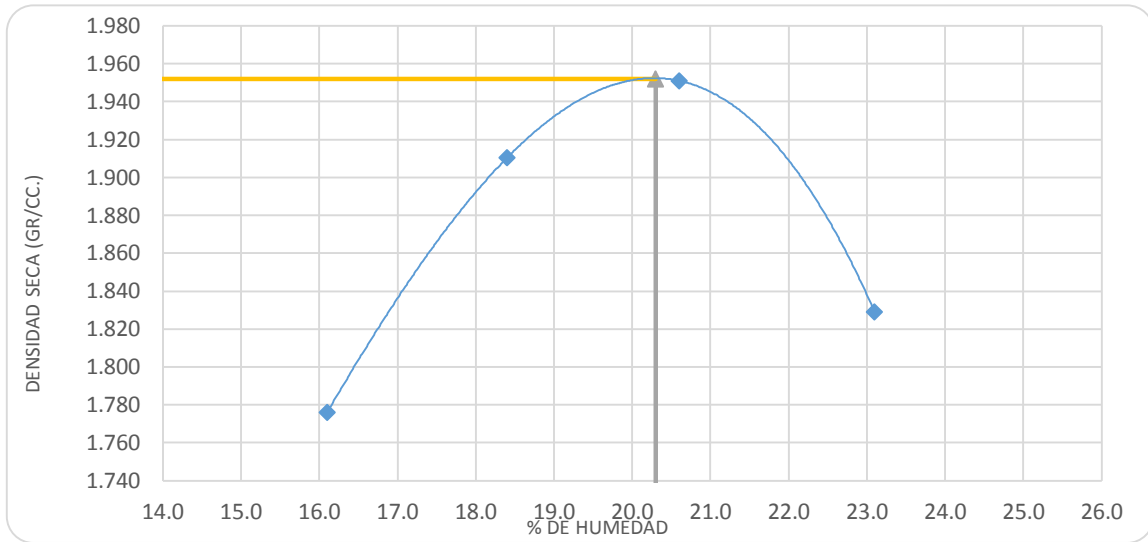
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 32:** Ensayo de Penetración – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		225	11.1			179	8.9			92	4.6		
0.050		509	25.2			413	20.4			281	13.9		
0.075		770	38.1			594	29.4			407	20.2		
0.100	70.307	1096	54.3	55.0	78.2	784	38.8	39.0	55.5	630	31.2	29.0	41.2
0.150		1701	84.2			1153	57.1			870	43.1		
0.200	105.460	2055	101.8	102.0	96.7	1399	69.3	70.0	66.4	1096	54.3	54.0	51.2
0.300		2568	127.2			1748	86.5			1316	65.2		
0.400		2945	145.8			1963	97.2			1392	68.9		
0.500		3128	154.9			2090	103.5			1446	71.6		

Fuente: Elaboración propia.

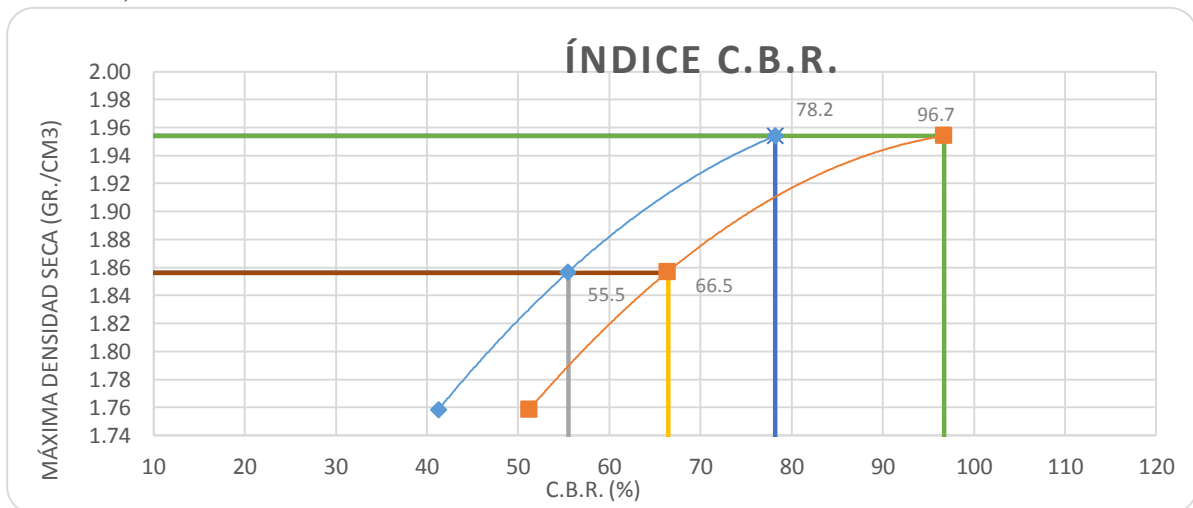
**Grafico n° 17:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico n° 17, se presenta la densidad máxima seca siendo 1.952 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% de 1.854 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 18:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico n° 18, se presentan los resultados de CBR, siendo para un 100% de DMs a una penetración de 0.1” un CBR de 78.20%, y para un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 55.5%, siendo un suelo de óptima calidad para ser empleados como infraestructura vial.

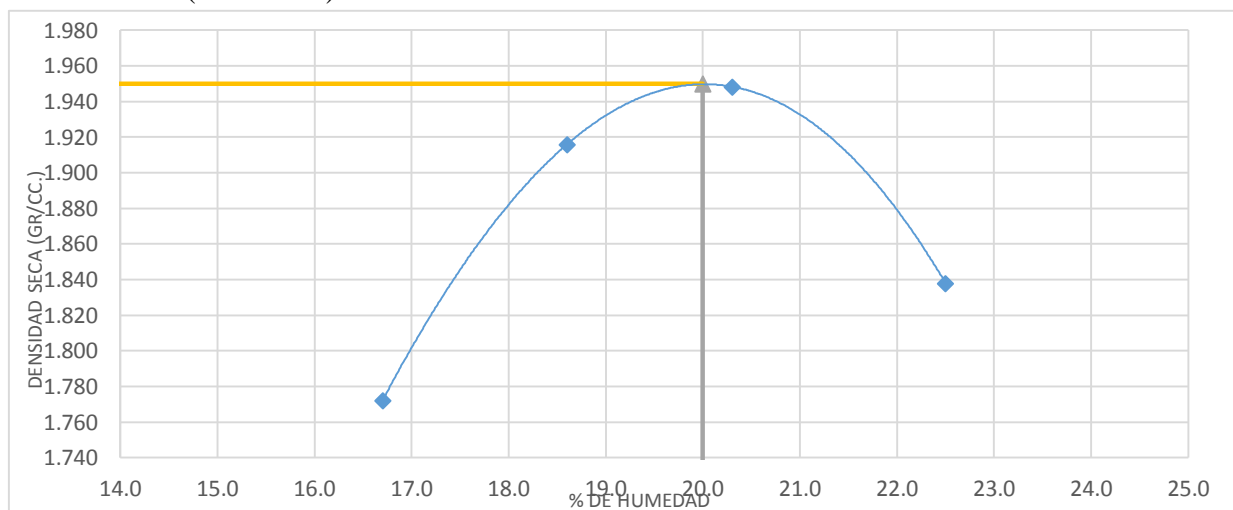
### Calicata – 03

**Tabla n° 33:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557, suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 03.

Volumen de molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde		6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,682	11,116	11,268	11,072	
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,390	4,824	4,976	4,780	
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.068	2.272	2.344	2.252	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso de la Tara	gr.	123.4	145.1	98.7	105.7	
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	407.7	364.1	388.4	415.1	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	367.0	329.7	339.5	358.3	
Peso del agua	gr.	40.7	34.3	48.9	56.8	
Peso del suelo seco	gr.	244	185	241	253	
Contenido de agua	%	16.7	18.6	20.3	22.5	
Densidad Seca	gr/cc	1.772	1.916	1.948	1.838	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico n° 19:** Densidad seca versus contenido de humedad – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) - calicata 03.



**Fuente:** Elaboración propia

En el gráfico n° 19, se presenta el contenido óptimo de humedad con un valor de 20.00%, y una densidad máxima seca de 1.950 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla n°34:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883–suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) -calicata 03.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	56	56
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,784	9,482	9,300
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,812	4,732	4,827
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	4,972	4,750	4,473
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.338	2.229	2.102
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.951	1.856	1.753

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 35:** Contenido óptimo de Humedad para CBR – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 02.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	91.4	86.3	86.7
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	357.7	418.4	363.9
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	313.7	362.8	317.9
<b>Peso de agua (gr.)</b>	44.0	55.6	46.0
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	222.3	276.5	231.2
<b>Humedad (%)</b>	19.8	20.1	19.9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 35, se presentan el porcentaje de humedad añadido a las 3 muestras compactadas a 56, 25 y 10 golpes, siendo para el primer un porcentaje de 19.80%, para el segundo molde un 20.10% y para el tercer molde un 19.90% de contenido de humedad de forma respectiva.

**Tabla n° 36:** Expansión del suelo natural en 4 días – estado saturado estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 03.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
22-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
23-May	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00
24-May	14:00	48	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	110	0.00	0.00
25-May	14:00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	111	0.03	0.02
26-May	14:00	96	118	0.20	0.17	116	0.15	0.13	112	0.05	0.04

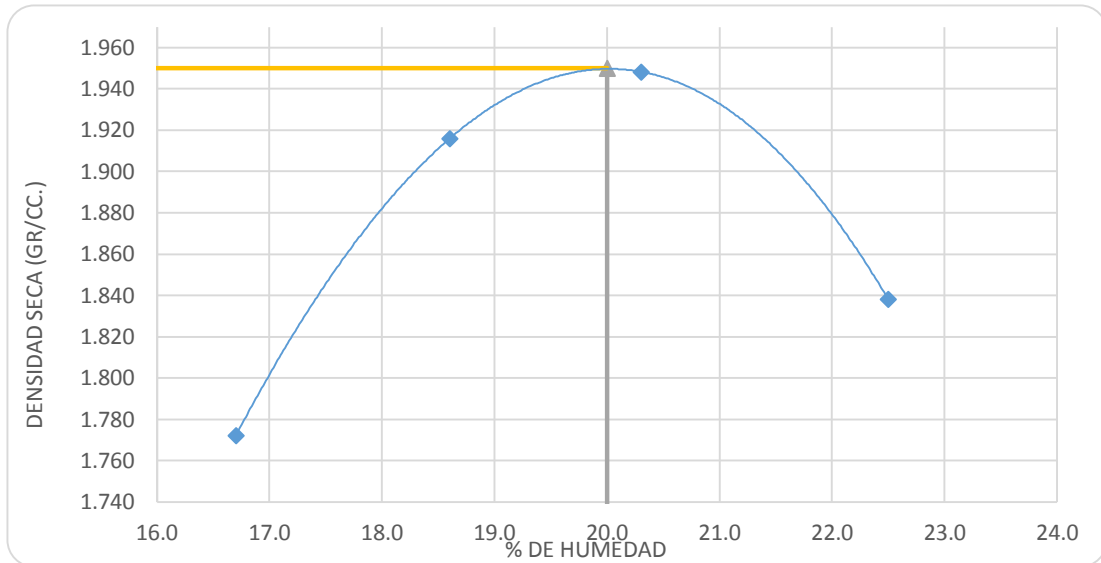
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 37:** Ensayo de Penetración – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 03.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 2				Molde N° 2			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		230	11.4			168	8.3			87	4.3		
0.050		489	24.2			406	20.1			275	13.6		
0.075		784	38.8			612	30.3			397	19.7		
0.100	70.307	1064	52.7	51.0	72.5	798	39.5	39.0	55.5	612	30.3	27.8	39.5
0.150		1540	76.3			1226	60.7			859	42.5		
0.200	105.460	1966	97.3	98.0	92.9	1504	74.5	74.0	70.2	1021	50.6	51.0	48.4
0.300		2654	131.4			1898	94.0			1297	64.2		
0.400		3108	153.9			2089	103.4			1381	68.4		
0.500		3318	164.3			2209	109.4			1429	70.8		

Fuente: Elaboración propia.

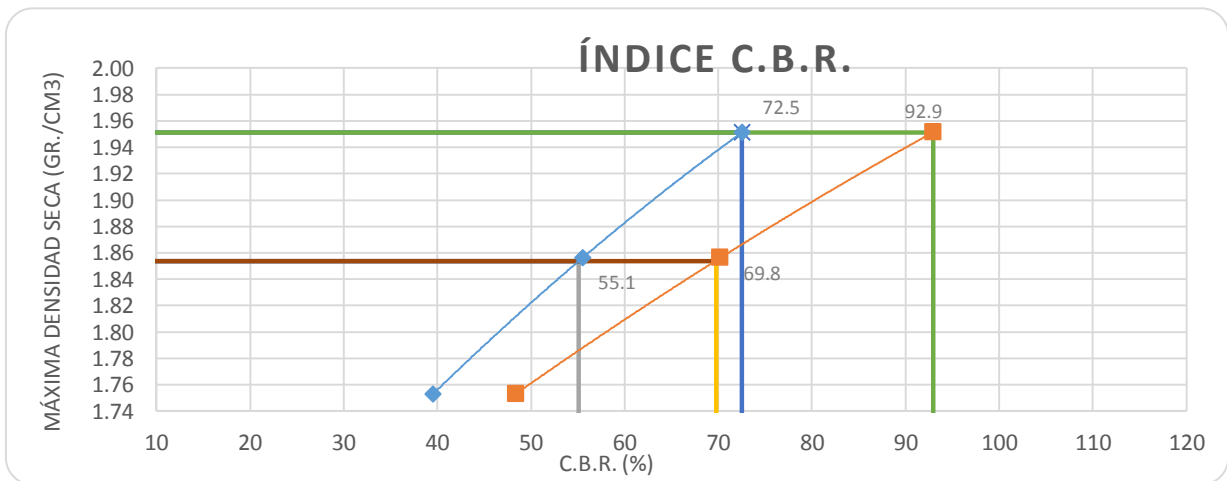
**Grafico n° 20:** Curva de Compactación – ASTM D1557 - suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 03.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 20, se proyecta la Densidad máxima seca con un valor de 1.950 gr/cm<sup>3</sup>, y una densidad máxima seca al 95% con un valor de 1.853%.

**Grafico n° 21:** Curva de CBR vs Densidad Seca – suelo natural estabilizado con aditivo Proes (0.35 lt/m3) – calicata 03.



**Fuete:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 21, se presenta los valores de índice de CBR, de la calicata 03 estabilizado con aditivo Proes, para un 100% de DMs a una penetración de 0.1” el CBR es de 72.50% y para un 95% de DMs el CBR viene a ser de 55.10%, se determina como un suelo de buena calidad.

## Estabilización de suelo natural con aditivo Terrasil (1.4Lt/m<sup>3</sup>)

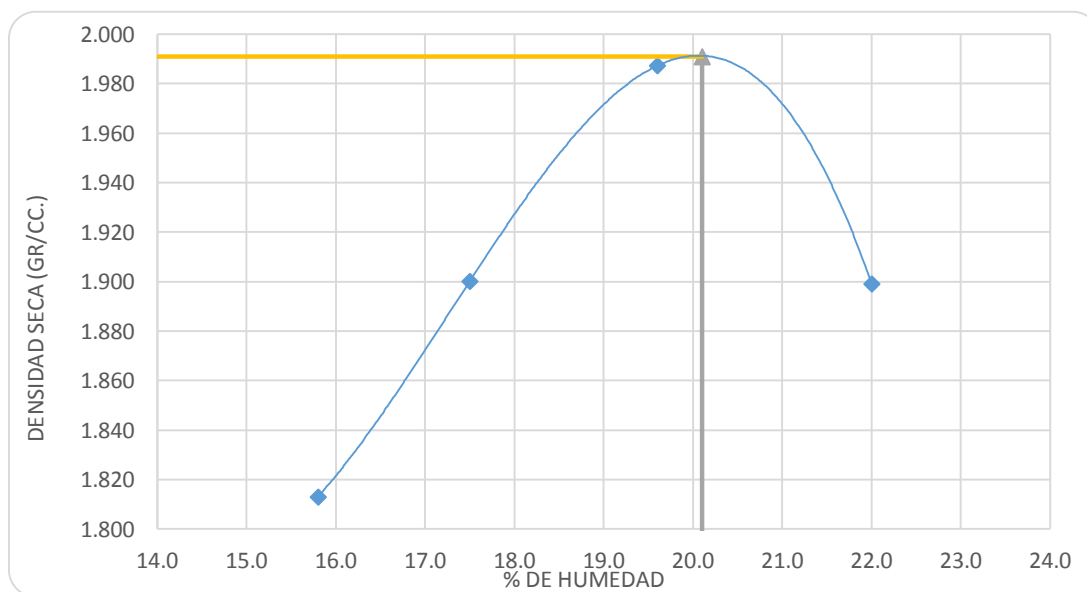
### Calicata - 01

Tabla n° 38: Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557

Volumen de Molde	2123	cm 3	Peso de Molde	6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,749	11,032	11,338	11,211
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,457	4,740	5,046	4,919
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.099	2.233	2.377	2.317
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso de la Tara	gr.	123.4	145.1	98.7	105.7
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	405.5	360.4	386.7	412.1
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	367.0	328.4	339.5	356.9
Peso del agua	gr.	38.5	32.1	47.2	55.3
Peso del suelo seco	gr.	244	183	241	251
Contenido de agua	%	15.8	17.5	19.6	22.0
Densidad Seca	gr/cc	1.813	1.900	1.987	1.899

Fuente: Elaboración propia.

Grafico n° 22: Densidad seca versus contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 22, se determinó un contenido óptimo de humedad de 20.10% y una densidad máxima seca de 1.991 gr/cm<sup>3</sup>, Includido aditivo químico Terrasil.



**Tabla n° 39:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

Molde N°	2	4	1
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	10
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9,884	9,674	9,435
Peso molde (gr.)	4,812	4,732	4,827
Peso suelo compactado (gr.)	5,072	4,942	4,608
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,127	2,131	2,128
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.384	2.319	2.165
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.987	1.928	1.806

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 40:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

Molde N°	2	4	1
Peso de tara (gr.)	91.4	86.3	86.7
Tara + suelo húmedo (gr.)	355.3	418.9	364.4
Tara + suelo seco (gr.)	311.3	362.8	318.3
Peso de agua (gr.)	44.0	56.1	46.1
Peso de suelo seco (gr.)	219.9	276.5	231.6
Humedad (%)	20.0	20.3	19.9

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 40, se muestran los resultados del contenido de humedad añadido a cada patrón, siendo de 20.00% para la muestra 2 compactada a 56 golpes, de 20.30% para la muestra 4 compactada a 25 golpes, y de 19.90% para la muestra 1 compactada 10 veces cada capa respectivamente.

**Tabla n° 41:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
23-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
24-May	14:00	24	113	0.08	0.07	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
25-May	14:00	48	115	0.13	0.11	113	0.08	0.07	112	0.05	0.04
26-May	14:00	72	119	0.23	0.20	115	0.13	0.11	113	0.08	0.07
27-May	14:00	96	121	0.28	0.24	116	0.15	0.13	115	0.13	0.11

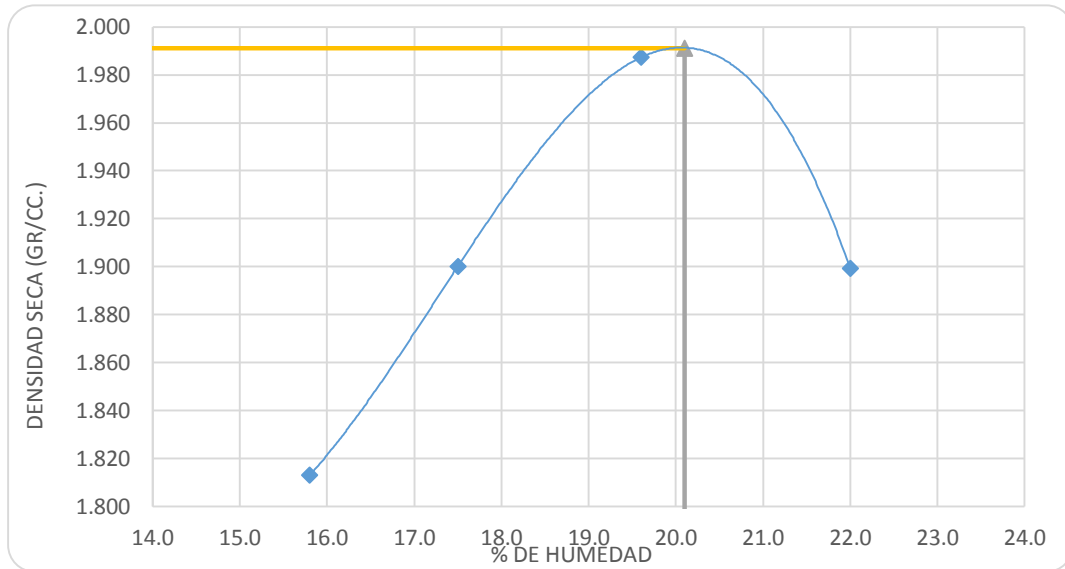
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 42:** Ensayo de Penetración

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		411	20.4			224	11.1			172	8.5		
0.050		870	43.1			537	26.6			383	19.0		
0.075		1132	56.0			759	37.6			565	28.0		
0.100	70.307	1319	65.3	70.0	99.6	978	48.4	49.0	69.7	712	35.3	36.0	51.2
0.150		1939	96.0			1434	71.0			1012	50.1		
0.200	105.460	2345	116.1	116.0	110.0	1947	96.4	92.0	87.2	1220	60.4	59.0	55.9
0.300		2993	148.2			2380	117.8			1376	68.1		
0.400		3386	167.7			2841	140.7			1551	76.8		
0.500		3612	178.8			2853	141.3			1631	80.8		

Fuente: Elaboración propia.

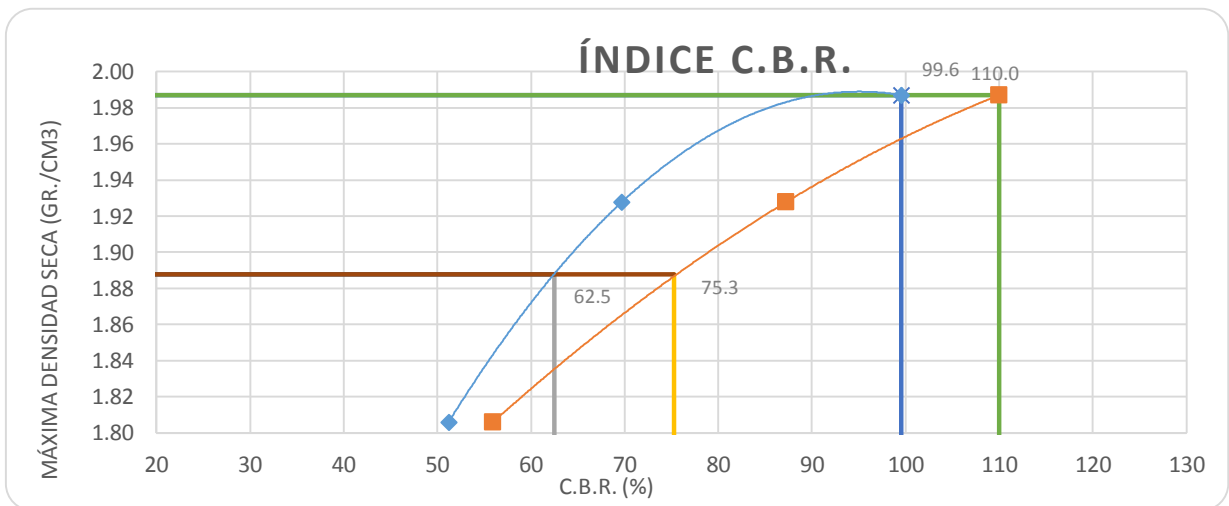
**Grafico n° 23:** Curva de Compactación – ASTM D1557



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 23, se presenta la Densidad máxima seca a un 100% que es de 1.991 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% es de 1.891 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 24:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 24, se presenta el índice de CBR, a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 99.60%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” el CBR es de 62.50%, siendo estos resultados de muy buena calidad para ser utilizados como infraestructura vial.

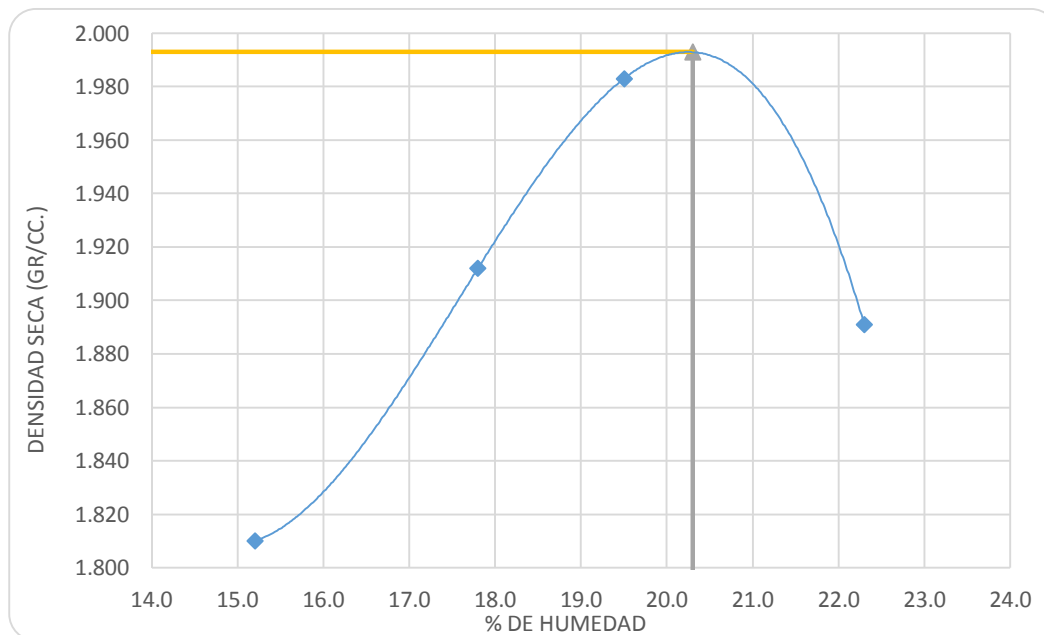
**Calicata – 02**

**Tabla n° 43:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557

<b>Volumen de Molde</b>	2123	cm <sup>3</sup>	<b>Peso de Molde</b>		
<b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Peso Suelo + Molde</b>	gr.	10,719	11,074	11,323	11,202
<b>Peso Suelo húmedo Compactado</b>	gr.	4,427	4,782	5,031	4,910
<b>Peso Volumétrico húmedo</b>	gr.	2.085	2.252	2.370	2.313
<b>Recipiente Numero</b>		-	-	-	-
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	125.6	134.2	154.2	146.8
<b>Peso Suelo húmedo + Tara</b>	gr.	321.5	361.8	306.7	312.1
<b>Peso Suelo Seco + Tara</b>	gr.	295.7	327.4	281.8	282.0
<b>Peso del agua</b>	gr.	25.8	34.4	24.9	30.1
<b>Peso del suelo seco</b>	gr.	170	193	128	135
<b>Contenido de agua</b>	%	15.2	17.8	19.5	22.3
<b>Densidad Seca</b>	gr/cc	1.810	1.912	1.983	1.891

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 25:** Densidad seca versus contenido de humedad.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 25, se determinó el óptimo contenido de humedad, dando como resultado 20.30%, y una densidad máxima seca de 1.993 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla n° 44:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Número de capas</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Número de golpes</b>	<b>56</b>	<b>25</b>	<b>10</b>
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	<b>9,845</b>	<b>9,600</b>	<b>9,440</b>
<b>Peso molde (gr.)</b>	<b>4,812</b>	<b>4,732</b>	<b>4,827</b>
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,033	4,868	4,613
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,127</b>	<b>2,131</b>	<b>2,128</b>
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.366	2.284	2.168
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.995	1.931	1.823

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 45:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	<b>91.4</b>	<b>86.3</b>	<b>86.7</b>
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	<b>355.1</b>	<b>413.4</b>	<b>362.1</b>
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	<b>313.7</b>	<b>362.8</b>	<b>318.3</b>
<b>Peso de agua (gr.)</b>	41.4	50.6	43.8
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	222.3	276.5	231.6
<b>Humedad (%)</b>	18.6	18.3	18.9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 45, se presenta los porcentajes de humedad que fueron añadidos a cada muestra, incluido el aditivo químico Terrasil, la primera fue de 18.60%, siendo esta compactada en 5 capas por 56 golpes cada una, la segunda fue de 18.30% con un nivel de compactación de 25 golpes por cada capa, y la última fue de 18.90% de humedad con un grado de compactación de 10 golpes por capa con un pisón manual de 10 libras.

**Tabla n° 46:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo Hora	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
23-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
24-May	14:00	24	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
25-May	14:00	48	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	111	0.03	0.02
26-May	14:00	72	116	0.15	0.13	115	0.13	0.11	112	0.05	0.04
27-May	14:00	96	122	0.30	0.26	117	0.18	0.15	114	0.10	0.09

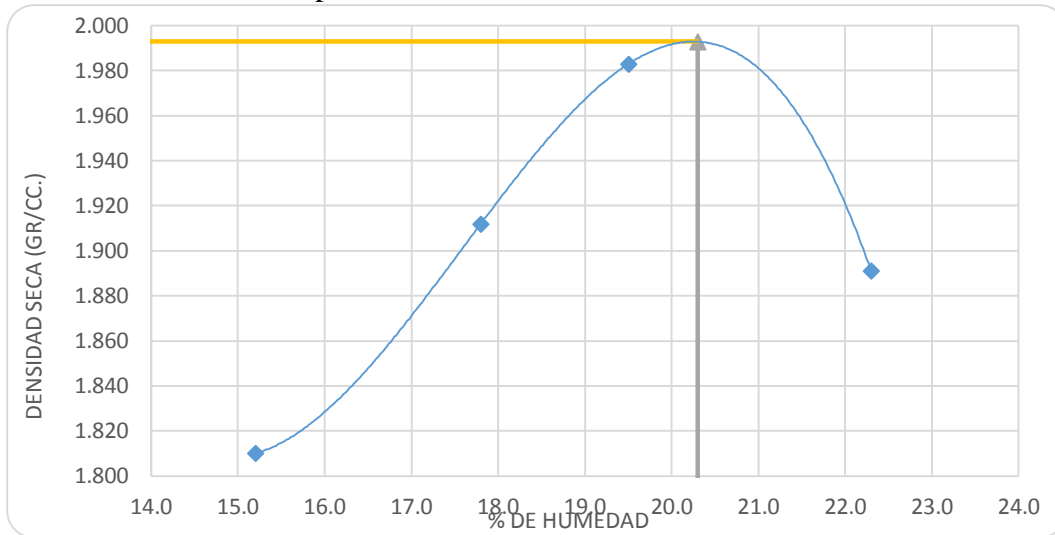
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 47:** Ensayo de Penetración

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		435	21.5			225	11.1			169	8.4		
0.050		865	42.8			526	26.0			392	19.4		
0.075		1128	55.9			762	37.7			578	28.6		
0.100	70.307	1326	65.7	69.0	98.1	984	48.7	50.0	71.1	745	36.9	37.0	52.6
0.150		1906	94.4			1436	71.1			1026	50.8		
0.200	105.460	2298	113.8	114.0	108.1	1952	96.7	92.0	87.2	1294	64.1	61.3	58.1
0.300		2964	146.8			2371	117.4			1399	69.3		
0.400		3321	164.4			2840	140.6			1602	79.3		
0.500		3597	178.1			2859	141.6			1645	81.4		

Fuente: Elaboración propia.

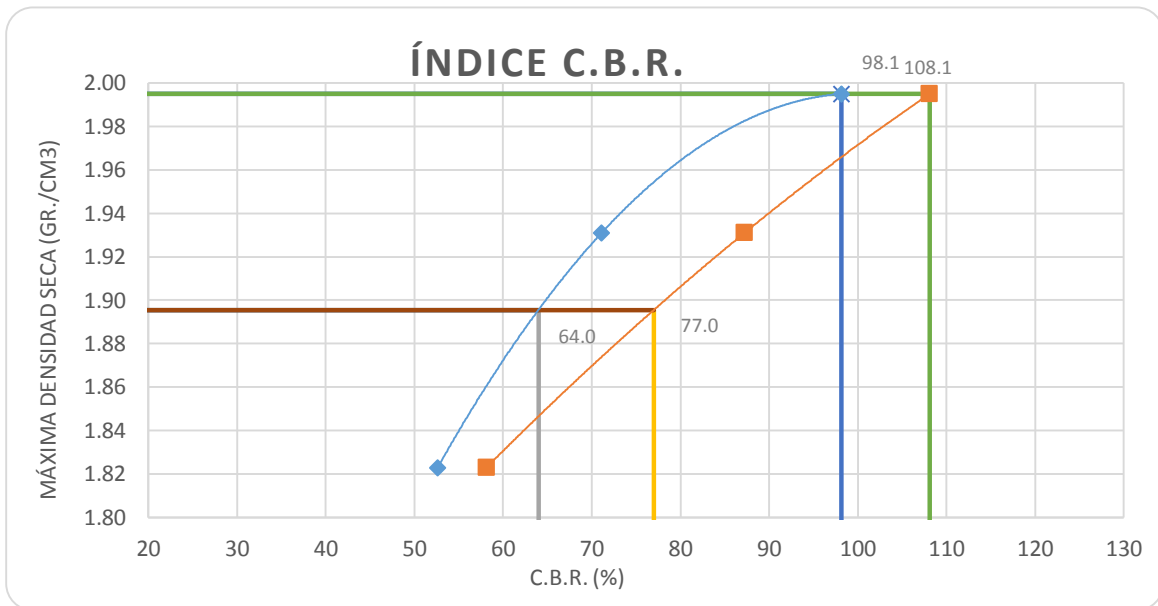
**Grafico n° 26:** Curva de Compactación – ASTM D1557.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 26, se determinó la densidad máxima seca, siendo de 1.993 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a 95% fue de 1.893 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 27:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 27, se determinó que a un 100% de DMs, el índice CBR es de 98.10%, y a un 95% de DMs, el CBR es de 64.00%, siendo estos CBR estabilizados de buena calidad para ser empleados en infraestructuras viales.

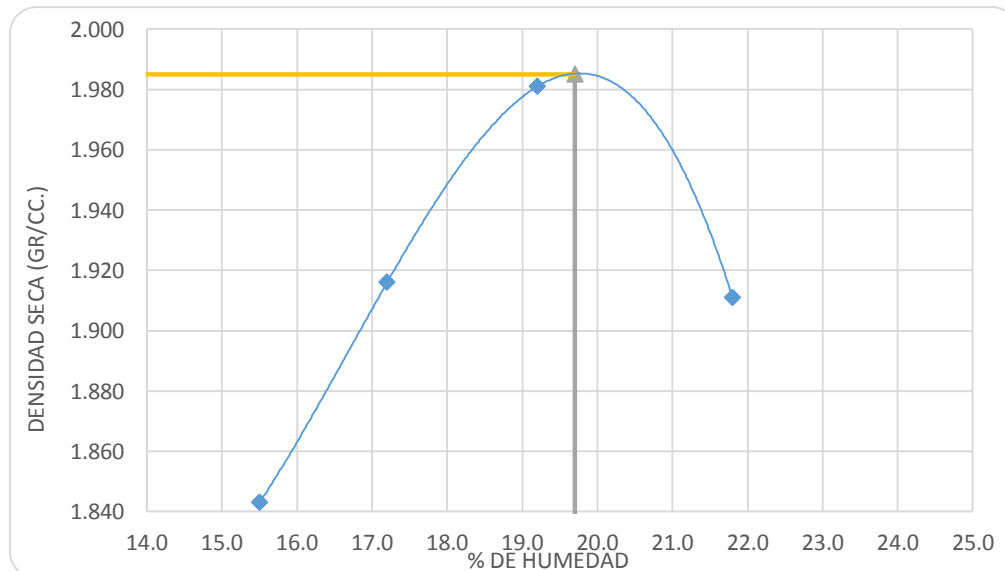
### Calicata – 03

Tabla n° 48: Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557

Volumen de molde	2123	Cm3	Peso de Molde			6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	10,811	11,059	11,305	11,233		
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,519	4,767	5,013	4,941		
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.129	2.246	2.361	2.328		
Recipiente Numero		-	-	-	-		
Peso de la Tara	gr.	167.2	154.8	145.6	149.1		
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	395.4	351.8	391.2	321.8		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	364.8	322.9	351.6	290.9		
Peso del agua	gr.	30.6	28.9	39.6	30.9		
Peso del suelo seco	gr.	198	168	206	142		
Contenido de agua	%	15.5	17.2	19.2	21.8		
Densidad Seca	gr/cc	1.843	1.916	1.981	1.911		

Fuente: Elaboración propia.

Grafico n° 28: Densidad seca versus contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico n° 28, se determinó el contenido óptimo de humedad, que fue de 19.70% y una densidad máxima seca de 1.985 gr/cm<sup>3</sup>, estos resultados no están incluidos con la dosificación del aditivo Terrasil.



**Tabla n° 49:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,861	9,597	9,537
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,812	4,732	4,827
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,049	4,865	4,710
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.374	2.283	2.213
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.983	1.912	1.846

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 50:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

<b>Molde N°</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Peso de tara (gr.)</b>	121.3	154.3	143.2
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	384.5	402.3	358.4
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	341.2	362.0	322.7
<b>Peso de agua (gr.)</b>	43.3	40.3	35.7
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	219.9	207.7	179.5
<b>Humedad (%)</b>	19.7	19.4	19.9

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 50, se calculó el contenido de humedad que se añadió a cada molde de CBR, dio como contenido de humedad para el molde 2, 19.70% compactado con 56 golpes, para el molde n° 4 compactado con 25 golpes, 19.40% y para el molde n° 1, 19.90% compactado cada capa por 10 golpes con un pisón de 10 libras.

**Tabla n° 51:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
31-Mar	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
1-Abr	14:00	24	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02
2-Abr	14:00	48	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
3-Abr	14:00	72	118	0.20	0.17	114	0.10	0.09	113	0.08	0.07
4-Abr	14:00	96	120	0.25	0.22	116	0.15	0.13	114	0.10	0.09

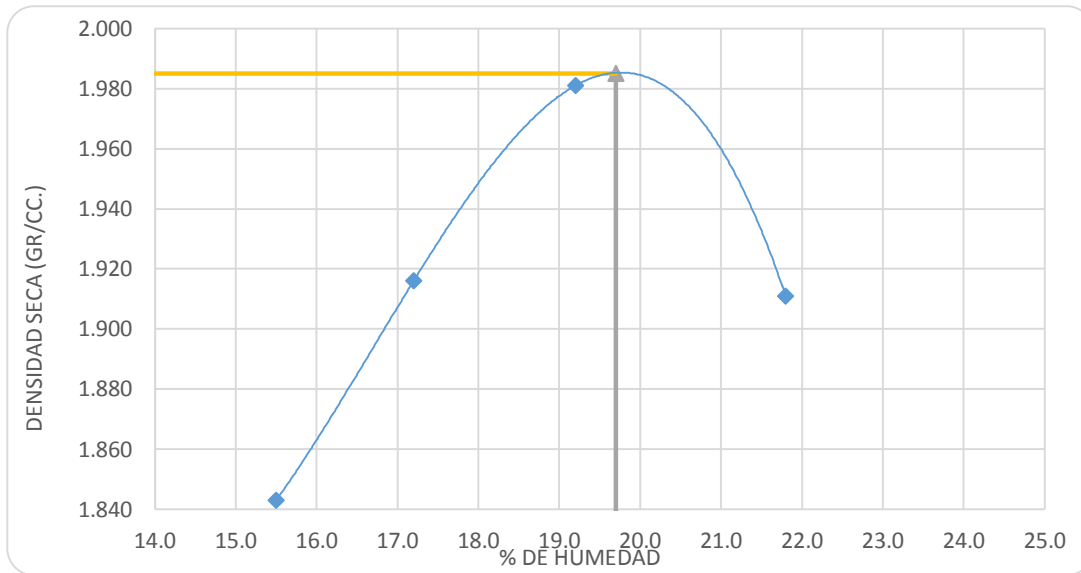
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 52:** Ensayo de Penetración

Penetración n (pulgadas)	Carga Standard d (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sub>2</sub>	kg/cm <sub>2</sub>	CB R %	kg	kg/cm <sub>2</sub>	kg/cm <sub>2</sub>	CB R %	kg	kg/cm <sub>2</sub>	kg/cm <sub>2</sub>	CB R %
0.025		398	19.7			218	10.8			184	9.1		
0.050		856	42.4			541	26.8			391	19.4		
0.075		1124	55.7			769	38.1			581	28.8		
0.100	70.307	1298	64.3	69.0	98.1	964	47.7	50.0	71.1	724	35.8	37.0	52.6
0.150		1896	93.9			1468	72.7			1064	52.7		
0.200	105.460	2297	113.7	113.0	107.1	1952	96.7	92.0	87.2	1219	60.4	59.6	56.5
0.300		2893	143.2			2374	117.5			1345	66.6		
0.400		3299	163.3			2861	141.7			1526	75.6		
0.500		3602	178.3			2896	143.4			1612	79.8		

Fuente: Elaboración propia.

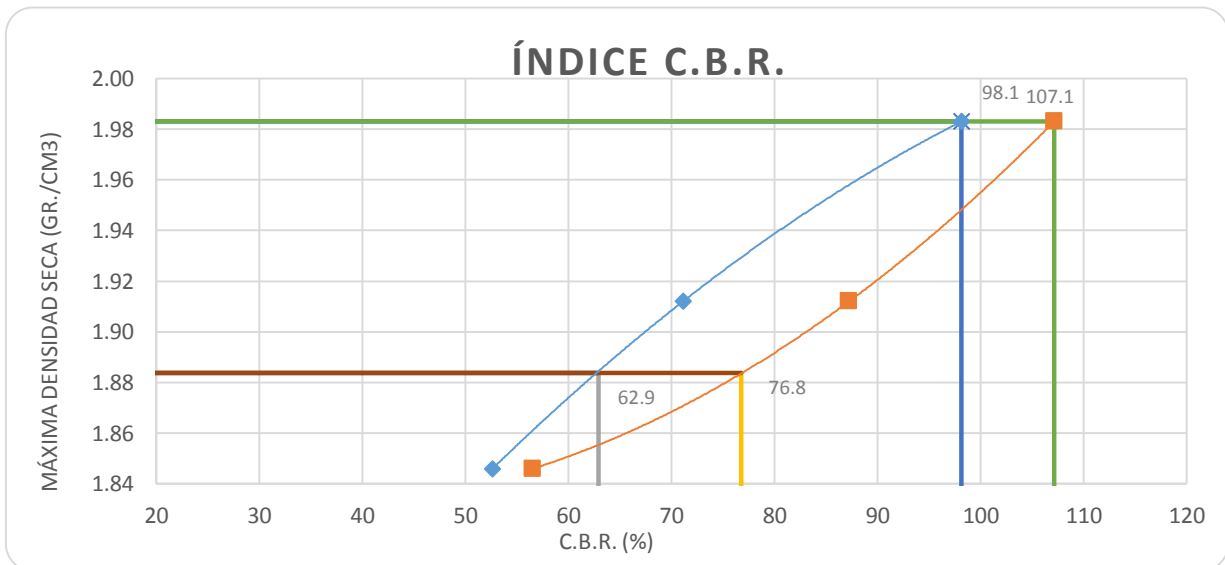
**Grafico n° 29:** Curva de Compactación – ASTM D1557.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 29, se presenta la Densidad máxima seca a un 100% que es de 1.985 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% es de 1.886 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 30:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 30, se presenta el índice de CBR, a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 98.10%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” el CBR es de 62.90%, siendo estos resultados de muy buena calidad para ser utilizados como infraestructura vial.

## Estabilización de suelo natural con aditivo Eco Road 2000

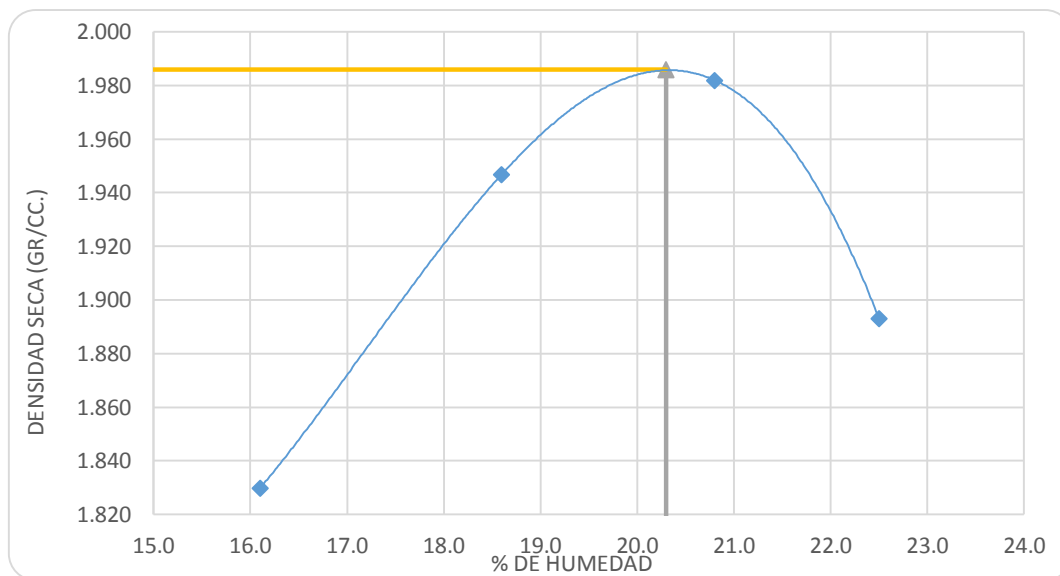
### Calicata – 01

Tabla n° 53: Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557.

Volumen de Molde	2123	Cm3	Peso de Molde			6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	10,802	11,194	11,375	11,215		
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,510	4,902	5,083	4,923		
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.124	2.309	2.394	2.319		
Recipiente Numero		-	-	-	-		
Peso de la Tara	gr.	145.2	139.4	121.5	174.3		
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	362.1	368.4	356.1	384.9		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	332.0	332.5	315.7	346.2		
Peso del agua	gr.	30.1	35.9	40.4	38.7		
Peso del suelo seco	gr.	187	193	194	172		
Contenido de agua	%	16.1	18.6	20.8	22.5		
Densidad Seca	gr/cc	1.830	1.947	1.982	1.893		

Fuente: Elaboración propia.

Grafico n° 31: Densidad seca versus contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 31, se determinó un contenido óptimo de humedad de 20.30% y una densidad máxima seca de 1.986 gr/cm<sup>3</sup>, Incluido aditivo químico Eco Road 2000.

**Tabla n° 54:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

<b>Molde N°</b>	2	4	1
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,776	9,666	9,482
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,698	4,762	4,794
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	5,078	4,904	4,688
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.388	2.301	2.203
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.988	1.913	1.836

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 55:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

<b>Molde N°</b>	2	4	1
<b>Peso de tara (gr.)</b>	134.6	158.9	174.2
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	451.9	384.6	421.6
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	398.8	346.5	380.4
<b>Peso de agua (gr.)</b>	53.1	38.1	41.2
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	264.2	187.6	206.2
<b>Humedad (%)</b>	20.1	20.3	20.0

**Fuente;** Elaboración propia.

En la tabla n° 55, se muestran los resultados del contenido de humedad añadido a cada patrón, siendo de 20.10% para la muestra 2 compactada a 56 golpes, de 20.30% para la muestra 4 compactada a 25 golpes, y de 20.00% para la muestra 1 compactada 10 veces cada capa de forma respectiva.

**Tabla n° 56:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
24-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
25-May	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00
26-May	14:00	48	113	0.08	0.07	113	0.08	0.07	111	0.03	0.02
27-May	14:00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	111	0.03	0.02
28-May	14:00	96	120	0.25	0.22	118	0.20	0.17	113	0.08	0.07

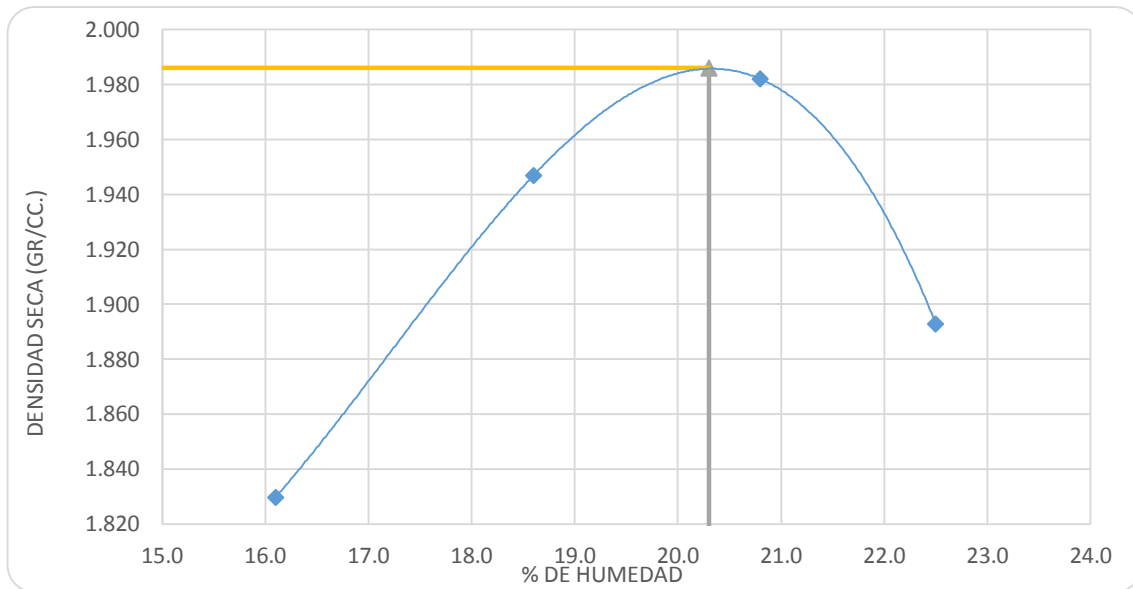
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 57:** Ensayo de Penetración.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		114	5.6			87	4.3			33	1.6		
0.050		376	18.6			304	15.1			108	5.3		
0.075		862	42.7			635	31.4			217	10.7		
0.100	70.307	1276	63.2	65.0	92.5	878	43.5	47.0	66.8	361	17.9	17.5	24.9
0.150		2035	100.8			1334	66.1			539	26.7		
0.200	105.460	2365	117.1	123.0	116.6	1634	80.9	85.0	80.6	670	33.2	34.0	32.2
0.300		3002	148.6			2084	103.2			799	39.6		
0.400		3372	167.0			2277	112.7			906	44.9		
0.500		3534	175.0			2432	120.4			986	48.8		

Fuente: Elaboración propia.

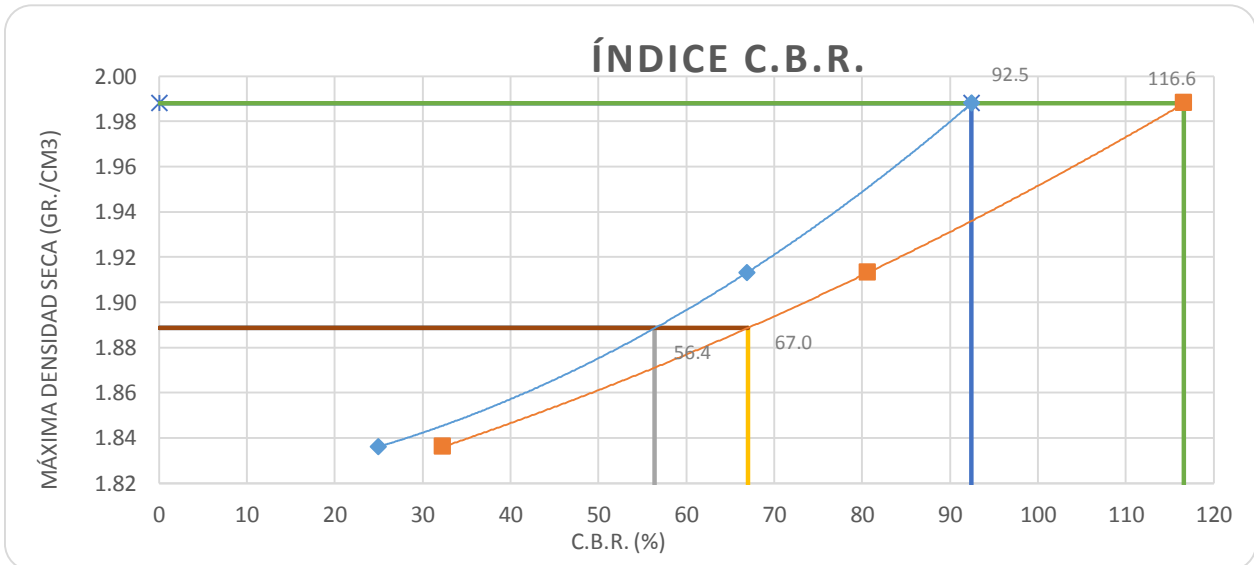
**Grafico n° 32:** Curva de Compactación – ASTM D1557.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 32, se presenta la Densidad máxima seca a un 100% que es de 1.986 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% es de 1.887 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 33:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 33, se presenta el índice de CBR, a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 92.50%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” el CBR es de 56.40%, se define que este tipo de suelo estabilizado viene a ser de buena calidad.

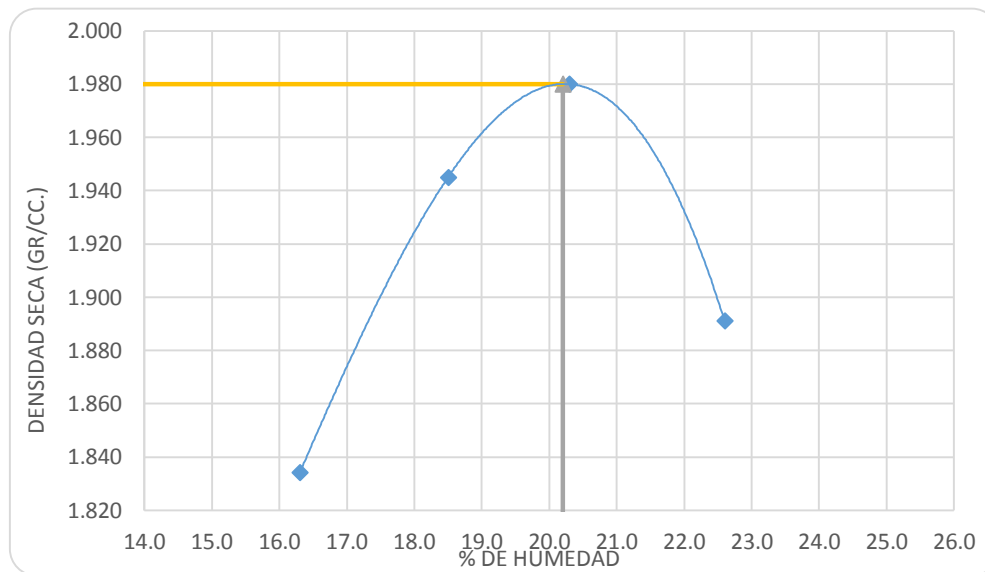
## Calicata – 02

**Tabla n° 58:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557.

Volumen de Molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde		6292	gr
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,820	11,185	11,349	11,214	
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,528	4,893	5,057	4,922	
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.133	2.305	2.382	2.318	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso de la Tara	gr.	154.6	146.8	164.7	123.4	
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	412.4	356.4	384.5	345.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	376.3	323.7	347.4	304.3	
Peso del agua	gr.	36.1	32.7	37.1	40.9	
Peso del suelo seco	gr.	222	177	183	181	
Contenido de agua	%	16.3	18.5	20.3	22.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.834	1.945	1.980	1.891	

Fuente: Elaboración propia.

**Grafico n° 34:** Densidad seca versus contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico n° 34, se determina el contenido óptimo de humedad, que es de 20.20%, con una densidad máxima seca de 1.980 gr/cm<sup>3</sup>.



**Tabla n° 59:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

<b>Molde N°</b>	2	4	21
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,801	9,521	9,517
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,812	4,732	4,827
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	4,989	4,789	4,690
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.346	2.247	2.204
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.952	1.873	1.832

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 60:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

<b>Molde N°</b>	2	4	21
<b>Peso de tara (gr.)</b>	121.4	156.7	145.3
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	381.4	367.4	312.8
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	337.7	332.3	284.5
<b>Peso de agua (gr.)</b>	43.7	35.1	28.3
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	216.3	175.6	139.2
<b>Humedad (%)</b>	20.2	20.0	20.3

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla n° 60, se muestran los resultados del contenido de humedad añadido a cada patrón, siendo de 20.20% para la muestra 2 compactada a 56 golpes, de 20.00% para la muestra 4 compactada a 25 golpes, y de 20.30 % para la muestra 21 compactada 10 veces cada capa respectivamente.

**Tabla n° 61:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
26-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
27-May	14:00	24	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02
28-May	14:00	48	114	0.10	0.09	113	0.08	0.07	112	0.05	0.04
29-May	14:00	72	116	0.15	0.13	115	0.13	0.11	113	0.08	0.07
30-May	14:00	96	119	0.23	0.20	117	0.18	0.15	114	0.10	0.09

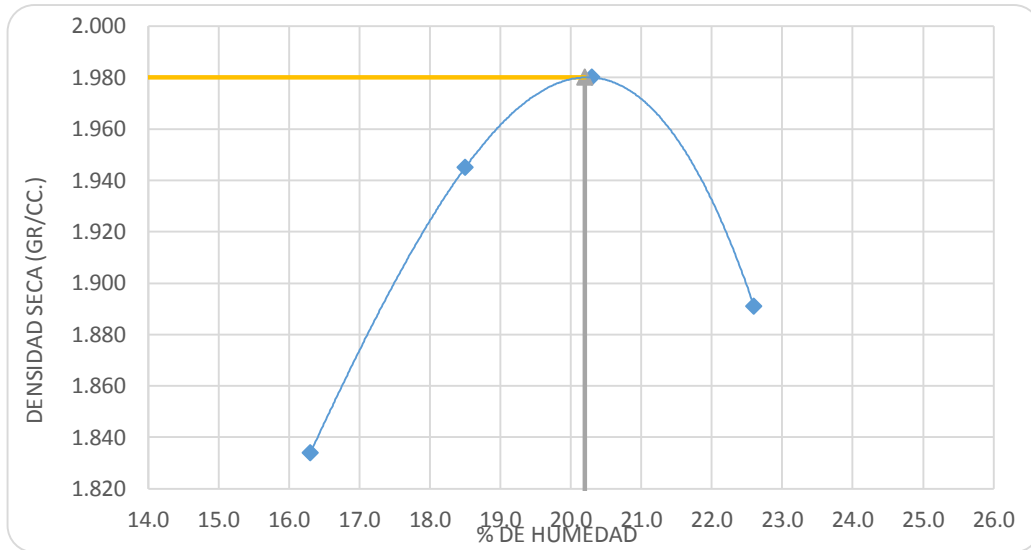
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 62:** Ensayo de Penetración.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 21			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		113	5.6			86	4.3			33	1.6		
0.050		372	18.4			301	14.9			107	5.3		
0.075		853	42.2			629	31.1			215	10.6		
0.100	70.307	1263	62.5	65.0	92.5	869	43.0	43.0	61.2	357	17.7	17.0	24.2
0.150		2015	99.8			1321	65.4			534	26.4		
0.200	105.460	2341	115.9	124.0	117.6	1618	80.1	83.0	78.7	663	32.8	33.0	31.3
0.300		2972	147.2			2063	102.1			791	39.2		
0.400		3338	165.3			2254	111.6			897	44.4		
0.500		3499	173.2			2408	119.2			976	48.3		

**Fuente:** Elaboración propia.

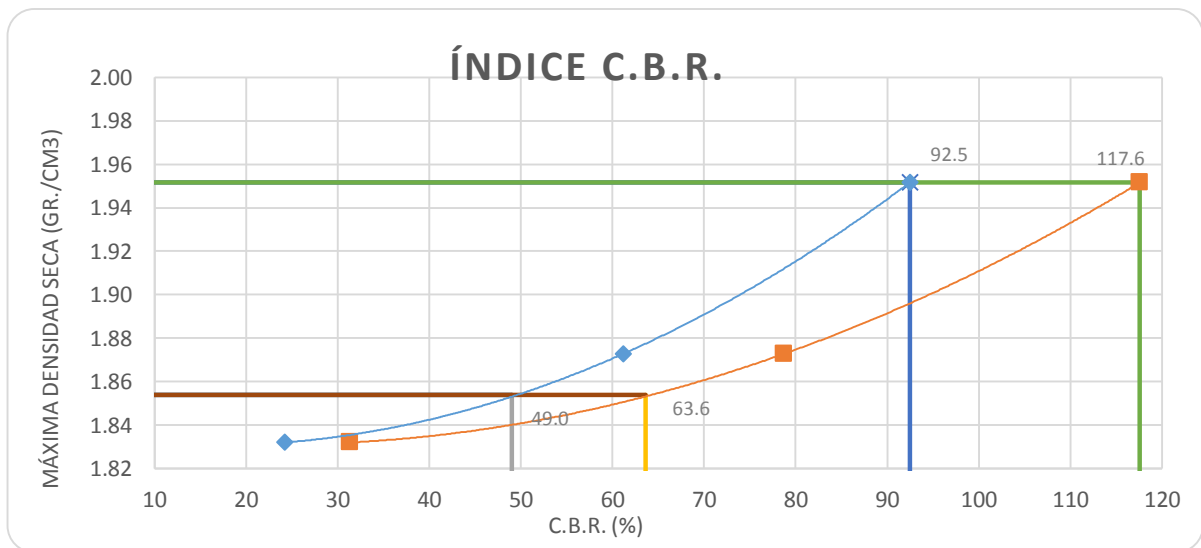
**Grafico n° 35:** Curva de Compactación – ASTM D1557.



**Fuente:** Elaboración propia.

El grafico n° 35, presenta la densidad máxima seca a un 100% 1.980 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% es de 1.881 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 36:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 36, se presenta el índice de CBR, a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 92.50%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” el CBR es de 49.00%, se determina que CBR aumento con gran consideración respecto al inicial.

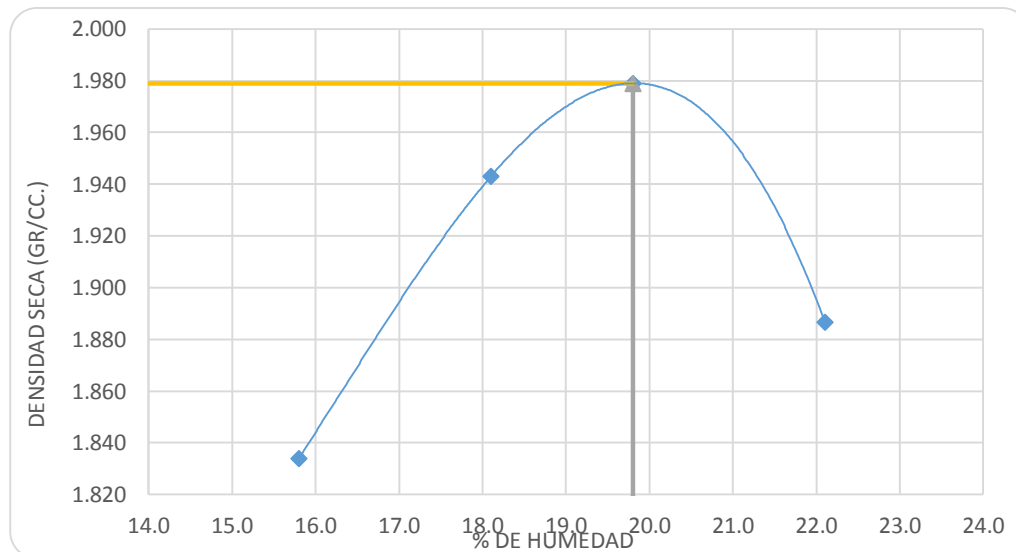
### Calicata – 03

**Tabla n° 63:** Ensayo de Proctor modificado ASTM D1557

Volumen del Molde	2123	cm <sup>3</sup>	Peso de Molde		6292	gm
NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,801	11,164	11,325	11,183	
Peso Suelo húmedo Compactado	gr.	4,509	4,872	5,033	4,891	
Peso Volumétrico húmedo	gr.	2.124	2.295	2.371	2.304	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso de la Tara	gr.	167.5	159.8	146.7	128.4	
Peso Suelo húmedo + Tara	gr.	398.4	345.8	318.7	342.1	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	366.9	317.3	290.3	303.4	
Peso del agua	gr.	31.5	28.5	28.4	38.7	
Peso del suelo seco	gr.	199	157	144	175	
Contenido de agua	%	15.8	18.1	19.8	22.1	
Densidad Seca	gr/cc	1.834	1.943	1.979	1.887	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 37:** Densidad seca versus contenido de humedad.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico n° 37, se interceptaron los contenidos de humedad, y densidad seca, que dio como resultado un contenido óptimo de humedad de 19.80%, y una densidad máxima seca de 1.979 gr/cm<sup>3</sup>, dosis de aditivo Eco Road 2000 incluido.

**Tabla n° 64:** Ensayo de Valor de Soporte de California ASTM D1883.

<b>Molde N°</b>	2	4	1
<b>Número de capas</b>	5	5	5
<b>Número de golpes</b>	56	25	10
<b>Condición de la muestra</b>	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
<b>Peso suelo + molde (gr.)</b>	9,784	9,546	9,521
<b>Peso molde (gr.)</b>	4,812	4,732	4,827
<b>Peso suelo compactado (gr.)</b>	4,972	4,814	4,694
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	2,127	2,131	2,128
<b>Densidad húmeda (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	2.338	2.259	2.206
<b>Densidad Seca (gr./cm<sup>3</sup>)</b>	1.953	1.884	1.841

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 65:** Contenido óptimo de Humedad para CBR.

<b>Molde N°</b>	2	4	1
<b>Peso de tara (gr.)</b>	121.6	184.6	136.7
<b>Tara + suelo húmedo (gr.)</b>	325.4	361.8	391.4
<b>Tara + suelo seco (gr.)</b>	291.9	332.4	349.3
<b>Peso de agua (gr.)</b>	33.5	29.4	42.1
<b>Peso de suelo seco (gr.)</b>	170.3	147.8	212.6
<b>Humedad (%)</b>	19.7	19.9	19.8

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla n° 65, se muestran los resultados del contenido de humedad añadido a cada patrón, siendo de 19.70% para la muestra 2 compactada a 56 golpes, de 19.90% para la muestra 4 compactada a 25 golpes, y de 19.80% para la muestra 1 compactada 10 veces cada capa respectivamente.

**Tabla n° 66:** Expansión del suelo natural en 4 días.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial 0.01''	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hora		mm	%		mm	%		mm	%
22-May	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
23-May	14:00	24	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	110	0.00	0.00
24-May	14:00	48	114	0.10	0.09	113	0.08	0.07	111	0.03	0.02
25-May	14:00	72	116	0.15	0.13	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04
26-May	14:00	96	119	0.23	0.20	116	0.15	0.13	113	0.08	0.07

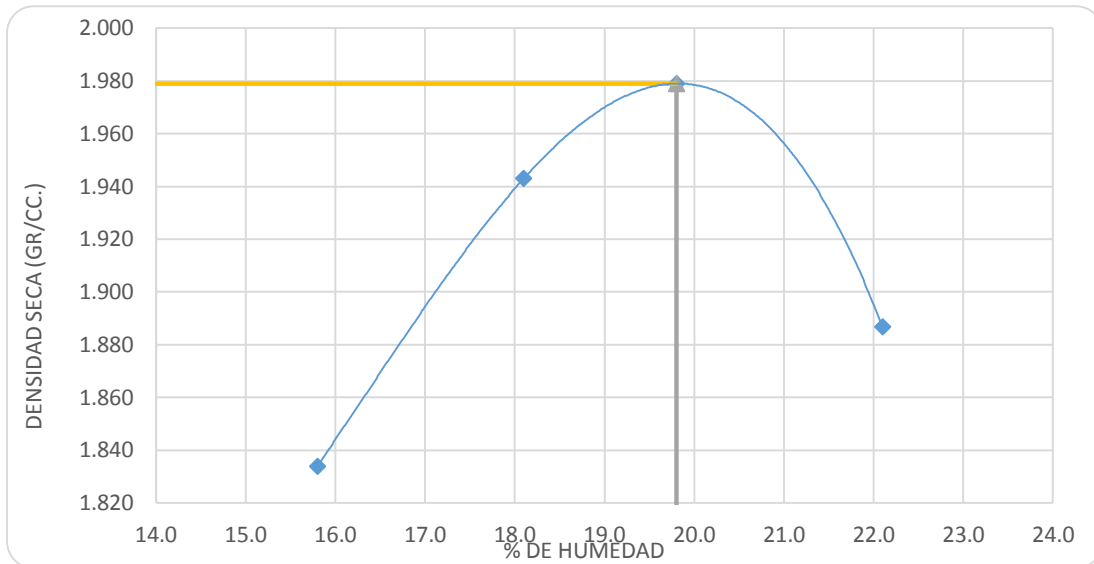
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 67:** Ensayo de Penetración.

Penetración (pulgadas)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		129	6.4			98	4.9			78	3.9		
0.050		425	21.0			343	17.0			188	9.3		
0.075		972	48.1			716	35.5			378	18.7		
0.100	70.307	1440	71.3	74.0	105.3	990	49.0	49.0	69.7	627	31.0	31.0	44.1
0.150		2296	113.7			1505	74.5			937	46.4		
0.200	105.460	2668	132.1	140.0	132.8	1844	91.3	94.0	89.1	1165	57.7	58.0	55.0
0.300		3386	167.7			2351	116.4			1387	68.7		
0.400		3804	188.3			2569	127.2			1574	77.9		
0.500		3986	197.4			2743	135.8			1712	84.8		

Fuente: Elaboración propia.

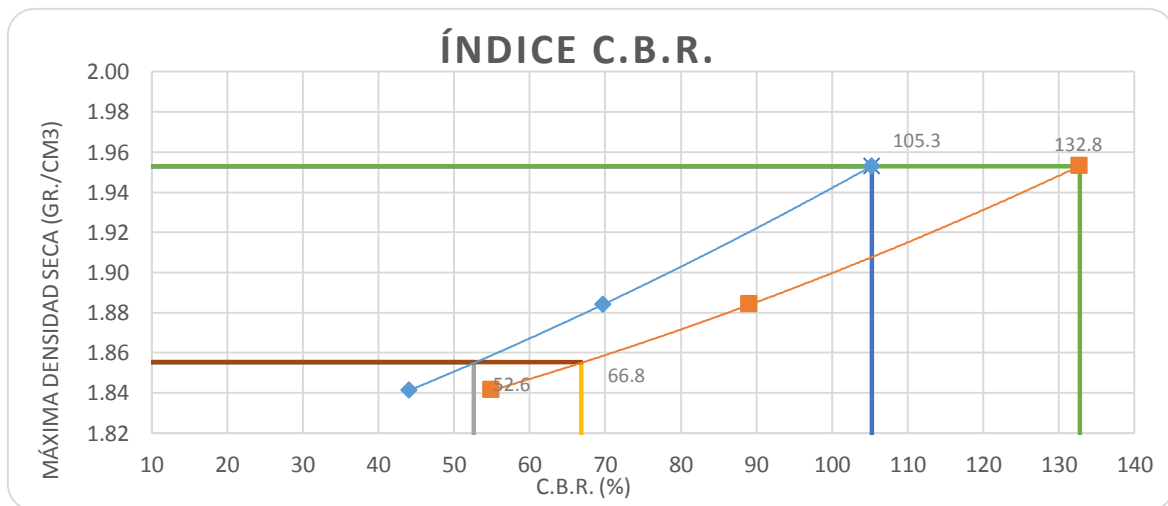
**Grafico n° 38:** Curva de Compactación – ASTM D1557.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 38, se presenta la Densidad máxima seca a un 100% que es de 1.979 gr/cm<sup>3</sup>, y la densidad máxima seca a un 95% es de 1.880 gr/cm<sup>3</sup>.

**Grafico n° 39:** Curva de CBR vs Densidad Seca.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 39, se presenta el índice de CBR, a un 100% de DMs, a una penetración de 0.1” un CBR de 105.30%, y a un 95% de DMs, a una penetración de 0.1” el CBR es de 52.60%, siendo estos buenos resultados para utilizar suelos de baja capacidad portante como base u sub base de infraestructuras viales.

## **2.6. Método de análisis de Datos**

- ✓ Comprobar de forma detallada las investigaciones utilizadas.
- ✓ Representar los resultados de forma gráfica, de tal forma que facilite su interpretación.
- ✓ Expresar los valores de datos obtenidos respecto a las variables determinadas

## **2.7.Aspectos éticos**

En los aspectos éticos de la presente tesis, se basa en la credibilidad de autenticidad del proceso de recolección de información, y de los resultados obtenidos tras realizar ensayos en un laboratorio prestigioso, el cual fue parte de este proceso, para determinar una clasificación inicial, y un mejoramiento posterior de un suelo, el laboratorio llamado Ingeocontrol, estuvo a cargo de la Ingeniera: Noemí Sánchez Huamán, y el Jefe Técnico Johny Gutierrez.Abanto.



## **III. RESULTADOS**

## Características de suelo natural

### Granulometría y clasificación de suelos

En la tabla n° 68, se presenta el resumen del ensayo de granulometría, el porcentaje en total de finos que pasa por la malla N° 200, de las 3 calicatas realizadas, para posteriormente determinar el tipo de suelo según SUCS y AASHTO.

**Tabla n° 68:** Material fino pasante por la malla #200.

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva (km)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Granulometría %Pasa #200</b>
<b>C-1</b>	0+027	1.5	80.97
<b>C-2</b>	0+128	1.5	83.67
<b>C-3</b>	0+316	1.5	82.65

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 69:** Clasificación de suelo según SUCS y AASHTO.

<b>CALICATA</b>	<b>Progresiva (km)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Clasificación SUCS (ASTM D2487)</b>	<b>Clasificación AASHTO (ASTM D3282)</b>	<b>Nombre del grupo</b>
<b>C-1</b>	0+027	1.5	CL	A-7-6 (9)	Arcilla baja plasticidad
<b>C-2</b>	0+128	1.5	CL	A-7-6 (10)	Arcilla baja plasticidad
<b>C-3</b>	0+316	1.5	CL	A-7-6 (11)	Arcilla baja plasticidad

**Fuente:** Elaboración propia.

### Límites de Atterberg

**Tabla n° 70:** Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e índice de Plasticidad (IP)

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva (km)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>LL %</b>	<b>LP %</b>	<b>IP</b>
<b>C-1</b>	0+027	1.5	42	21	21
<b>C-2</b>	0+128	1.5	43	20	23
<b>C-3</b>	0+316	1.5	47	19	28

**Fuente:** Elaboración propia.

### Ensayo de Proctor modificado y CBR – suelo natural.

En la *tabla n° 71*, se muestra el contenido óptimo de humedad, y la densidad máxima seca de las 3 calicatas en estado natural. En la *tabla n° 72*, se presentan los valores del índice de CBR de las 3 calicatas en estado natural.

**Tabla n° 71:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas realizadas en estado natural.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	Contenido óptimo de humedad %	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	0+027	1.5	23.4	1.912
C-2	0+128	1.5	23.2	1.914
C-3	0+316	1.5	24.5	1.892

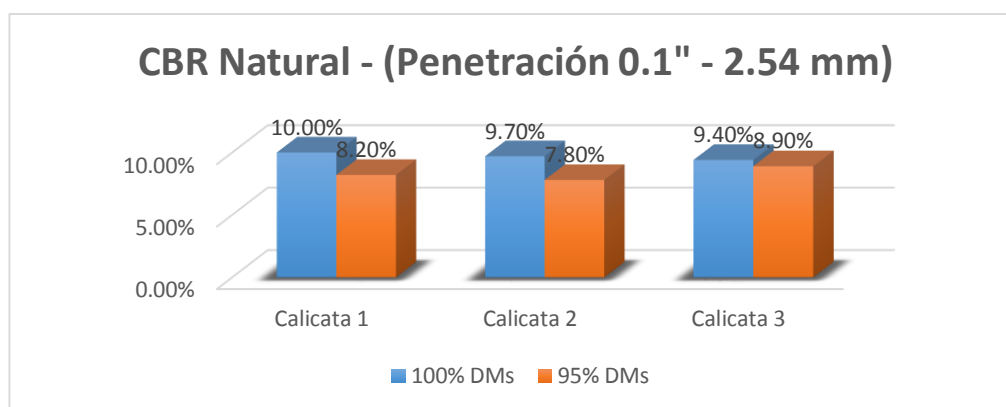
**Fuente:** Elaboración propia.

*Tabla n° 72:* CBR natural a 100% de DMs, y 95% de DMs,

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.1" (2.54 mm)		Penetración 0.2" (5.07 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)	CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	23.4	1.912	10.00%	8.20%	12.90%	10.05%
C-2	0+128	1.5	23.2	1.914	9.70%	7.80%	11.40%	10.00%
C-3	0+316	1.5	24.5	1.892	9.40%	8.90%	12.40%	11.70%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 40:** Grafico de CBR en estado natural.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Estabilización de suelos con aditivos químico

### Estabilización de suelo natural con Aditivo Proes 0.35 lt/m<sup>3</sup>, y Cemento 40 kg/m<sup>3</sup>.

En las tablas n° 73, 74, y 75 se presentas los valores del contenido óptimo de humedad, la densidad máxima seca, y los valores del índice CBR para las 3 calicatas realizadas con la aplicación del aditivo químico Proes.

**Tabla n° 73:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas con aplicación de aditivo liquido Proes, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	Contenido óptimo de humedad %	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	0+027	1.5	20.60	1.949
C-2	0+128	1.5	20.30	1.952
C-3	0+316	1.5	20.00	1.950

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 74:** Índice de CBR, en una penetración de 0.1" (2.54 mm), para 3 calicatas con aplicación de aditivo liquido Proes, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.1" (2.54 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.949	1.852	82.50%	54.00%
C-2	0+128	1.5	1.952	1.854	78.20%	55.50%
C-3	0+316	1.5	1.950	1.853	72.50%	55.10%

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla n° 75:** Índice de CBR, en una penetración de 0.2" (5.07 mm), para 3 calicatas con aplicación de aditivo liquido Proes, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.2" (5.07 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.949	1.852	111.90%	76.00%
C-2	0+128	1.5	1.952	1.854	96.70%	66.50%
C-3	0+316	1.5	1.950	1.853	92.90%	69.80%

Fuente: Elaboración propia.

**Estabilización de suelo con aditivo Terrasil 1.4 lt/m<sup>3</sup>, y Cemento 40 kg/m<sup>3</sup>.**

En las tablas n° 76, 77, y 78 se presentan los valores del contenido óptimo de humedad, la densidad máxima seca, y los valores del índice CBR para las 3 calicatas realizadas con la aplicación del aditivo químico Terrasil.

**Tabla n° 76:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Terrasil, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	Contenido óptimo de humedad %	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	0+027	1.5	20.10	1.991
C-2	0+128	1.5	20.30	1.993
C-3	0+316	1.5	19.70	1.985

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 77:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Terrasil, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.1" (2.54 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.991	1.891	99.60%	62.50%
C-2	0+128	1.5	1.993	1.893	98.10%	64.00%
C-3	0+316	1.5	1.985	1.886	98.10%	62.90%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 78:** Índice de CBR, en una penetración de 0.2" (5.07 mm), para 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Terrasil, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.2" (5.07 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.991	1.891	110.00%	75.30%
C-2	0+128	1.5	1.993	1.893	108.10%	77.00%
C-3	0+316	1.5	1.985	1.886	107.10%	76.80%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Estabilización con aditivo Eco Road 2000 – 0.60 lt/m<sup>3</sup> + Cemento 40 kg/m<sup>3</sup>.**

En las tablas n° 79, 80, y 81 se presentan los valores del contenido óptimo de humedad, la densidad máxima seca, y los valores del índice CBR para las 3 calicatas realizadas con la aplicación del aditivo químico Eco Road 2000.

**Tabla n° 79:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Eco Road 2000, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	Contenido óptimo de humedad %	Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )
C-1	0+027	1.5	20.30	1.986
C-2	0+128	1.5	20.20	1.980
C-3	0+316	1.5	19.80	1.979

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 80:** Contenido óptimo de humedad, y densidad máxima seca, de las 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Eco Road 2000, y Cemento.

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.1" (2.54 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.986	1.887	92.50%	56.40%
C-2	0+128	1.5	1.980	1.881	92.50%	49.00%
C-3	0+316	1.5	1.979	1.880	105.30%	52.60%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla n° 81:** Índice de CBR, en una penetración de 0.2" (5.07 mm), para 3 calicatas con aplicación de aditivo líquido Eco Road 2000, y Cemento.

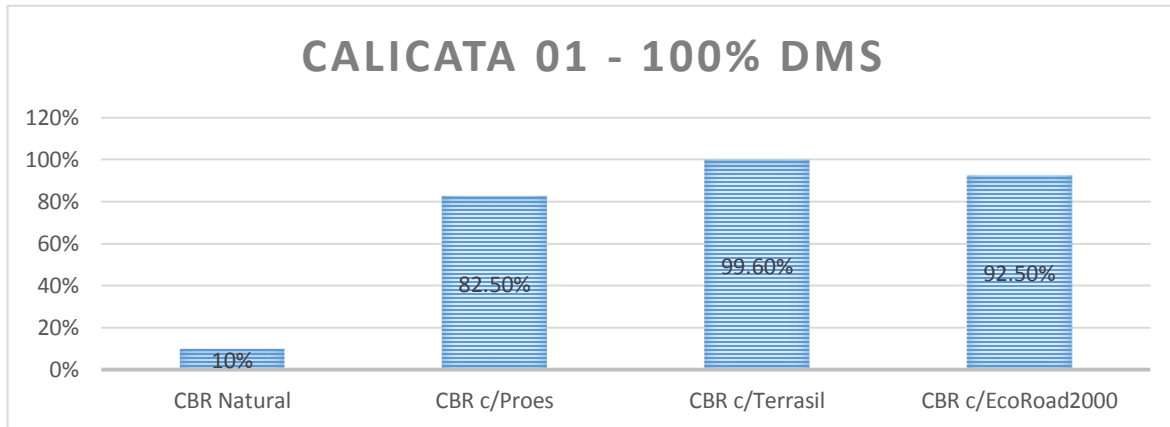
Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	DMs (100 %)	DMs (95 %)	Penetración 0.2" (5.07 mm)	
					CBR (100% DMs)	CBR (95% DMs)
C-1	0+027	1.5	1.986	1.887	116.60%	67.00%
C-2	0+128	1.5	1.980	1.881	117.60%	63.60%
C-3	0+316	1.5	1.979	1.880	132.80%	66.80%

**Fuente:** Elaboración propia.

## Gráficos de diferencia entre CBR Natural – CBR Estabilizado.

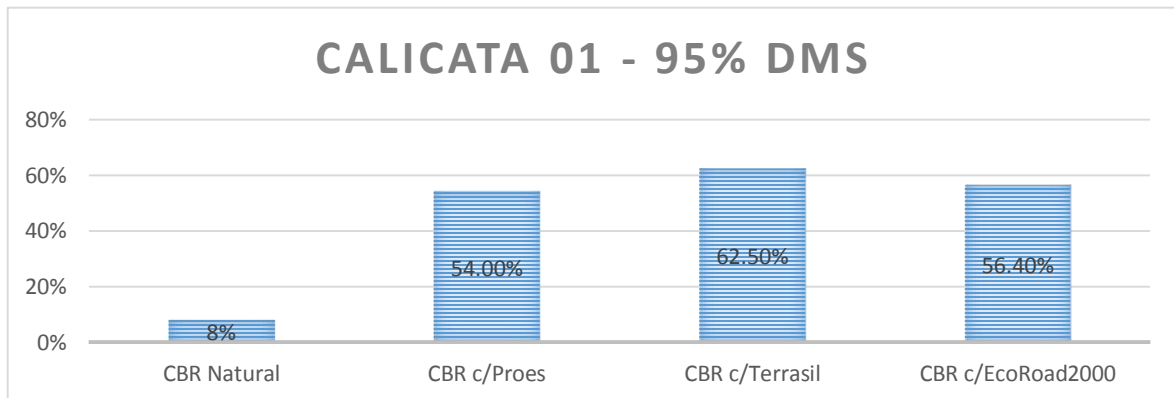
Diferencia del Índice de CBR con relación al suelo natural y estabilizado con los aditivos químicos – Calicata 01.

**Grafico n° 41:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.1” a1 100% DMS.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 42:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.2” a1 95% DMS.

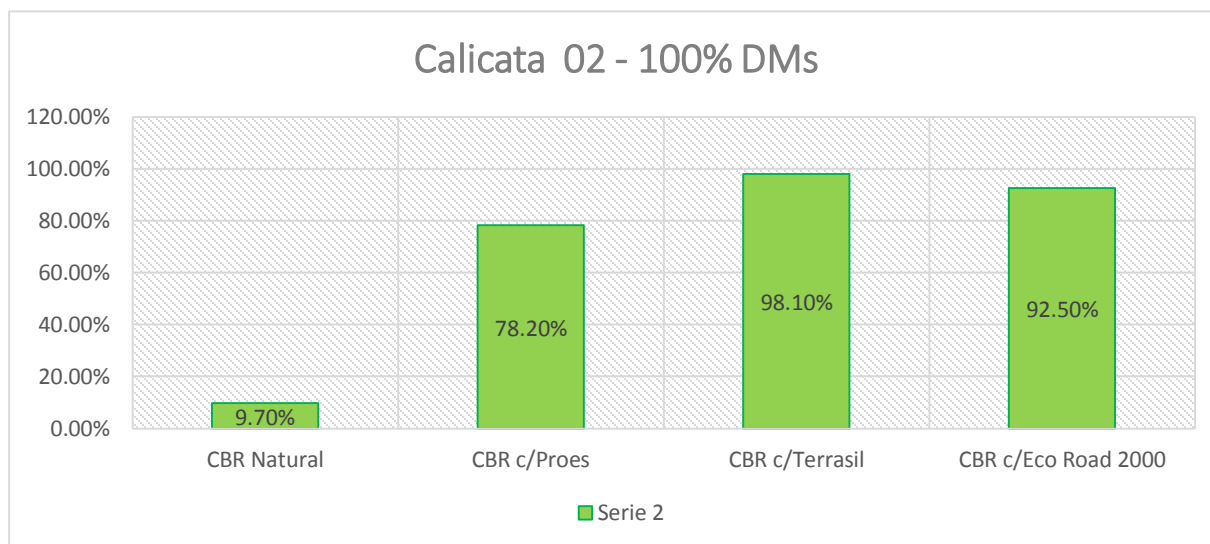


**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico 41, y 42. Se determina que el máximo incremento del índice de CBR para la calicata 1, es el aditivo Terrasil, con una dosificación de 1.4 lt/m<sup>3</sup> + Cemento 45 kg/m<sup>3</sup>, pasando de ser un suelo de baja calidad e inestable, a un tipo de suelo de excelente condición para ser utilizada como base o sub base de una infraestructura vial. Para un 100% de DMS incrementa un 89.60% y para un 95% de DMS incrementa un 54.5% del índice de CBR.

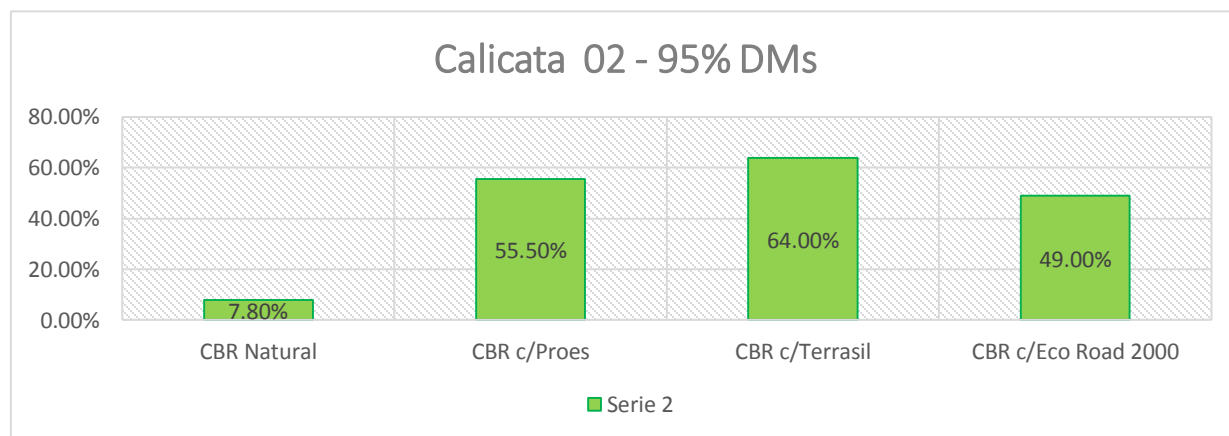
## Diferencia del Índice de CBR con relación al suelo natural y estabilizado con los aditivos químicos – Calicata 02.

**Grafico n° 43:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.1” a1 100% DMs.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 44:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.2” a1 95% DMs.



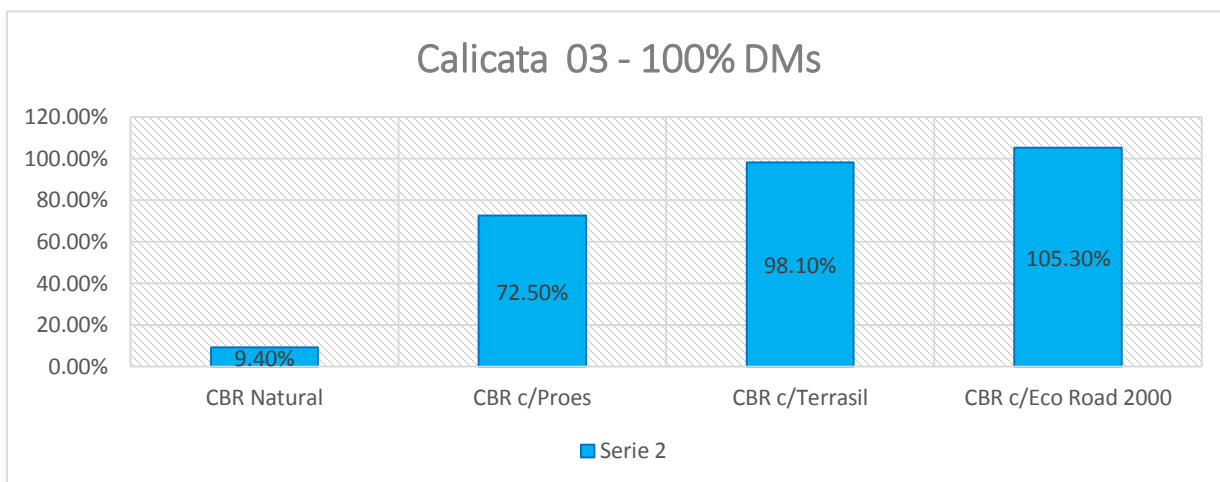
**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 43, se demuestra una vez más que la aplicación de aditivo Terrasil + cemento, fue la mejora en cuanto al aumento de CBR para este tipo de suelo, de un CBR inicial al 100 de DMs 9.70% con la aplicación del aditivo aumento a un 98.10%, y en el gráfico n° 44, a un 95% de DMs de un CBR inicial de 7.80% incremento su capacidad de soporte a un 64.00%.



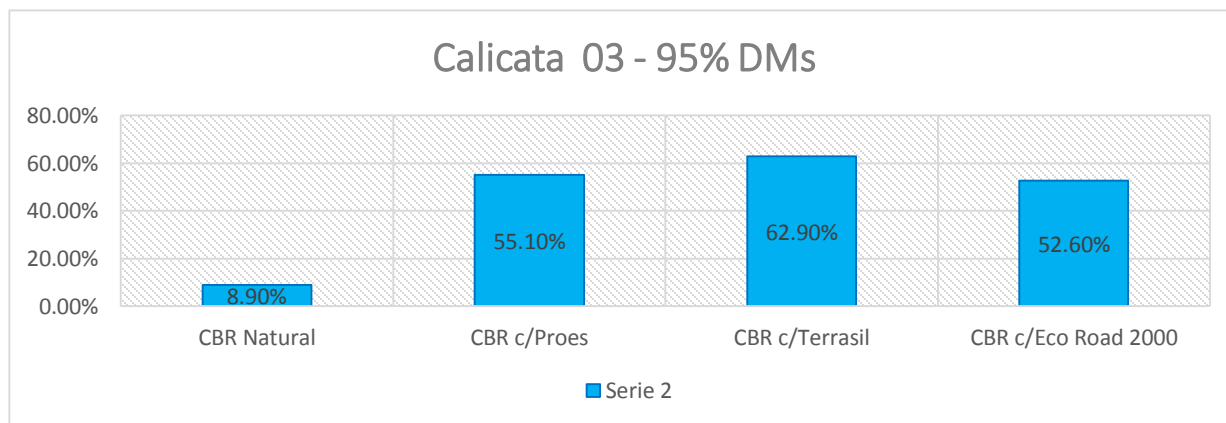
### Diferencia del Índice de CBR con relación al suelo natural y estabilizado con los aditivos químicos – Calicata 03.

**Grafico n° 45:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.1” a 100% DMs.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Grafico n° 46:** Incremento de CBR de suelo Estabilizado respecto al suelo natural– Penetración 0.2” a 95% DMs.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el grafico n° 45, para este caso el aditivo que mejoro la capacidad de soporte de forma más útil la calicata n° 3, fue el aditivo Eco Road + Cemento, para un 100% de DMs con un CBR inicial de 9.40% incremento a un 105.30%, y en el gráfico n° 46, para un 95% de DMs con un CBR inicial de 8.90 el aditivo Terrasil incremento el índice de CBR con mayor eficiencia en un 62.90%.

## **IV. DISCUSIÓN**

## Capacidades físicas y mecánicas

A partir de los resultados realizados a través de los instrumentos, en la presente tesis que tiene como finalidad demostrar que la aplicación de aditivos químicos con incorporación de cemento Portland tipo 1, mejoran las capacidades físicas y mecánicas de suelos expansivos, por lo tanto, la similitud que establecen los autores.

Castillo (2018), en su tesis tuvo como Hipótesis general: que las incorporaciones de aditivos en las cantidades adecuadas incrementan de forma positiva sus capacidades físicas y mejora las características mecánicas de los suelos cohesivos en estado natural para ser empleadas como estructura de un pavimento, tuvo como resultado que la aplicación de aditivo químico Proes 0.27 L/m<sup>3</sup> y cemento 45 kg/m<sup>3</sup>, en la progresiva Km 2+500, con una capacidad de soporte inicial al 100% de Densidad máxima seca con una penetración de 0.1” (2.54mm) con un CBR de 6.90% en estado natural, luego de realizar la estabilización con el aditivo Proes + Cemento, se obtuvo un CBR a un 100% de DMs y 0.1” de penetración se obtuvo un CBR de 109.80%, para el Km 5+500, con un CBR al 100% de DMs y 2.54mm de penetración se obtuvo un CBR inicial de 7.57%. con la adición del aditivo químico, el CBR incremento a un 116.40%, y para el Km 8+500 con un CBR al 100% de DMs seca tuvo un CBR inicial de 7.54% realizando aplicación del aditivo obtuvo un CBR de 114.28% dando resultado óptimo que definen que un suelo de baja capacidad de soporte incrementa en grandes proporciones, volviendo el material propio del lugar óptimo para ser empleado como infraestructura vial. Afirmando la hipótesis general de Castillo, para el presente proyecto de tesis se tuvo como hipótesis general; La aplicación de aditivos químicos mejorará las capacidades físicas y mecánicas del suelo natural, volviéndolo un suelo de alta calidad, dándose como resultados, todos a 100% de DMs, a 0.1” de penetración, para el Km 0+027 se tuvo un CBR inicial de 10.0% de suelo natural, se aplicó la adición de aditivo químico 1.4 lt Aditivo Terrasil + 40 Kg de Cemento, se obtuvo un CBR final de 99.60%, en el Km 0+128 se tuvo un CBR inicial de 9.70% del suelo natural, para este caso el aditivo químico que sobresalió obteniendo un CBR más alto fue el aditivo Terrasil 1.4 lt/m<sup>3</sup> + 40kg de Cemento. Obteniendo un CBR de 98.10% y para la calicata 3 en el km 0+316, se obtuvo un CBR inicial de 9.40%, para este caso el aditivo Eco Road 0.60lt/m<sup>3</sup> + 40 kg/m<sup>3</sup>, obtuvo el CBR más alto, con un 105.30%. Se determina que la aplicación de aditivo químico mejora la capacidad portante del suelo, volviendo el suelo de baja a calidad un suelo óptimo.

### **Característica, y clasificación de suelo natural.**

Salas (2017), En su proyecto de tesis tuvo como hipótesis específica determinar la característica del suelo en estado natural, para su clasificación, tuvo como conclusión. El material de la cantera donde se extrajo el material llamada “Lumpoorcco”, ubicada en la vía de Puno, tuvo una clasificación según SUCS Arena bien gradada con partículas de tamaño variado, y según Ashto clasificación (A-3), con un índice de Plasticidad de 10.26% y una densidad máxima seca de 1.65 gr/cm<sup>3</sup>, un CBR al 100% de Densidad máxima seca de con una penetración de 0.1” un índice de CBR de 39.58%, estos valores determinan que fue un tipo de calidad regular, para lo cual se realizó la aplicación de aditivo Terrasil, con adición de Cemento, para alcanzar el índice CBR necesario para poder ser utilizado como base de una infraestructura de pavimento. Afirmando la hipótesis de Salas, para el presente proyecto de tesis, se tuvo como hipótesis específica 1, conocer las características físicas y mecánicas del suelo en su estado natural, determinar su clasificación, y definir si se encuentra en óptimas condiciones para ser empleada como base o sub base de una estructura vial, en el presente proyecto de tesis se tiene como resultado que el promedio del porcentaje pasante por la malla #200 es 82.43%, que la clasificación del suelo natural para las 3 calicatas, según SUCS es una arcilla de baja plasticidad (CL), y la clasificación según AASHTO (A-7-6), Se tiene como Índice de Plasticidad promedio de 24%, una densidad máxima seca promedio de 1.906 gr/cm<sup>3</sup>, y un promedio de contenido óptimo de humedad de 23.7%, una vez determinado estos resultados se realizó el ensayo de soporte de california para lo cual se obtuvo un índice de CBR con un 100% de Densidad máxima seca, con una penetración de 0.1” (2.54 mm) se obtuvo un CBR promedio de suelo natural de 9.7%, Según Crespo, en la **Tabla n° 82**, se determinó que el suelo natural de la zona de estudio es una subrasante mala. Y se determina que no es apto para ser empleado como sub base o base de infraestructura vial. Para lo cual se determinó realizar la aplicación de 3 aditivos químicos para obtener un suelo óptimo para ser empleado como sub base o base de una infraestructura vial.

**Tabla n° 82:** Relación entre CBR y calidad del material.

<b>Clasificación</b>	<b>CBR%</b>	<b>Clasificación</b>	<b>CBR%</b>
Subrasante muy mala	0 - 5	Sub base buena	30 - 50
Subrasante mala	5 - 10	Base buena	50 - 80
Subrasante regular a buena	10 - 20	Base muy bueno	80 - 100
Subrasante muy buena	20 - 30		

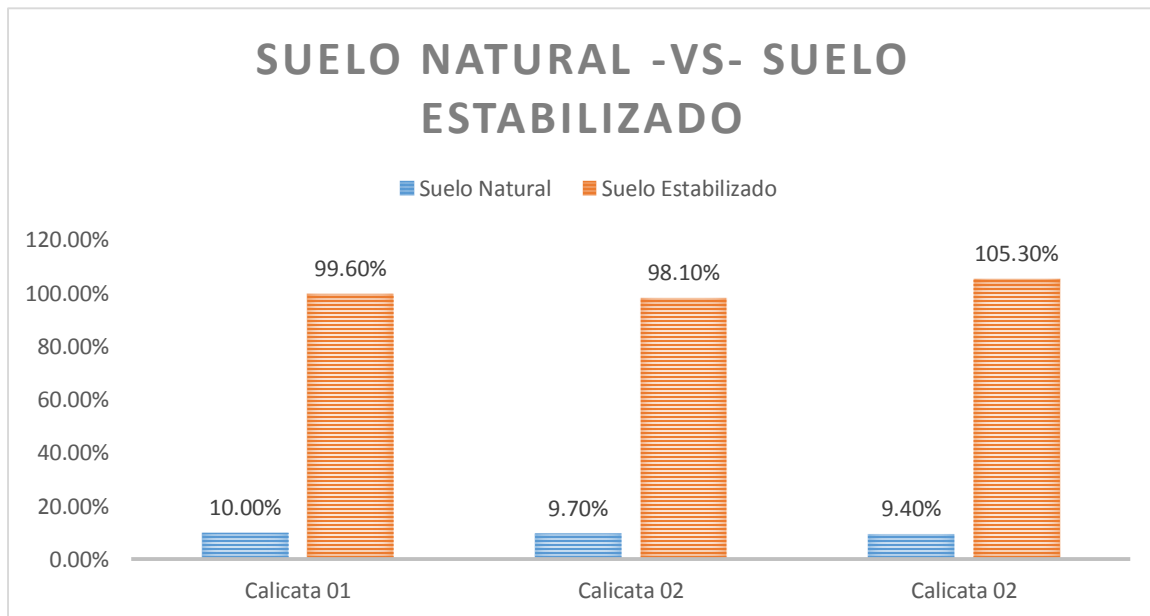
**Fuente:** Crespo 2012.

### **Contenido Optimo de humedad del suelo estabilizado**

Rodríguez (2016), en su proyecto de tesis tuvo como hipótesis específica la adición del contenido de agua, reducirá con la aplicación de aditivo químicos como estabilización química, Tuvo como resultado que el contenido óptimo de humedad inicial en la muestra de suelo en estado natural fue de 20.30%, realizo la estabilización del suelo cohesivo con una dosificación de 1.7 lt/m<sup>3</sup> de aditivo Terrasil, y determino que el contenido óptimo de humedad se redujo a un promedio de 19.40%, Afirmando el proyecto de Tesis de Rodríguez, en el presente proyecto de tesis se tiene como resultado que el contenido óptimo de humedad de la calicata 01 en estado natural. Fue de 23.40% para la calicata 2 del suelo natural el contenido óptimo de humedad, fue de un 23.20%, y para la calicata 03, dio como resultado un contenido óptimo de humedad de 24.50%, dando como contenido óptimo de humedad en estado natural de 23.70%, se realizó la estabilización con los aditivos Proes, Terrasil, y Eco Road 2000, en las 3 calicatas con aplicación de aditivo Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) + cemento (40 kg/m<sup>3</sup>), se obtuvo un promedio del contenido óptimo de humedad de 20.30%, para las calicatas estabilizadas con aditivo Terrasil con una dosificación de (1.4lt/m<sup>3</sup>) + cemento (40kg/m<sup>3</sup>) en las 3 calicatas, se obtuvo un contenido óptimo de humedad promedio de 20%, y realizando la estabilización con el aditivo químico Eco Road a una dosificación de (0.60 lt/m<sup>3</sup>) + Cemento (40kg/m<sup>3</sup>), se obtuvo un contenido óptimo de humedad promedio de 20.10%. Se Determina que el contenido óptimo de humedad reduce con la aplicación de los aditivos químicos con adición de 40kg/m<sup>3</sup>.

## **V. CONCLUSIONES**

- Se determina que la adición de aditivos químicos mejoró las capacidades físicas y mecánicas del suelo natural, el suelo natural en la calicata n° 1 con un 100% de MDs y 0.1” de penetración, se determinó un CBR de 10.00%, en la calicata 2 con un 100% de MDs y 0.1” de penetración, se determinó un CBR de 9.70%, y en la calicata 3 con un 100% de MDs y 0.1” de penetración, se determinó un CBR de 9.40, estos CBR clasifican al suelo como una subrasante mala, para lo cual se pasó a realizar la estabilización con la aplicación de los aditivos químicos, Proes, Terrasil, y Eco Road 2000, en la calicata 1, el aditivo que mejoro con mayor porcentaje el CBR fue el aditivo Terrasil, con una dosificación de (1.4 lt/m3) aditivo Terasil + (40 kg/m3) Cemento, dando un CBR de 99.60%, en la calicata 2 el aditivo que mejoro el suelo natural con mayor efectividad también fue el Terrasil, dando como resultado un CBR de 98.10%, y en la calicata 3, el aditivo que mejoro en mayor porcentaje el índice CBR fue el aditivo Eco Road 2000 con una dosificación de (0.60 lt/m3) de Eco Road 2000 + Cemento (40 kg/cm3). Definiendo a estos nuevos CBR como una Base muy buena.



En el gráfico se presentan los índices de CBR en estado natural, de color azul, y las barras de color anaranjado representa el índice de CBR de suelo estabilizado con la adición de aditivos químicos + cemento tipo 1.

- Se determinaron las características físicas y mecánicas del suelo en su estado natural, Se realizó el ensayo de granulometría del suelo en estado natural a las 3 calicatas, para lo cual se determinó que el porcentaje pasante por la malla # 200, para la calicata 1 fue de 80.97%, en la calicata 2 en porcentaje pasante fue de 83.67%, y para la calicata 3, el porcentaje que paso por el tamiz #200 fue de 82.65%, gracias al ensayo de granulometría se determinó la clasificación del suelo en estado natural, según SUCS se determinó que el suelo natural de la zona de estudio se compone por arcilla de baja plasticidad (CL), y según AASHTO se clasifico en (A-7-6), se determinó la misma clasificación para las 3 calicatas realizadas, se determinó una capacidad de soporte a un 100% de DMs a una penetración de 0.1” para las 3 calicatas de: 10.00%, 9.70%, 9.40% valores de CBR para cada calicata respectivamente, se concluye que al suelo natural se define como un material de subrasante mala, no apto para ser empleado en una infraestructura vial.

<i>CALICATA</i>	<b>Clasificación SUCS (ASTM D2487)</b>	<b>Clasificación AASHTO (ASTM D3282)</b>	<i>Nombre del grupo</i>
<i>C-1</i>	CL	A-7-6 (9)	<i>Arcilla baja plasticidad</i>
<i>C-2</i>	CL	A-7-6 (10)	<i>Arcilla baja plasticidad</i>
<i>C-3</i>	CL	A-7-6 (11)	<i>Arcilla baja plasticidad</i>

**Fuente:** Elaboración propia

Según Sucs, la clasificación del suelo natural viene a ser un CL, por otra parte Aashto determinar que el suelo natural de la zona de estudio viene a ser un A-7-6, para las 3 calicatas realizadas, definiéndose como una Arcilla de baja plasticidad.



- Se determina que la aplicación de aditivos químicos incide de forma positiva en cuanto a la reducción de expansión del suelo saturado.

<b>Suelo Natural</b>		
<b>Tabla 1</b>		
Tiempo	Dial	Expansión
Hora	0.01"	mm
<b>0</b>	110	0
<b>24</b>	190	1.73
<b>48</b>	200	2.18
<b>72</b>	210	2.29
<b>96</b>	234	2.59

<b>Estabilización con Proes</b>		
<b>Tabla 2</b>		
Tiempo	Dial	Expansión
Hora	0.01"	mm
<b>0</b>	110	0
<b>24</b>	111	0
<b>48</b>	112	0.03
<b>72</b>	115	0.05
<b>96</b>	121	0.1

<b>Estabilización con Terrasil</b>		
<b>Tabla 3</b>		
Tiempo	Dial	Expansión
Hora	0.01"	mm
<b>0</b>	110	0
<b>24</b>	113	0.08
<b>48</b>	115	0.13
<b>72</b>	119	0.23
<b>96</b>	121	0.28

<b>Estabilización con Eco Road 2000</b>		
<b>Tabla 4</b>		
Tiempo	Dial	Expansión
Hora	0.01"	mm
<b>0</b>	110	0
<b>24</b>	111	0.03
<b>48</b>	113	0.08
<b>72</b>	115	0.13
<b>96</b>	120	0.25

En la tabla 1: se presentan la expansión inicial del suelo natural, que fue saturado durante 4 días, presentando a las 24 hrs una expansión de 1.73mm, a las 48 hrs tuvo una expansión de 2.18mm, a las 72 horas el suelo se expandió en 2.29mm, y a las 96 horas el suelo se expandió en 2.59mm.

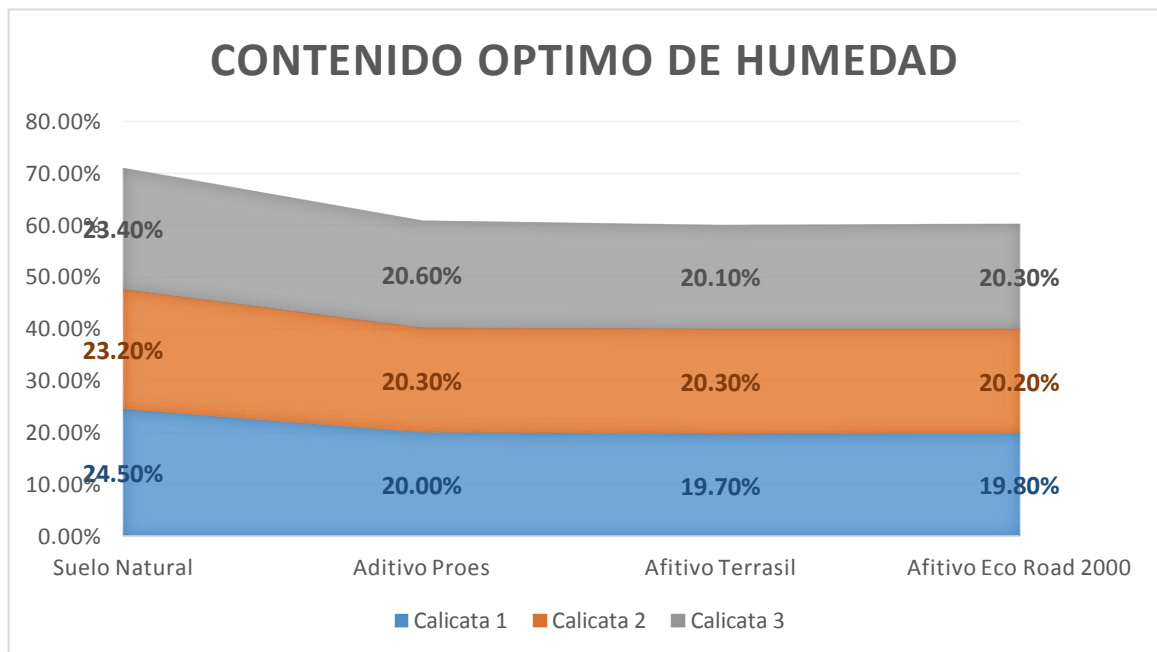
-Tabla 2: Con la estabilización del suelo con aditivo Proes + cemento, se obtuvo una expansión de suelo saturado a partir de las 48 horas de 0.03mm, a las 72 horas una expansión de 0.05mm, y a las 96 horas una expansión de 0.1mm.

-Tabla 3: Con la estabilización del suelo con aditivo Terrasil + cemento, se obtuvo una expansión de suelo saturado al primer día de 0.08mm, al segundo día una expansión de 0.13mm, al tercer día de 0.23mm, y al cuarto día una expansión de 0.28mm.

-Tabla 4: Con la estabilización del suelo con aditivo Eco Road + cemento, se obtuvo una expansión de suelo saturado al primer día de 0.03mm, al segundo día una expansión de 0.08mm, al tercer día de 0.13mm, y al cuarto día una expansión de 0.25mm.

-Se determina que la estabilización de suelos con aditivos químicos reduce la expansión del suelo en estado saturado.

- Se determina que la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos, redujo el contenido óptimo de humedad, teniendo un contenido óptimo de humedad inicial en cada calicata valores de: 23.40%, 23.20%, y 24.50, para la calicata 1, 2 y 3 de forma respectiva. Cuando se realizó la adición de aditivos químicos, se redujo el contenido de humedad en cierto porcentaje, el suelo natural con adición de aditivo liquido Proes (0.35 lt/m<sup>3</sup>) + Cemento (40kg/m<sup>3</sup>), en las 3 calicatas se determinó un promedio de contenido óptimo de humedad de 20.30%, para la segunda estabilización del suelo natural con adición de aditivo liquido Terrasil (1.4 lt/m<sup>3</sup>) + Cemento (40kg/m<sup>3</sup>), en las 3 calicatas se obtuvo un contenido óptimo de humedad promedio de 20.00%, y para el suelo natural con adición de aditivo liquido Eco Road 2000 (0.60 lt/m<sup>3</sup>) + Cemento (40kg/m<sup>3</sup>), en las 3 calicatas se determinó 2 promedio de contenido de humedad dando como resultado 20.10%, se concluye que la aplicación de aditivos químicos para realizar la estabilización de suelos disminuyen significativamente su contenido óptimo de humedad para realizar el ensayo de proctor modificado y CBR.



En el presente gráfico, se presenta la disminución del contenido óptimo de humedad, una vez realizada la estabilización del suelo natural, con la adición de aditivos químicos. Determinando que el contenido óptimo disminuye considerablemente con la adición de los aditivos químicos + cemento portland tipo 1.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar todos los ensayos de mecánica de suelos de forma estricta, para de esta manera determinar resultados conformes a la investigación realizada, esperando determinar las condiciones adecuadas y perjudiciales que serán definidas en la zona de estudio.
- Profundizar los estudios sobre la aplicación de aditivos que incrementen las capacidades mecánicas del suelo de baja capacidad de soporte, sin adición de cemento, para enfatizar y determinar una mejor perspectiva para realizar la estabilización de suelo en lugares rurales, donde la economía para adquirir material de préstamo es insuficiente.
- Determinar la zona a trabajar exacta, debido a que los aditivos químicos aplicados: Proes, Terrasil y Eco Road 2000, contienen ácidos, es por ello que impide el nuevo crecimiento de plantas en la zona trabajada.
- Realizar dos proyectos de investigación: el primero que afirme la calidad del material que se obtiene con la estabilización de suelos, que mejoren las capacidades físicas y mecánicas de suelo natural para ser empleado como base o sub base de infraestructura vial, y el segundo que realice el diseño de una infraestructura vial, para ser planteada en la zona de estudio.

Se presentan dos posibles investigaciones, para el mejoramiento de una estructura vial.

- “Adición de emulsión asfáltica para mejorar la subrasante para ser empleada como infraestructura vial”.

Se recomienda realizar la adición de emulsión asfáltica, para determinar el incremento de las capacidades mecánicas del suelo natural, para luego, ser comparada con los resultados del suelo natural estabilizado con aditivos químicos del presente proyecto de tesis.

- “Diseño de pavimento rígido, para un volumen de tránsito medio, en el sector de Yumpe”.
- Se recomienda realizar el diseño de un pavimento rígido, debido a que este tipo de pavimento es más empleado en la zona de la Sierra, ya que el costo total de un pavimento rígido es más económico en esta zona de estudio.

## REFERENCIAS

ALTAMIRANO, Genaro y DÍAZ, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí – Rivas. Tesis (para optar el título de ingenieros civiles). Managua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2015. 113 pp.

ARIAS, Fernando. Metodología de la investigación. 7° ed. Ciudad de México: Trillas, 2017. 576 pp.

ISBN: 978-968-24-7993-9

ATARAMA, Edson. Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes. Tesis (Para obtener grado de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2015. 164 pp.

BEHAR, Daniel. Metodología de la investigación [en línea]. Buenos Aires: Shalom, 2008 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018].

Disponible en:  
<http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>

ISBN: 978-959-212-783-7

BERNAL, César. Metodología de la investigación. 3° ed. Bogotá: Pearson educación, 2015. 305 pp.

ISBN: 978-958-699-129-2

BRAJA, Das. Principios de Ingeniería de cimentaciones. 4° ed. Ciudad de México: International Thomson Editores, 2001. 862 pp.

ISBN: 970-686-035-5

BRAJA, Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 2° ed. Ciudad de México: International Thomson Editores, 1999. 587 pp.

ISBN: 0-534-37114-5

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica [en línea]. Perú: San Marcos, 2005 [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2018].

Disponibile

en:

[http://www.academia.edu/26909781/Metodologia\\_de\\_La\\_Investigacion\\_Cientifica\\_Carrasco\\_Diaz\\_1](http://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1)

ISBN: 9972-34-242-4

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. 2° ed. Lima: San Marcos, 2008. 476 pp.

ISBN: 978-9972-38-344-1

CASTILLO, Paola. Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Tesis (Para obtener grado de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 403 pp.

RODRIGUEZ, Diego. Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Cantón Quevedo, Provincia de los Ríos. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2016, 134 pp.

OVALLE, Eladio. Estabilización química de los bordes de un Terraplén erosionados por escorrentías. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2015, 138 pp.

CABALLERO, Oscar. Estabilización química del material de préstamo de la vía la Primavera – Bonanza – La Venturosa en el departamento del Vichada. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Área Curricular de Ingeniería Civil. 2017, 172 pp.

SALAS, Dante. Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del Km 11+000 al Km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo. Tesis (Para obtener grado de Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Cáceres Velásquez, 2017. 279 pp.

BADA, Delva. Aplicación del aditivo Químico Conaid para atenuar la Plasticidad del Material Granular del tramo de la Carretera Tauca – Bambas (Km 73+514 – Km 132+537) de la Ruta Nacional Pe – 3Na. Tesis (Para obtener el grado de Magister en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2016. 113 pp.

DE LA CRUZ, Lizeth, SALCEDO, Kaite. Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín. Tesis (para optar título de ingenieras civiles). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2016. 146 pp.

ESPECIFICACIONES técnicas generales para construcción EG-2013 por Luden Bernal [et al.]. Ciudad de México: Editorial Macro, 2013. 734 pp.  
ISBN: 978-612-304-116-8

Estado vial hacia Cuenca puso en alerta a conductores [en línea]. Diariopinion.com. 31 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.diariopinion.com/primeraplana/verArticulo.php?id=977106>

FERNANDEZ, Enrique, Nueva guía para la investigación científica [en línea]. Ciudad de México: Orfila Valentini, SA, 2012 [Fecha de consulta 10 de octubre de 2018]  
Disponible en: <https://issuu.com/castfela/docs/nueva-guia-para-la-investigacion-ci>  
ISBN: 978-607-7521-09-9

CASTILLO, Paola. Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Tesis (Para obtener grado de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 403 pp.

RODRIGUEZ, Diego. Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Cantón Quevedo, Provincia de los Ríos. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2016, 134 pp.

OVALLE, Eladio. Estabilización química de los bordes de un Terraplén erosionados por escorrentías. Tesis (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2015, 138 pp.

FUENTE, Eduardo. SUELO – CEMENTO Sus usos, propiedades y aplicaciones. Ciudad de México, 2013. 86 pp.

ISBN: 968-464-018-8

GAVILANES, Erick. Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur. Tesis (Para optar el grado de ingeniero civil). Quito: Universidad del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2015. 146 pp.

GOMEZ, Sergio. Metodología de la investigación [en línea]. Ciudad de México: Red Tercer Milenio, 2012 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018]

Disponible en: [https://issuu.com/floydari/docs/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion](https://issuu.com/floydari/docs/metodologia_de_la_investigacion)

ISBN: 978-607-733-149-0

GUTIÉRREZ, Wilfredo. Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte. Lima: Macro, 2016. 187 pp.

ISBN: 978-612-304-330-8

HEINEMANN, Klaus. Introducción a la metodología de la investigación empírica. Madrid: Paidotribo, 2003. 285 pp.

ISBN: 84-8019-685-5



HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 4. ° ed. México D.F: Mc Graw-Hill/Interamericana Editores S.A, 2006 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://elianahernandezunicor.files.wordpress.com/2013/04/metodologia-de-la-investigacion-sampieri.pdf>

ISBN: 970-10-5753-8

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 5° ed: Mc Graw Hill, 2010 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2018]. Disponible en: [http://www.academia.edu/11981396/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_-\\_Robert\\_Hern%C3%A1ndez\\_Sampieri\\_-\\_Carlos\\_Fern%C3%A1ndez\\_Callado\\_-\\_Pilar\\_Baptista\\_Lucio.\\_5ta\\_Ed](http://www.academia.edu/11981396/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_-_Robert_Hern%C3%A1ndez_Sampieri_-_Carlos_Fern%C3%A1ndez_Callado_-_Pilar_Baptista_Lucio._5ta_Ed)

ISBN: 978-607-15-0291-9

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y Baptista, Pilar. Metodología de la investigación. 6° ed. Ciudad de México: Mc Graw Hill, 2014. 600 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

JUANCO, Juan. *Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasante de carreteras*. Vol 5. (2): 22-07, 2011.

ISSN: 1059-1546

JUÁREZ, Eulalio. Fundamentos de la mecánica de suelos. Ciudad de México: Limusa, 2014. 642 pp.

ISBN: 978-968-18-0069-7

JUÁREZ, Eulalio. Mecánica de Suelos. 3° ed. Ciudad de México: Limusa, 2014. 414 pp.

ISBN: 978-968-18-0471-8

MANUAL DE CARRETERAS, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014. 302 pp.

MANUAL DE CARRETERAS, Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013. 1285 pp.

MATEOS, Manuel. Estabilización de tierras para pavimentos, cimientos, laderas, zanjas y casas de adobe. Madrid: Bellisco, 2013. 424 pp.

ISBN: 978-84-92970-66-7

MATEOS, Manuel. Estabilización de tierras para pavimentos, cimientos, laderas, zanjas y casas de adobe. 2° ed. Madrid: Bellisco, 2015. 378 pp.

ISBN: 978-84-92970-43-8

MARTÍNEZ, Bertha y CÉSPEDES, Nelly. Metodología de la investigación estrategias para investigar cómo hacer un proyecto de investigación. Lima: Imprenta Sánchez, 2008. 229 pp.

ISBN: 978-9972-883-29-3

MANUAL DE CONCEJERIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. Recomendaciones para la redacción de pliegos de especificaciones técnicas generales para el tratamiento de suelos con cal, 2010. 49 pp.

MANUAL de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción por Bermúdez Lucio [et al.]. Lima: Megabyte, 2013. 759 pp.

MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO O CAL, [et. al]. Madrid: Editorial IECA, 2008, 216 pp.

ISBN: 978-84-89702-23-3

MENDEZ, Carlos. Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales. 4° ed. Ciudad de México: Limusa, 2009. 357 pp.

ISBN: 978-968-18-7177-2

NESTERENKO, Darko. Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú. Tesis (Máster en Ingeniería civil). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2018. 33pp.

ORTIZ, Frida. Diccionario de metodología de la investigación científica. Ciudad de México: Limusa, 2011. 240 pp.  
ISBN: 978-607-05-0223-1

PINO, Raúl. Metodología de la investigación. Lima: San Marcos, 2007. 516 pp.  
ISBN: 978-9972-38-281-9

RODRIGUEZ, Gregorio, GIL, Javier y GARCÍA, Eduardo. Metodología de la investigación. 2° ed. Málaga: Aljibe, 1999. 378 pp.  
ISBN: 84-87767-56-7

REVISTA venezolana de Metodología de la investigación [en línea]. Caracas: Palermo, 2016 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018].  
Disponible en: <https://issuu.com/aarodriguez5/docs/metodologia>  
ISSN: 19-939-535

RICO, Alfonso. La ingeniería de los suelos en las vías terrestres. Ciudad de México: Grupo Noriega Editores, 2014. 644pp.  
ISBN: 9789681800796

SÁNCHEZ, María. Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector de Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí. Tesis (Para optar el grado de ingeniería Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, 2016. 416 pp.

SÁNCHEZ, Hugo. Metodología y diseño en la investigación científica. Lima: Visión Universitaria, 2006. 222 pp.  
ISBN: 9972-9695-3-3

SÁNCHEZ, Hugo y REYES, Carlos. Metodología y diseños en la investigación científica. 3° ed. Lima: Universitaria, 2002. 231 pp.

ISBN: 9972-885-25-9

SULLCARAY, Susana. Metodología de la investigación [en línea]. Lima: Universidad Continental SAC, 2013 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018]

Disponible en: [https://issuu.com/ucvirtual/docs/manual\\_metodologia\\_de\\_la\\_investigacion](https://issuu.com/ucvirtual/docs/manual_metodologia_de_la_investigacion)

ISBN: 978-612-4196-10-2

SUELOS, geología, geotecnia y pavimentos por Bermúdez Lucio [et al.]. Lima: Editorial Macro, 2014. 208 pp.

ISBN: 978-612-304-191-5

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4° ed. Ciudad de México: Limusa, 2018. 440 pp.

ISBN: 978-968-18-5872-8

TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS. *En*: Diccionario de investigación científica. Lima: Editores importadores, 1998. p. 355.

VALDERRAMA, Santiago y LEÓN, Lucy. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos en la investigación científica. Lima: San Marcos, 2016. 169 pp.

ISBN: 978-9972-38-696-1

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica.

Lima: San Marcos, 2017. 310 pp.

ISBN: 978-9972-38-041-9

VOIE, Chemin. Organización Internacional de Normalización. Bogotá: J.L Impresos, 2017. 93 pp.

ISBN: 978-62-67-30531-8

Notice of intent to grant exclusive license of U.S. patent application no. filed april 30, 2009 entitled: "A soil stabilization soil comprising same, and a method of stabilizing soil". (2010). Washington: Federal Information & News Dispatch, Inc. Retrieved from ProQuest Central Retrieved from: <https://search.proquest.com/docview/190324593?accountid=37408>.

GUZMÁN, S. IÑIGUEZ, M. Metodología Para Elección De Estabilizantes Químicos Para Bloques De Tierra. 2016, 5° ed, no. 9. pp. 151-159 ProQuest Central.

ISSN 13907263

Elizondo, F; Navas, C; Sibaja, D. (2010). Effect of lime on the stabilization of subgrade, Scientific review of the application of additives in clay soils, Caracas, pp.109. Found in:[http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT\\_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=6&docId=GALE%7CA444595548&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=ZSPS&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA444595548&searchI=R3&userGroupName=univcv&inPS=true](http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=6&docId=GALE%7CA444595548&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=ZSPS&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA444595548&searchI=R3&userGroupName=univcv&inPS=true)

VIKRANT, G. (2019). A- Review “Stabilization of Expansive Soil Using Fly Ash and Iron Powder.” <https://doi.org/10.5281/zenodo.2547144>

Akbulut, S; Kurt, Z; Arasan, S. (2012). Surfactant modified clays, consistency limits and. Early Sciences Research Journal. Retrieved from: [http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT\\_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=4&docId=GALE%7CA328943615&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=ZSSF&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA328943615&searchId=R5&userGroupName=univcv&inPS=true&backToSource=true#](http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=4&docId=GALE%7CA328943615&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=ZSSF&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA328943615&searchId=R5&userGroupName=univcv&inPS=true&backToSource=true#)

LIN, Y., Su, Y., NAMDAR, A., ZHON, G., SHE, Y., & Yang, Q. (2019). Utilization of Cementitious Material from Residual Rice Husk Ash and Lime in Stabilization of Expansive Soil. *Advances in Civil Engineering*, pp. 17. <https://doi.org/10.1155/2019/5205276>

REINIGIER, C. (2017). *Soil Stabilization: Types, Methods and Applications*. Hauppauge, New York: Nova Science Publishers, Inc. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.asp?direct=true&db=edsebk&AN=1652528&lang=es&site>

OGUNDARE, D. A., ADEBARA, S. A., FAMILUSI, A. O., & ADEWUMI, B. E. (2018). Stabilization of Subgrade Using Geosynthetics (Case Study- Geotextile) under Soaked Condition. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, pp. 162. Retrieved from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=133178669&lang=es&site=eds-live>

YU, Y., ZHANG, K., & YANG, J. (2018). Stabilization of Cd and Zn in soil using pairwise mixed amendments of three raw materials: nanohydroxyapatite, nanoiron and nanoalumina. *Research on Chemical Intermediates*, PP. 2981. From: <https://doi.org/10.1007/s11164-018-3288-1>

ROWLEY, M. C., GRAND, S., & VERRECCHIA, E. (2018). Calcium-mediated stabilisation of soil organic carbon. *Biogeochemistry*, pp. 27. <https://doi.org/10.1007/s10533-017-0410-1>

SORENGARD, M., KLEJA, D. B., & ABRENS, L. (2019). Stabilization and solidification remediation of soil contaminated with poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Journal of Hazardous Materials*, pp, 639. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.005>.

## **ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de Consistencia – Titulo:** “Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yumpe – Huayllacayan - Ancash, 2019”.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERAL: ¿Cómo influye la adición de aditivos químicos para la estabilización de suelos, en el centro poblado de Yumpe - 2019?	GENERAL: Determinar la influencia de la adición de los aditivos químicos en la estabilización de suelos en el centro poblado de Yumpe – 2019.	GENERAL: La adición de aditivos químicos influye de forma positiva para la mejora de calidad del suelo en la estabilización del suelo natural en el centro poblado de Yumpe – 2019.	VARIABLE DEPENDIENTE "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS"	PROPIEDADES MECANICAS	Clasificación de suelo	Diseño: Experimental
					Contenido de Humedad	Tipo: Aplicada
					Expansión	Nivel: Explicativo
Específico 1: - ¿Cuál es la clasificación del suelo natural en el centro poblado de Yumpe - 2019?	Específico 1: - Determinar la clasificación del suelo natural según SUCS y AASHTO, en el centro poblado de Yumpe – 2019.	Específico 1: - Se determina la clasificación del suelo natural según Sucs y Aashto, en el centro poblado de Yumpe – 2019.	VARIABLE INDEPENDIENTE "ADITIVOS QUIMICOS"	PROES	Capacidad de Soporte	Enfoque: Cuantitativo
DMS y COH	Población: Todos los especímenes estabilizados en el laboratorio Ingeocontrol.					
Específico 2: - ¿En qué medida incide la aplicación de aditivos químicos, en el grado de expansión del suelo natural en el centro poblado de Yumpe - 2019?	Específico 2: - Determinar la incidencia del índice de expansión del suelo estabilizado con aditivos químicos, en el centro poblado de Yumpe – 2019.	Específico 2: - La adición de aditivos químicos en el suelo natural, incide de forma positiva en la expansión del suelo natural en el centro poblado de Yumpe – 2019.			TERRASIL	Capacidad de Soporte
DMS y COH	Instrumentos: Límites de Consistencia, Granulometría, CBR, Proctor Modificado					
Específico 3: - ¿En qué medida incide la aplicación de aditivos químicos, en el contenido óptimo de humedad, en el centro Poblado de Yumpe - 2019?		Específico 3: - Determinar la incidencia de reducción del contenido óptimo de humedad de los suelos estabilizados con aditivos químicos, en el centro poblado de Yumpe – 2019.	Específico 3: - La aplicación de aditivos químicos en el suelo natural, incide de forma positiva al contenido óptimo de humedad, en los suelos del centro poblado de Yumpe – 2019.	ECO ROAD 2000		Capacidad de Soporte
DMS y COH						

**Fuente:** Elaboración propia.



## Anexo 02: Ficha técnica de aditivo Proes.



### FICHA TÉCNICA



#### i. Tecnología PROES

El proceso PROES® de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente (CBR > 100%) y flexible.

Este proceso ocupa:

- El suelo natural con plasticidad
- El aditivo líquido PROES, que actúa por ionización y ordena las partículas del suelo.
- Aditivo sólido que sirve como aglomerante.

La base generada con PROES aporta toda la capacidad estructural necesaria, por lo que requiere de una carpeta de rodado sólo como protección de la abrasión producida por el tráfico y según el estándar de operación esperado.

#### ii. Consideraciones de uso.

- Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de acuerdo a PROES.
- Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cuál consiste en cemento u otro filler gestionable localmente.
- El aditivo líquido PROES se agrega al suelo en dosis de 0,30 a 0,35 lt/m<sup>3</sup> de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando un camión aljibe, donde se diluye el aditivo PROES en agua previo a su aplicación.
- La finalización del proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio. Este proceso debe realizarse en las 4 horas inmediatamente posteriores al riego.

#### iii. Condiciones de transporte del aditivo líquido

**Envase** : Estanque HDPE anillado de 55 galones 200 litros, sellado, diámetro 595 mm, altura 888 mm (ver ilustración adjunta).

**Transporte:** : los estanques se movilizan en pallets de 1000mm x 1200 mm.



#### iv. Condiciones químicas del aditivo líquido

**División de riesgo** : Clase 8 - Líquido corrosivo

**Código UN** : NU 3256

**Estado físico** : líquido de color oscuro y apariencia oleosa

**Peso específico** : 1,15

**pH** : 1 a 1,5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución.

**Estabilidad** : producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C

**Fecha de caducación** : no tiene

---

Proes Tech Perú SAC 2 de Mayo 826, oficina 001, Miraflores, Lima, Perú. Fono: +56 1 445 9676  
; www.proestech.com





**ADITIVO**  
ESTABILIZADOR QUÍMICO

---

## FICHA TÉCNICA

### Definición

TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.

### Características físicas

Forma	Líquida
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	> 90 °C (recipiente cerrado)
Punto de ebullición	200°C
Propiedades Explosiva	No Explosivo
Densidad	1,04 g/ml
Viscosidad(25°C)	100-500 cps

*NOTA: Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto.*

### Dosificación Mezclada

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m3

Aplicar en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua optima para alcanzar la densidad máxima.

*Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.*

### Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m2

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m<sup>2</sup> de la disolución en dos fases

*Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.*

### Aplicación del sistema



### Pasos a seguir:

1. Mezcla de Terrasil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m<sup>2</sup> en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de Terrasil en el agua necesaria para alcanzar la humedad optima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + Terrasil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de Terrasil.
16. Comprobación de impermeabilidad.



Av. Parque de las leyendas N° 210 Ofi. 802 Urb. Pando-San Miguel (51-1) 320 3767  
(51) 971354248 E. achavez@brem.com.pe www.brem.com.pe

2015-FTP-02-TER-v03

**Anexo 04:** Ficha Técnica de aditivo Eco Road 2000.



**DOSIFICACIÓN**  
**TABLA RANGOS DE APLICACIÓN RECOMENDADA PARA ER 2000, SEGÚN TIPO DE SUELO**

Clasificación Clase de Suelo	Designación AASHTO	Dosificación Lts/m <sup>3</sup>
<b>I.P. &lt; 10</b> Suelos no plásticos o de baja plasticidad	A-1-a/ A-1-b gravas	0,61
	A3 arena fina	0,61
	A-2-4/ A-2-5/ gravas y arenas limosas o arcillosas.	0,31 – 0,46
	A-4/A-5 suelos limosos.	0,31 – 0,46
<b>I.P. &lt; 30</b> Suelos medianamente plásticos	A-2-6/ A-2-7 gravas, arenas limosas o arcillosas.	0,31
	A-6/ A-7-5/ A-7-6 suelos arcillosos.	0,31 – 0,46
<b>I.P. &gt; 30</b> Suelos altamente plásticos	A-2-6/ A-2-7 arcillas.	0,46 – 0,61
	A-6/ A-7-5/ A-7-6 suelos arcillosos	0,61

En general, la dosificación 0,61 lt/m<sup>3</sup> debería ser usada para suelos pobres, 0,41 lt/m<sup>3</sup> para suelos regulares y 0,3 lt/m<sup>3</sup> para suelos buenos.

Para el caso de control de material particulado, se recomienda una concentración de 0,048 lts/m<sup>2</sup>.

O lo que es igual una concentración 1:25; el rendimiento será aproximadamente de 1,25 lts/m<sup>2</sup>.

En el caso de control de relaves y taludes, se aplica a razón de 0,1 a 0,05 litros por m<sup>2</sup>, mezclado con 2 a 5 litros de agua y emulsión asfáltica (CSSIH).

[www.ecoroadlatam.com](http://www.ecoroadlatam.com)



Tel.: 705 8580-Nextel:116\*2984  
 RPC:994 886 431-RPM:#965 909 824  
 Av. Los Constructores 1230- La Molina - Lima - Perú

## CEMENTO SOL / PORTLAND TIPO I



### CARACTERÍSTICAS:

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334. 009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
- Producto obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso. Cuenta con la fecha y hora de envasado impresa en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

### VENTAJAS:

- Es usado en concretos de muchas aplicaciones y preferido por el buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad.
- Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado, requerido por los maestros constructores en las diferentes aplicaciones requeridas del cemento.
- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.

### USOS Y APLICACIONES:

- Para las construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Utilizado ampliamente para fabricar concretos de mediana y alta resistencia a la compresión (superiores a 300 Kg/cm<sup>2</sup>).
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.

- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Producción de concretos pre-tensado y post-tensado.
- Fabricación de concretos permeables.
- Compatible con todos los aditivos empleados en el concreto, presentes en el mercado nacional.

### RECOMENDACIONES:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.
- Como todo concreto es recomendable siempre realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación.


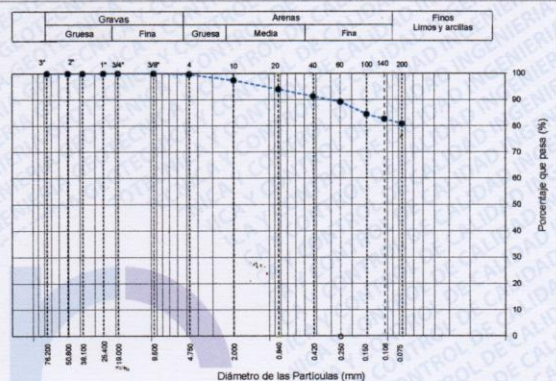
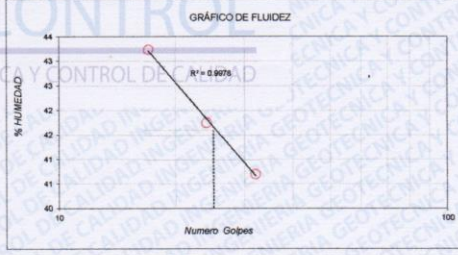



### PRESENTACIÓN:

Bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en Camiones Bombonas y en Big Bags).






Anexo 06: Ficha de Validación, Clasificación de suelo natural calicata 1.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>		Versión	01
			Fecha	07-05-2018
			Página	1 de 1
Proyecto	Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°	IOC19-LEM-141-01
Propietario	Ever Junior Arco Palacios		Muestreado por	Cliente
Código del Proyecto	---		Ensayado por	Eduardo S.
Ubicación de Proyecto	Lima		Fecha de Ensayo	30/4/2019
Material	Terreno natural		Turno	Diurno
Código de Muestra	---		Profundidad	--- m
Sondeo / Calicata	---		Norte	---
N° de Muestra	C-1		Este	---
Progresiva	---		Cota	---
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913</b>				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.	
3"	76.200	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		
3/8"	9.500	100.0		
N° 4	4.750	99.7		
N° 10	2.000	97.5		
N° 20	0.840	94.1		
N° 40	0.425	91.4		
N° 60	0.250	89.3		
N° 100	0.150	84.6		
N° 140	0.106	82.8		
N° 200	0.075	81.0		
				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216</b>				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.0			
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C			
MÉTODO DE REPORTE	"B"			
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno			
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/-5°C"			
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral			
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno			
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"			
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318</b>				
LÍMITE LÍQUIDO	42			
LÍMITE PLÁSTICO	21			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	21			
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.6			
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.8			
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto			
<b>COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS</b>				
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.3			
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	18.7			
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	81.0			
<b>CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL</b>				
CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL - Arcilla de baja plasticidad con arena en condición parcialmente húmeda color beige claro.			
<b>NOTAS SOBRE LA MUESTRA</b>				
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo			
<b>GRÁFICO DE FLUIDEZ</b>				
				
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>				
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL			
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (9)			
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena			
<b>INGEOCONTROL SAC</b>				
<b>TECNICO LEM</b> D: _____ M: _____ A: _____ 		<b>JEFE LEM</b> D: _____ M: _____ A: _____  <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		
<b>COC - LEM</b> D: _____ M: _____ A: _____  <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.				
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com				



Anexo 07: Ficha de Validación, Clasificación de suelo natural calicata 2.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>		Versión	01
			Fecha	07-05-2018
			Página	1 de 1

Proyecto	Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-02
Propietario	Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por:	Cliente
Código del Proyecto	Lima	Ensayado por:	Eduardo S.
Ubicación de Proyecto	Terreno natural	Fecha de Ensayo:	30/4/2019
Material		Turno:	Diumo
Código de Muestra	---	Profundidad:	--- m
Sondaje / Calicata	---	Norte:	---
N° de Muestra	C-2	Este:	---
Progresiva	---	Cota:	---

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.	Gravas			Arenas			Finos Limos y arcillas
				Gruesa	Fina		Gruesa	Media	Fina	
3"	76.200	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								
3/8"	9.500	100.0								
N° 4	4.750	100.0								
N° 10	2.000	99.2								
N° 20	0.840	97.6								
N° 40	0.425	96.3								
N° 60	0.250	94.2								
N° 100	0.150	91.6								
N° 140	0.106	89.4								
N° 200	0.075	83.7								

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.5
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	43
LÍMITE PLÁSTICO	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	23
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.6
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	16.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	83.7

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	
CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL - Arcilla de baja plasticidad con arena en condición parcialmente húmeda color beige claro.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo




  

GRÁFICO DE FLUIDEZ	
% HUMEDAD	45
Numero Golpes	100
$R^2 = 0.9996$	

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUGS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (10)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:
		Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 08: Ficha de Validación, Clasificación de suelo natural calicata 3.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-PO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>		Versión	01
			Fecha	07-05-2018
			Página	1 de 1
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019			Registro N°: <b>IGC19-LEM-141-03</b>
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios			Muestreado por : Cliente
Código del Proyecto	: ---			Ensayado por : Eduardo S.
Ubicación de Proyecto	: Lima			Fecha de Ensayo: 30/4/2019
Material	: Terreno natural			Turno: Diurno
Código de Muestra	: ---			Profundidad: --- m
Sondaje / Calicata	: ---			Norte: ---
N° de Muestra	: C-3			Este: ---
Progresiva	: ---			Cota: ---

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.	Gravias			Arenas			Finos Limos y arcillas
				Gruesa	Fina		Gruesa	Media	Fina	
3"	76.200	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								
3/8"	9.500	100.0								
N° 4	4.750	100.0								
N° 10	2.000	98.9								
N° 20	0.840	96.8								
N° 40	0.425	91.2								
N° 60	0.250	89.0								
N° 100	0.150	86.8								
N° 140	0.106	84.1								
N° 200	0.075	82.7								

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	47
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	28
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.3
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	17.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	82.7

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	
CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL- Arcilla de baja plasticidad con arena en condición parcialmente húmeda color beige claro.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo



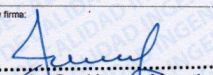
  

GRÁFICO DE FLUIDEZ	
% HUMEDAD	Numero Golpes
$R^2 = 0.9981$	

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (11)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		COO - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingocontrol.com / informes@ingocontrol.com



Anexo 09: Validación de proctor modificado calicata 1 – suelo natural.

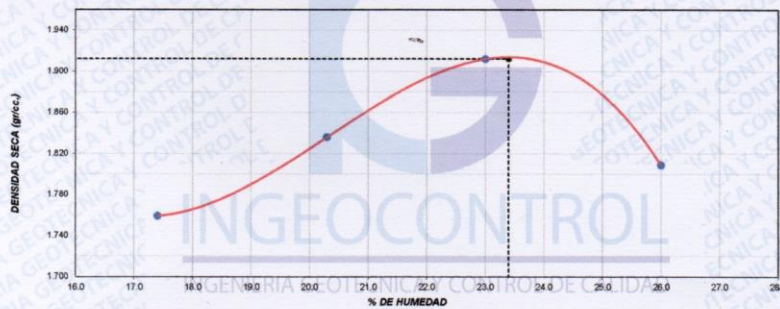
	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-16
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-04
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	Solicitante
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	2/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: ---		Profundidad:	0.00 - 1.50
Procedencia	: C-1		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883			
Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>	
Peso Molde	6292	gr.	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.065	2.209	2.352	2.279
Contenido de agua	%	17.4	20.3	23.0	26.0
Densidad Seca	gr/cc	1.759	1.836	1.912	1.809

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.912 gr/cm<sup>3</sup>.</b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>23.40 %</b>
------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	----------------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**







**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:


Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingocontrol.com / informes@ingocontrol.com



Anexo 10: Validación de CBR calicata 1 – suelo natural.

	<b>FORMATO</b>				Código	AE-FO-15							
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>				Versión	01							
					Fecha	30-04-2018							
					Página	2 de 3							
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019				Registro N°:	IGC19-LEM-141-04							
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios				Muestreado por :	Solicitante							
Código del Proyecto	: ---				Ensayado por :	B. Melgar							
Ubicación de Proyecto	: Lima				Fecha de Ensayo:	6/5/2019							
Material	: Terreno natural				Turno:	Diurno							
Identificación	: ---				Profundidad:	0.00 - 1.50 m							
Procedencia	: C-1				Norte:	---							
N° de Muestra	: M-1				Este:	---							
Progresiva	: ---				Cota:	---							
<b>ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883</b>													
<b>CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde N°	1		2		3								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	9.742		9.532		9.431								
Peso molde (gr.)	4.696		4.762		4.794								
Peso suelo compactado (gr.)	5.044		4.770		4.637								
Volumen del molde (cm³)	2.135		2.129		2.122								
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.363		2.240		2.186								
Humedad (%)	23.5		23.3		23.6								
Densidad Seca (gr./cm³)	1.913		1.817		1.768								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Peso de tara (gr.)	148.4		147.1		148.0								
Tara + suelo húmedo (gr.)	797.3		806.1		729.0								
Tara + suelo seco (gr.)	673.8		681.6		618.1								
Peso de agua (gr.)	123.5		124.5		110.9								
Peso de suelo seco (gr.)	525.4		534.5		470.1								
Humedad (%)	23.5		23.3		23.6								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión mm	Expansión %	Dial							
2-may	14.00	0	110	0.00	0.00	110							
3-may	14.00	24	190	2.03	1.75	187							
4-may	14.00	48	200	2.29	1.96	198							
5-may	14.00	72	210	2.54	2.18	217							
6-may	14.00	96	234	3.15	2.71	222							
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3					
		Indicador	Carga (kg./cm²)	Corrección (kg./cm²)	CBR %	Indicador	Carga (kg./cm²)	Corrección (kg./cm²)	CBR %	Indicador	Carga (kg./cm²)	Corrección (kg./cm²)	CBR %
0.025		3	1.2			3	1.1			2	1.0		
0.050		9	2.6			6	2.3			7	2.0		
0.075		18	4.1			14	3.6			12	3.1		
0.100	70.307	30	7.2	7.0	16.0	23	5.7	5.8	8.2	21	5.2	5.0	7.1
0.150		43	10.1			35	8.4			31	7.5		
0.200	105.480	57	13.2	13.6	12.9	46	11.3	11.0	10.4	41	9.7	9.5	9.0
0.300		78	17.9			66	15.3			56	13.1		
0.400		106	24.2			90	20.6			77	17.6		
0.500		125	28.4			106	24.2			90	20.7		
<b>OBSERVACIONES:</b>													
* Muestra provista e identificada por el solicitante													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL													
<b>INGEOCONTROL SAC</b>													
TECNICO LEM			D:	JEFE LEM			D:	CQC - LEM			D:		
Nombre y firma:			M:	Nombre y firma:			M:	Nombre y firma:			M:		
			A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.			A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.			A:		
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com													

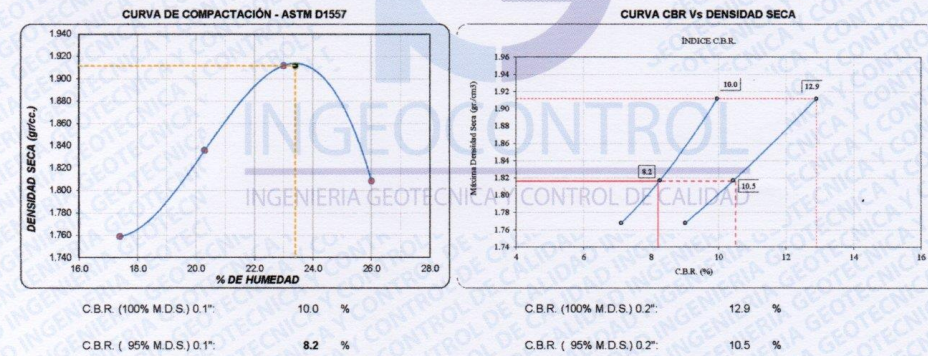
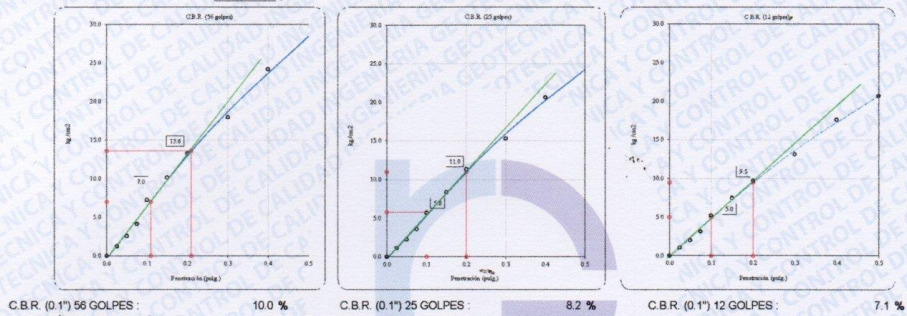


	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-04
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	Solicitante
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	6/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca 1.912 gr/cm<sup>3</sup> Óptimo Contenido de Humedad 23.40 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.816 gr/cm<sup>3</sup>


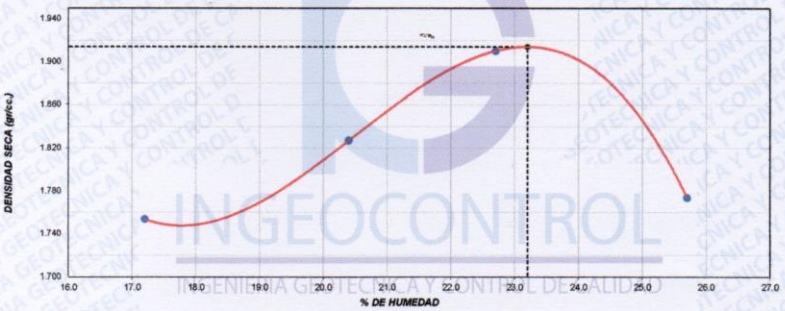


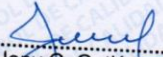


**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:




Anexo 11: Validación de proctor modificado calicata 2 – suelo natural.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15	
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01	
			Fecha	30-04-2018	
			Página	1 de 3	
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-05	
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	Solicitante	
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	B. Melgar	
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	2/5/2019	
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno	
Identificación	: ---		Profundidad:	0.00 - 1.50	
Procedencia	: C-2		Norte:	---	
N° de Muestra	: M-1		Este:	---	
Progresiva	: ---		Cota:	---	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>					
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.055	2.200	2.344	2.229
Contenido de agua	%	17.2	20.4	22.7	25.7
Densidad Seca	gr/cc	1.754	1.827	1.910	1.774
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		1.914 gr/cm <sup>3</sup> .		<b>Contenido Humedad Optima:</b> 23.2 %	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
* Muestra provista e identificada por el solicitante					
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL					
<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	OJC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com					



Anexo 12: Validación de CBR calicata 2 – suelo natural.

	<b>FORMATO</b>				Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>				Versión	01
					Fecha	30-04-2018
					Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019				Registro N°:	IGC19-LEM-141-05
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios				Muestreado por :	Solicitante
Código del Proyecto	: ---				Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima				Fecha de Ensayo:	8/5/2019
Material	: Terreno natural				Turno:	Diurno
Identificación	: ---				Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-2				Norte:	---
N° de Muestra	: M-1				Este:	---
Progresiva	: ---				Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883						
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	4		5		6	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9,757		8,493		9,290	
Peso molde (gr.)	4,721		4,712		4,812	
Peso suelo compactado (gr.)	5,036		4,781		4,478	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,135		2,131		2,125	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,359		2,243		2,107	
Humedad (%)	23.5		23.4		23.6	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,910		1,818		1,705	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	154.3		165.2		173.8	
Tara + suelo húmedo (gr.)	998.4		998.8		544.4	
Tara + suelo seco (gr.)	570.6		497.6		473.6	
Peso de agua (gr.)	97.8		101.2		70.8	
Peso de suelo seco (gr.)	416.3		432.4		299.8	
Humedad (%)	23.5		23.4		23.6	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
2-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
3-may	14:00	24	114	0.10	0.09	111	0.09	0.02	112	0.05	0.04
4-may	14:00	48	124	0.36	0.30	117	0.18	0.15	116	0.15	0.13
5-may	14:00	72	131	0.53	0.46	119	0.23	0.20	118	0.20	0.17
6-may	14:00	96	137	0.69	0.59	130	0.51	0.44	122	0.30	0.26




  

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 4				Molde N° 5				Molde N° 6			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	Indicador	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		4	1.5			3	1.3			3	1.2		
0.050		11	3.0			9	2.6			8	2.3		
0.075		17	4.3			14	3.8			12	3.3		
0.100	70.307	26	6.8	6.8	9.7	24	5.9	5.5	7.8	20	5.1	4.8	6.8
0.150		40	9.5			34	8.1			29	7.0		
0.200	105.460	56	13.0	12.0	11.4	47	11.0	10.6	10.1	43	10.1	9.3	8.8
0.300		79	18.1			67	15.5			57	13.3		
0.400		112	25.5			95	21.8			81	18.6		
0.500		125	28.4			112	25.5			87	19.9		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


  

INGEOCONTROL SAC							
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:	COC - LEM	
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:	
		A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

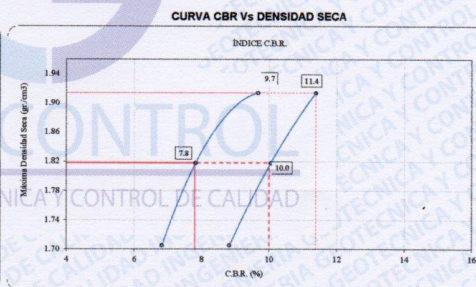
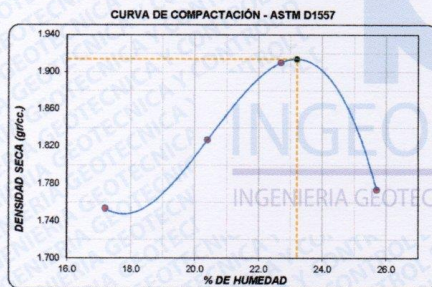
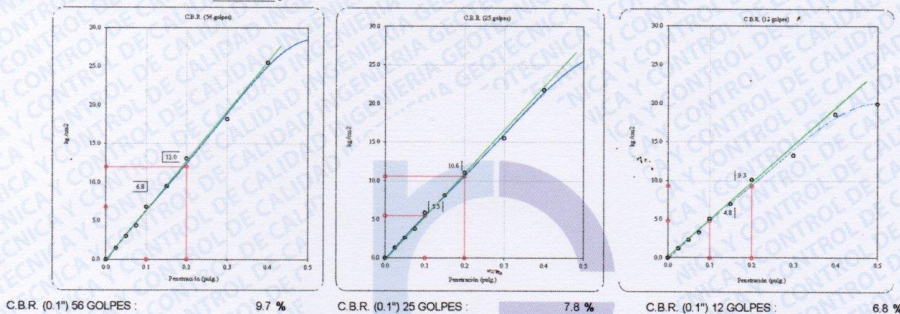


	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15	
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>			Versión	01
				Fecha	30-04-2018
				Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-05
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por	: Solicitante
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por	: B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo	: 6/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno	: Diurno
Identificación	: ---	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-2	Norte	: ---
N° de Muestra	: M-1	Este	: ---
Progresiva	: ---	Cota	: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca : 1.914 gr./cm<sup>3</sup>  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.818 gr./cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humedad : 23.20 %



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

<b>INGEOCONTROL SAC</b>			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 13: Validación de proctor modificado calicata 3 – suelo natural.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-16
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-06
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	Solicitante
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	2/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: ---		Profundidad:	0.00 - 1.50
Procedencia	: C-3		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

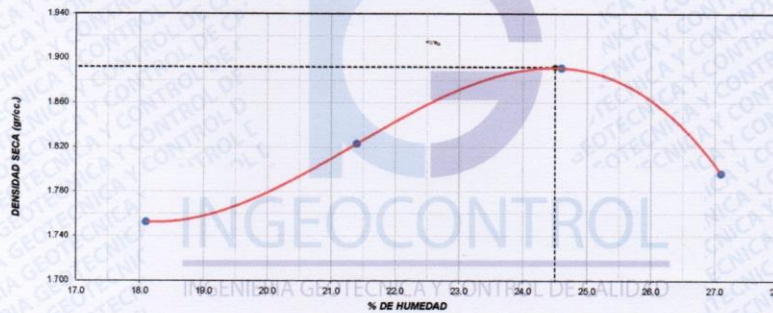
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1893**

Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6292	gr.




NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr. 2.070	2.213	2.356	2.284
Contenido de agua	% 18.1	21.4	24.6	27.1
Densidad Seca	gr/cc 1.753	1.823	1.891	1.797

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.892</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup>.</b>	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	<b>24.50 %</b>
------------------------------	--------------	---------------------------	----------------------------------	----------------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




- OBSERVACIONES:**
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
  - \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	OJC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 14: Validación de CBR calicata 3 – suelo natural.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3
Proyecto	Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-06
Propietario	Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	Solicitante
Código del Proyecto	---		Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación del Proyecto	Lima		Fecha de Ensayo:	6/5/2019
Material	Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	---		Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	C-3		Norte:	---
N° de Muestra	M-1		Este:	---
Progresiva	---		Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9.725		9.275		9.148	
Peso molde (gr.)	4.696		4.762		4.784	
Peso suelo compactado (gr.)	5.027		4.513		4.354	
Volumen del molde (cm³)	2.135		2.129		2.122	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.355		2.120		2.052	
Humedad (%)	24.0		23.6		24.2	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.899		1.715		1.652	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	148.4		147.1		148.0	
Tara + suelo húmedo (gr.)	799.9		807.7		731.9	
Tara + suelo seco (gr.)	673.8		661.6		618.1	
Peso de agua (gr.)	126.1		126.1		113.8	
Peso de suelo seco (gr.)	525.4		534.5		470.1	
Humedad (%)	24.0		23.6		24.2	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
2-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
3-may	14:00	24	190	2.03	1.75	187	1.96	1.68	176	1.73	1.48
4-may	14:00	48	200	2.29	1.96	198	2.24	1.92	196	2.18	1.88
5-may	14:00	72	210	2.54	2.18	217	2.72	2.33	200	2.29	1.96
6-may	14:00	96	234	3.15	2.71	222	2.84	2.44	212	2.59	2.23


PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Indicador	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Indicador	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Indicador	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		4	1.5			3	1.1			2	1.0		
0.050		9	2.6			7	2.1			5	1.7		
0.075		14	3.7			12	3.2			9	2.8		
0.100	70.307	26	6.8	6.6	<b>9.4</b>	22	5.5	5.8	<b>8.2</b>	21	5.2	5.0	<b>7.1</b>
0.150		40	9.5			37	8.8			31	7.5		
0.200	105.460	56	13.0	13.1	<b>12.4</b>	45	10.6	11.5	<b>10.9</b>	41	9.7	10.3	<b>9.8</b>
0.300		81	18.6			69	15.9			56	13.1		
0.400		110	25.0			89	20.4			69	15.9		
0.500		125	28.4			112	25.5			83	19.0		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:	M:		Nombre y firma:	M:	
	A:			A:	
			Noemi C. Sanchez-Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		
			Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

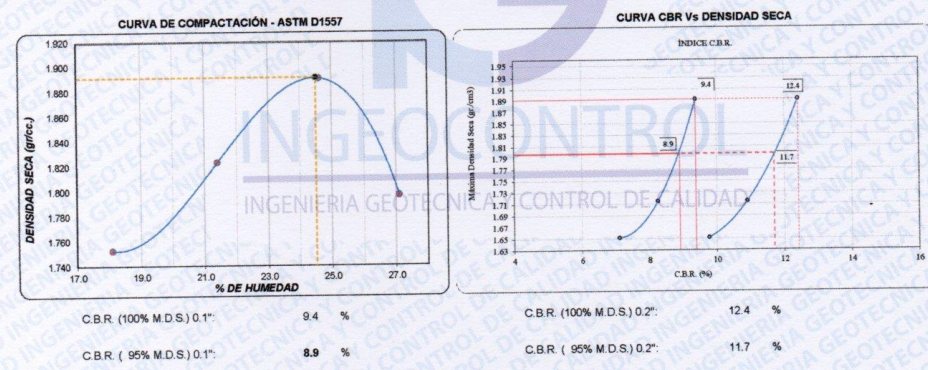
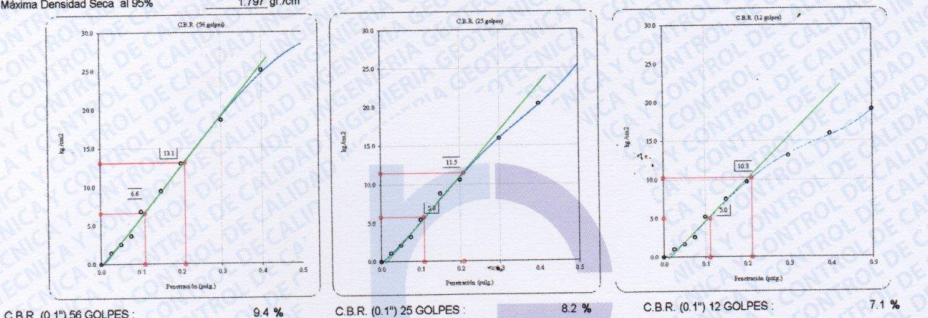


	<b>FORMATO</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-15</b>
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>3 de 3</b>

<b>Proyecto</b>	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	<b>Registro N°:</b>	<b>IGC19-LEM-141-06</b>
<b>Propietario</b>	: Ever Junior Arce Palacios	<b>Muestreado por :</b>	<b>Solicitante</b>
<b>Código del Proyecto</b>	: ---	<b>Ensayado por :</b>	<b>B. Melgar</b>
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: Lima	<b>Fecha de Ensayo:</b>	<b>6/5/2019</b>
<b>Material</b>	: Terreno natural	<b>Turno:</b>	<b>Diurno</b>
<b>Identificación</b>	: ---	<b>Profundidad:</b>	<b>0.00 - 1.50 m</b>
<b>Procedencia</b>	: C-3	<b>Norte:</b>	<b>---</b>
<b>N° de Muestra</b>	: M-1	<b>Este:</b>	<b>---</b>
<b>Progresiva</b>	: ---	<b>Cota:</b>	<b>---</b>

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca 1.892 gr./cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 24.50 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.797 gr./cm<sup>3</sup>


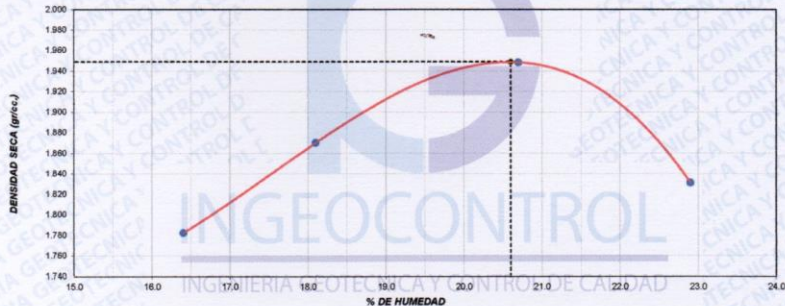


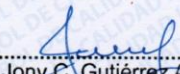


**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENEERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD INGENEERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

<b>INGEOCONTROL SAC</b>			
<b>TECNICO LEM</b>	<b>D:</b>	<b>JEFE LEM</b>	<b>D:</b>
Nombre y firma:	<b>M:</b>	Nombre y firma:	<b>M:</b>
	<b>A:</b>	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	<b>A:</b>
			 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.




Anexo 15: Validación de proctor modificado calicata 1 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-16			
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01			
			Fecha	30-04-2018			
			Página	1 de 3			
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-07			
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres			
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino			
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	22/5/2019			
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno			
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3		Profundidad:	0.00 -1.50			
Procedencia	: C-1		Norte:	---			
N° de Muestra	: M-1		Este:	---			
Progresiva	: ---		Cota:	---			
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>							
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>				
Peso Molde		6292	gr.				
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.074	2.209	2.352	2.251		
Contenido de agua	%	16.4	18.1	20.7	22.9		
Densidad Seca	gr/cc	1.782	1.870	1.948	1.831		
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		<b>1.949 gr/cm<sup>3</sup>.</b>		<b>Contenido Humedad Optima:</b>		<b>20.60 %</b>	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>							
							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
* Muestra provista e identificada por el solicitante							
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL							
---							
<b>INGEOCONTROL SAC</b>							
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:	OQC - LEM	
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:	
		A:	 <b>Neomí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima							
Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299							
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com							



Anexo 16: Validación de CBR calicata 1 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-07
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	26/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3		Profundidad:	0.00 -1.50 m
Procedencia	: C-1		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**


CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9.699		9.506		9.276	
Peso molde (gr.)	4.698		4.762		4.784	
Peso suelo compactado (gr.)	5.001		4.744		4.482	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.127		2.131		2.128	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.351		2.226		2.106	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.948		1.852		1.748	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	148.4		147.1		148.0	
Tara + suelo húmedo (gr.)	782.6		789.6		714.5	
Tara + suelo seco (gr.)	673.8		661.6		618.1	
Peso de agua (gr.)	108.8		108.0		96.4	
Peso de suelo seco (gr.)	525.4		534.5		470.1	
Humedad (%)	20.7		20.2		20.5	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
23-may	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00
24-may	14:00	48	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
25-may	14:00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04
26-may	14:00	96	121	0.28	0.24	117	0.18	0.15	114	0.10	0.09

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		33	1.6			27	1.3			15	0.7		
0.050		297	14.7			201	10.0			81	4.0		
0.075		771	38.2			552	27.3			213	10.5		
0.100	70.307	1251	61.9	58.0	<b>82.5</b>	861	42.6	38.0	<b>54.0</b>	354	17.5	15.5	<b>22.0</b>
0.150		1895	96.8			1308	64.8			528	26.1		
0.200	105.460	2319	114.8	118.0	<b>111.9</b>	1602	79.3	81.0	<b>76.8</b>	657	32.5	32.0	<b>30.3</b>
0.300		2943	145.7			2043	101.2			783	38.8		
0.400		3306	163.7			2232	110.5			888	44.0		
0.500		3485	171.6			2384	118.0			967	47.9		

- OBSERVACIONES:**
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
  - \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:
		A:	 <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:
			 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



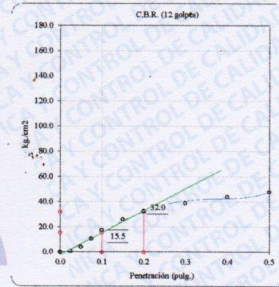
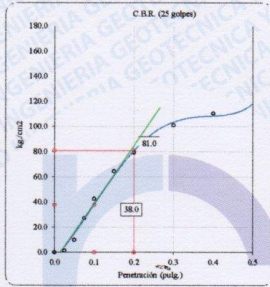
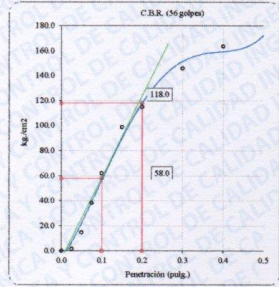


<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	3 de 3

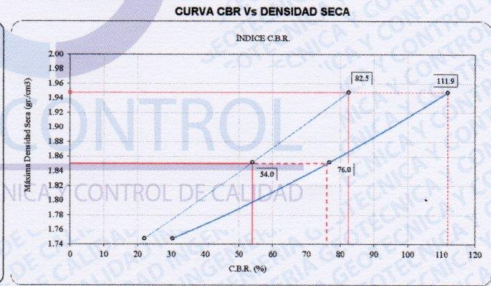
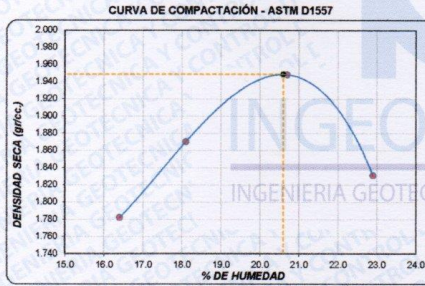
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-07
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	26/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3	Profundidad:	0.00 -1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cofa:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca 1.949 gr/cm<sup>3</sup>  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.852 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humedad 20.60 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 82.5 %      C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 54.0 %      C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 22.0 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 82.5 %      C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 111.9 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 54.0 %      C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 76.0 %


**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD  
 \* ---  
 \* ---

<b>INGEOCONTROL SAC</b>			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 17: Validación de proctor modificado calicata 2 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-08
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	28/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3		Profundidad:	0.00 - 1.50
Procedencia	: C-2		Notte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>			
<b>ASTM D1567 / ASTM D1883</b>			
Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>	
Peso Molde	6292	gr.	

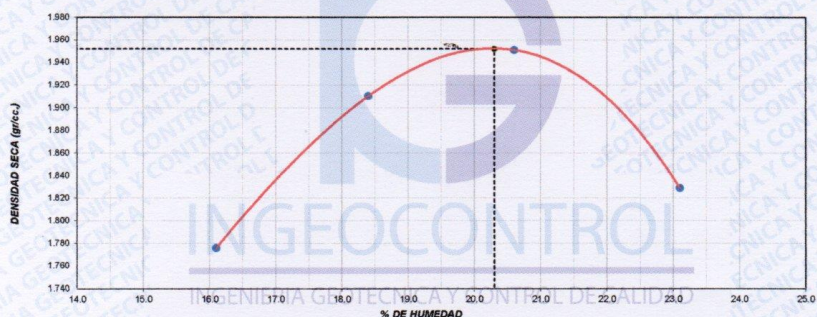
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1	2	3	4
Contenido de agua	%	16.1	18.4	20.6	23.1
Densidad Seca	gr/cc	1.776	1.910	1.951	1.829

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.952	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	20.30	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---

<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>	
---	--





**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- \* ---


<b>INGEOCONTROL SAC</b>			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 18: Validación de CBR calicata 2 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-08
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	30/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3		Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-2		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9.801		9.492		9.321	
Peso molde (gr.)	4.812		4.732		4.827	
Peso suelo compactado (gr.)	4.989		4.780		4.494	
Volumen del molde (cm³)	2.127		2.131		2.128	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.346		2.234		2.112	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.954		1.857		1.758	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	91.4		86.3		86.7	
Tara + suelo húmedo (gr.)	358.3		420.1		364.9	
Tara + suelo seco (gr.)	313.7		363.7		318.3	
Peso de agua (gr.)	44.6		56.3		46.6	
Peso de suelo seco (gr.)	222.3		277.4		231.6	
Humedad (%)	20.1		20.3		20.1	

EXPANSIÓN												
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%		mm	%		mm	%	
26-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	
27-may	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00	
28-may	14:00	48	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02	
29-may	14:00	72	114	0.10	0.09	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04	
30-may	14:00	96	119	0.23	0.20	116	0.15	0.13	113	0.08	0.07	

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		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		225	11.1			179	8.9			92	4.6		
0.050		509	25.2			413	20.4			281	13.9		
0.075		770	38.1			594	29.4			407	20.2		
0.100	70.307	1096	54.3	55.0	78.2	784	38.8	39.0	55.5	630	31.2	29.0	41.2
0.150		1701	84.2			1153	57.1			870	43.1		
0.200	105.460	2055	101.8	102.0	96.7	1399	69.3	70.0	66.4	1096	54.3	54.0	51.2
0.300		2568	127.2			1748	86.5			1316	65.2		
0.400		2945	145.8			1963	97.2			1392	68.9		
0.500		3128	154.9			2050	103.5			1446	71.6		


**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- 
- 

INGEOCONTROL SAC							
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:	CQC - LEM	
Nombre y firma:	M:		Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	
	A:		 <b>Neemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



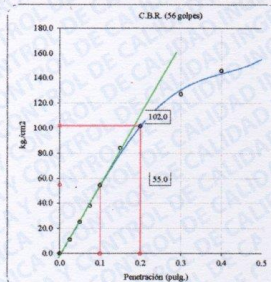
	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-08
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3	Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-2	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

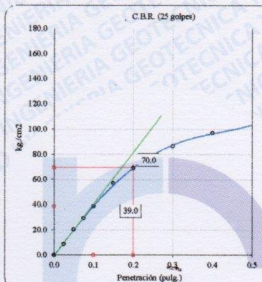
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

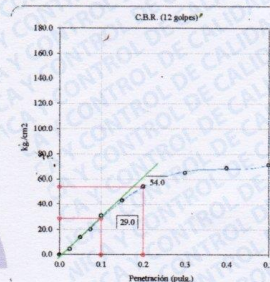
Máxima Densidad Seca  $1.952 \text{ gr./cm}^3$       Óptimo Contenido de Humedad  $20.30 \%$   
Máxima Densidad Seca al 95%  $1.884 \text{ gr./cm}^3$



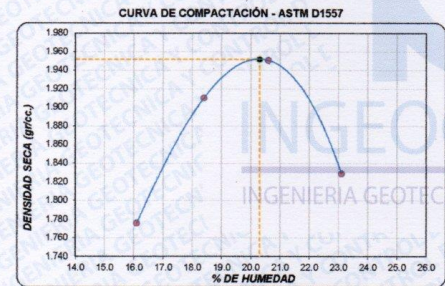
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 78.2 %



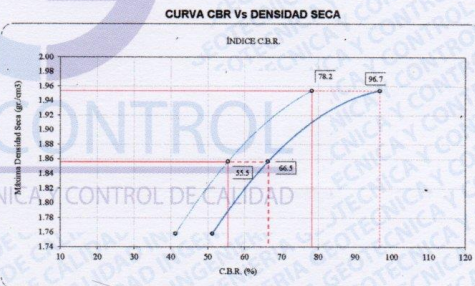
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 55.5 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 41.2 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 78.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 55.5 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 96.7 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" : 66.5 %

**OBSERVACIONES:**


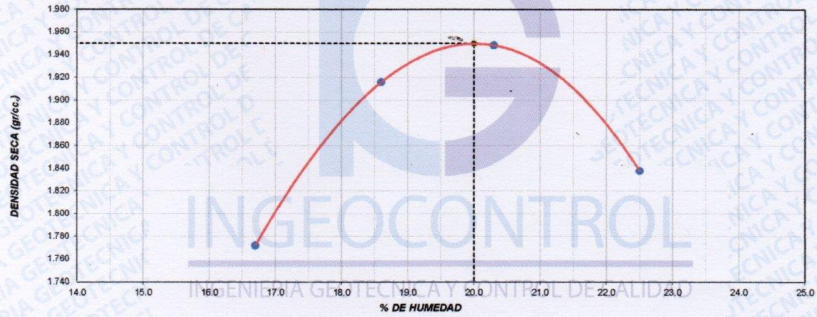



- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- 
- 

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:
		A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:
					 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com




Anexo 19: Validación de Proctor Modificado calicata 3 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15	
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01	
			Fecha	30-04-2018	
			Página	1 de 3	
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-09	
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres	
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino	
Ubicación del Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	22/5/2019	
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno	
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3		Profundidad:	0.00-1.50	
Procedencia	: C-3		Norte:	---	
N° de Muestra	: M-1		Este:	---	
Progresiva	: ---		Cota:	---	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>					
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.068	2.272	2.344	2.252
Contenido de agua	%	16.7	16.6	20.3	22.5
Densidad Seca	gr/cc	1.772	1.916	1.948	1.838
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		<b>1.950</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup>.</b>	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	
				<b>20.0 %</b>	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
* Muestra provista e identificada por el solicitante					
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL					
---					
<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		JEFE LEM		CQC - LEM	
Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:
	M:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	M:	 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	M:
	A:		A:		
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com					



Anexo 20: Validación de CBR calicata 3 + Aditivo Proes.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-09
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	26/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3	Profundidad:	0.00-1.50 m
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**


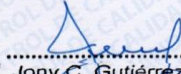
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + molde (gr.)	9,784		9,482		9,300	
Peso molde (gr.)	4,812		4,732		4,827	
Peso suelo compactado (gr.)	4,972		4,750		4,473	
Volumen del molde (cm³)	2,127		2,131		2,126	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,338		2,229		2,102	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,951		1,855		1,753	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	91.4		86.3		86.7	
Tara + suelo húmedo (gr.)	357.7		416.4		363.9	
Tara + suelo seco (gr.)	313.7		362.8		317.9	
Peso de agua (gr.)	44.0		55.6		46.0	
Peso de suelo seco (gr.)	222.3		276.5		231.2	
Humedad (%)	19.8		20.1		19.9	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
23-may	14:00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00	0.00
24-may	14:00	48	112	0.05	0.04	112	0.05	0.04	110	0.00	0.00
25-may	14:00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	111	0.03	0.02
26-may	14:00	96	118	0.20	0.17	116	0.15	0.13	112	0.05	0.04

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		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		230	11.4			168	8.3			87	4.3		
0.050		489	24.2			406	20.1			275	13.6		
0.075		784	38.8			612	30.3			397	19.7		
0.100	70.307	1064	52.7	51.0	<b>72.5</b>	796	39.5	39.0	<b>55.5</b>	612	30.3	27.8	<b>39.5</b>
0.150		1540	76.3			1226	60.7			859	42.5		
0.200	105.460	1966	97.3	98.0	<b>92.9</b>	1504	74.5	74.0	<b>70.2</b>	1021	50.6	51.0	<b>48.4</b>
0.300		2654	131.4			1896	94.0			1297	64.2		
0.400		3108	153.9			2089	103.4			1381	68.4		
0.500		3318	164.3			2209	109.4			1429	70.8		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL  
 \* ---  
 \* ---

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:	M:		Nombre y firma:	M:	
	A:		 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com





**FORMATO**  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

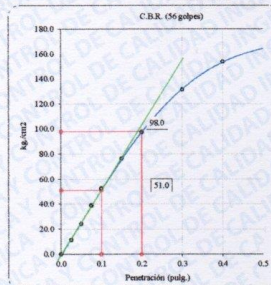
Código	AE-FO-15
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-09
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por	: J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por	: J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	26/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con PROES a 0.35L x m3	Profundidad:	0.00-1.50 m
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

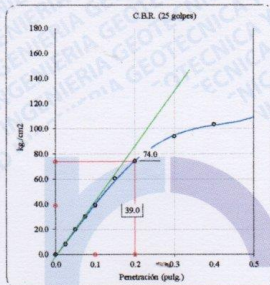
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

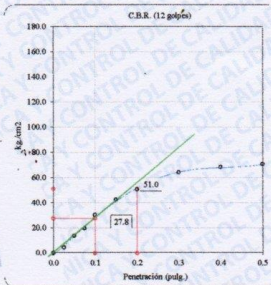
Máxima Densidad Seca : 1.950 gr./cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad : 20.0 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.853 gr./cm<sup>3</sup>



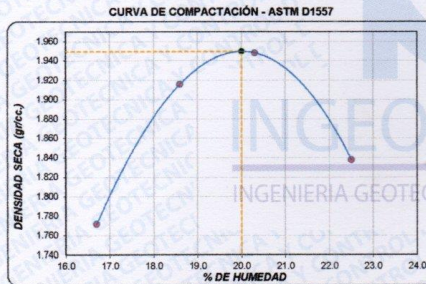
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 72.5 %



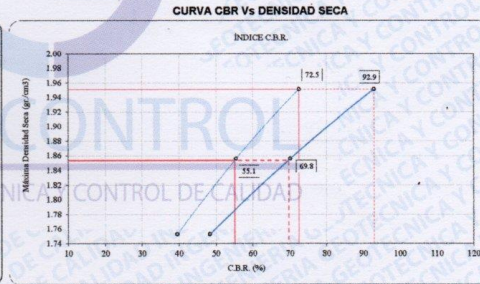
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 55.5 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 39.5 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 72.5 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 55.1 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 92.9 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" : 69.8 %


**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- 
- 

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES INGEOCONTROL LEM		Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
		Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	



Anexo 21: Validación de Proctor Modificado calicata 1 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-16
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-10
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	23/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil		Profundidad:	0.00 - 1.50
Procedencia	: C-1		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>			
<b>ASTM D1557 / ASTM D1883</b>			
Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>	
Peso Molde	6292	gr.	

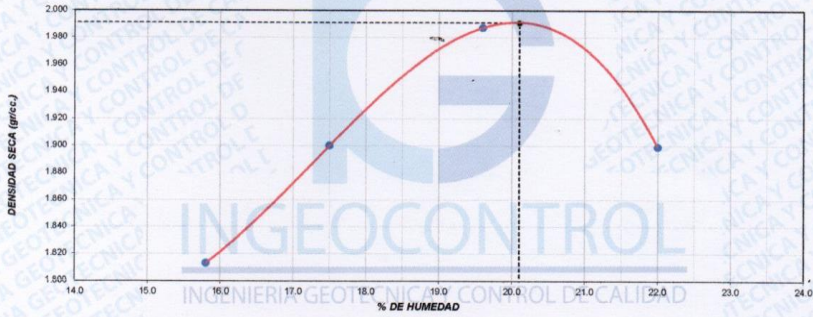
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.099	2.233	2.377	2.317
Contenido de agua	%	15.8	17.5	19.6	22.0
Densidad Seca	gr/cc	1.813	1.900	1.987	1.899

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.991	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	20.10	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---




<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>
---

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- 
- 


<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:
		A:	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:
		 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.			

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingocontrol.com / Informes@ingocontrol.com



Anexo 22: Validación de CBR calicata 1 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-10
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	27/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil		Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-1		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

<b>ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>					
ASTM D1883					

<b>CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>					
Molde N°	2		4		1
Número de capas	5		5		5
Número de golpes	56		25		10
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9,884		9,674		9,435
Peso molde (gr.)	4,812		4,732		4,627
Peso suelo compactado (gr.)	5,072		4,942		4,808
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,127		2,131		2,128
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,384		2,319		2,165
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,987		1,928		1,806

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
Peso de tara (gr.)	91.4		86.3		86.7
Tara + suelo húmedo (gr.)	365.3		418.9		364.4
Tara + suelo seco (gr.)	311.3		362.8		318.3
Peso de agua (gr.)	44.0		56.1		46.1
Peso de suelo seco (gr.)	219.9		276.5		231.6
Humedad (%)	20.0		20.3		19.9

<b>EXPANSIÓN</b>											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
23-may	14.00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
24-may	14.00	24	113	0.08	0.07	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
25-may	14.00	48	115	0.13	0.11	113	0.08	0.07	112	0.05	0.04
26-may	14.00	72	119	0.23	0.20	115	0.13	0.11	113	0.08	0.07
27-may	14.00	96	121	0.28	0.24	116	0.15	0.13	115	0.13	0.11



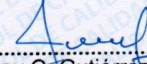
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		411	20.4			224	11.1			172	8.5		
0.050		870	43.1			537	26.6			383	19.0		
0.075		1132	56.0			759	37.6			565	28.0		
0.100	70.307	1319	65.3	70.0	<b>99.6</b>	978	48.4	49.0	<b>60.7</b>	712	35.3	36.0	
0.150		1939	96.0			1434	71.0			1012	50.1		
0.200	105.460	2345	116.1	116.0	<b>110.0</b>	1947	96.4	92.0	<b>87.2</b>	1220	60.4	59.0	
0.300		2993	148.2			2380	117.8			1376	68.1		
0.400		3386	167.7			2641	140.7			1551	76.8		
0.500		3612	178.8			2853	141.3			1631	80.8		

**OBSERVACIONES:**


- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- 
- 

<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:
		A:	 <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:
		A:			 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

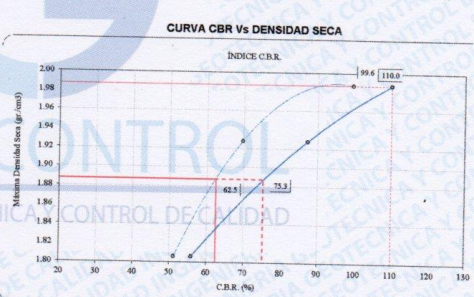
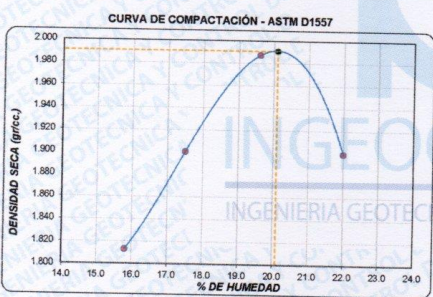
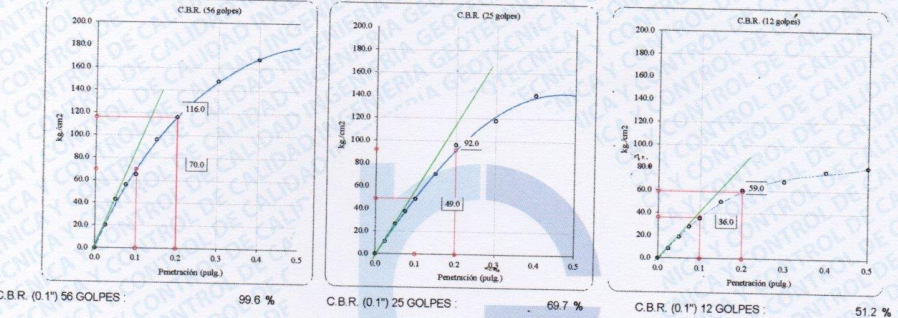


	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	3 de 3

<b>Proyecto</b> : Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019 <b>Propietario</b> : Ever Junior Arce Palacios <b>Código del Proyecto</b> : --- <b>Ubicación de Proyecto</b> : Lima <b>Material</b> : Terreno natural	<b>Registro N°:</b> IGC19-LEM-141-10  <b>Muestreado por :</b> J.Torres <b>Ensayado por :</b> J. Paulino <b>Fecha de Ensayo:</b> 27/5/2019 <b>Turno:</b> Diurno
<b>Identificación</b> : Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil <b>Procedencia</b> : C-1 <b>N° de Muestra</b> : M-1 <b>Progresiva</b> : ---	<b>Profundidad:</b> 0.00 - 1.50 m <b>Norte:</b> --- <b>Este:</b> --- <b>Cota:</b> ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca 1.991 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 20.10 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.891 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 99.6 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 62.5 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 110.0 %  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 75.3 %


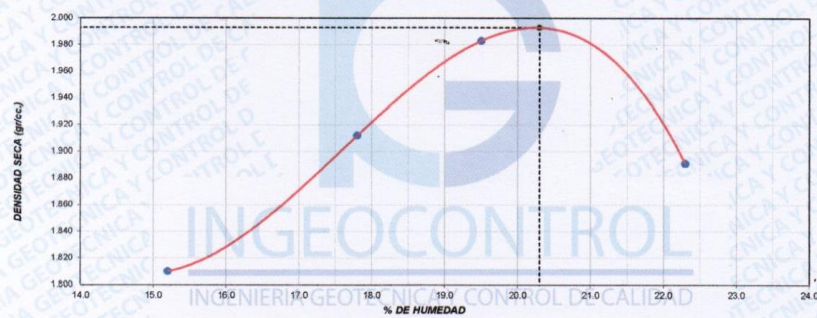



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingocontrol.com / informes@ingocontrol.com




Anexo 23: Validación de Proctor Modificado calicata 2 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15	
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01	
			Fecha	30-04-2018	
			Página	1 de 3	
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-11	
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres	
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino	
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	23/5/2019	
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno	
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de terrasil		Profundidad:	0	
Procedencia	: C-2		Norte:	---	
N° de Muestra	: M-1		Este:	---	
Progresiva	: ---		Cota:	---	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>					
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.085	2.252	2.370	2.313
Contenido de agua	%	15.2	17.8	19.5	22.3
Densidad Seca	gr/cc	1.810	1.912	1.983	1.891
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		<b>1.993 gr/cm<sup>3</sup>.</b>		<b>Contenido Humedad Óptima: 20.30 %</b>	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
* Muestra provista e identificada por el solicitante					
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL					
---					
<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		JEFE LEM		CQC - LEM	
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
	Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com				






Anexo 24: Validación de CBR calicata 2 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>				Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>				Versión	01
					Fecha	30-04-2018
					Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019				Registro N°:	IGC19-LEM-141-11
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios				Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---				Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima				Fecha de Ensayo:	27/5/2019
Materia	: Terreno natural				Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de terrasil				Profundidad:	0 m
Procedencia	: C-2				Norte:	---
N° de Muestra	: M-1				Este:	---
Progresiva	: ---				Cota:	---

<b>ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883</b>													
<b>CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde N°	2		4		1								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	9,845		9,600		9,440								
Peso molde (gr.)	4,812		4,732		4,827								
Peso suelo compactado (gr.)	5,033		4,868		4,613								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,127		2,131		2,128								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,366		2,284		2,168								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,955		1,931		1,823								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Peso de tara (gr.)	91.4		86.3		86.7								
Tara + suelo húmedo (gr.)	355.1		413.4		362.1								
Tara + suelo seco (gr.)	313.7		352.8		318.3								
Peso de agua (gr.)	41.4		50.6		43.8								
Peso de suelo seco (gr.)	222.3		278.5		231.6								
Humedad (%)	18.6		18.3		18.9								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión mm %		Dial	Expansión mm %						
23-may	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00					
24-may	14:00	24	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04					
25-may	14:00	48	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09					
26-may	14:00	72	116	0.15	0.13	115	0.13	0.11					
27-may	14:00	96	122	0.30	0.26	117	0.18	0.15					
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		435	21.5			225	11.1			169	8.4		
0.050		865	42.6			526	26.0			392	19.4		
0.075		1128	55.9			762	37.7			578	28.6		
0.100	70.307	1326	65.7	69.0	<b>86.1</b>	984	48.7	50.0	<b>71.1</b>	745	36.9	37.0	<b>52.6</b>
0.150		1908	94.4			1436	71.1			1026	50.8		
0.200	105.460	2298	113.8	114.0	<b>108.1</b>	1952	96.7	92.0	<b>87.2</b>	1294	64.1	61.3	<b>58.1</b>
0.300		2964	146.8			2371	117.4			1399	69.3		
0.400		3321	164.4			2840	140.6			1602	79.3		
0.500		3597	178.1			2859	141.6			1645	81.4		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL  
 \* ---  
 ---

<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		D:	JEFE LEM		D:
Nombre y firma:		M:	Nombre y firma:		M:
		A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		A:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.			

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com





**FORMATO**  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

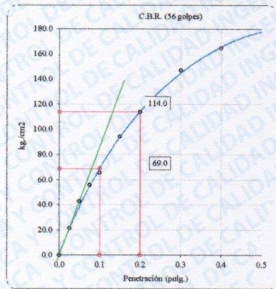
Código	AE-FO-15
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-11
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	27/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de terrasil	Profundidad:	0 m
Procedencia	: C-2	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

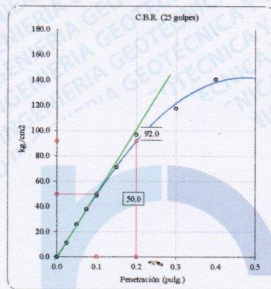
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

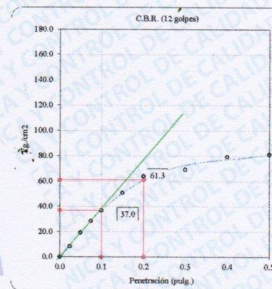
Máxima Densidad Seca 1.993 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 20.30 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.893 gr/cm<sup>3</sup>



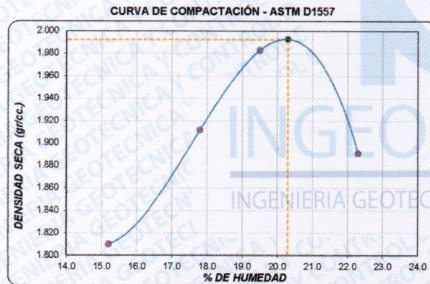
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: **98.1 %**



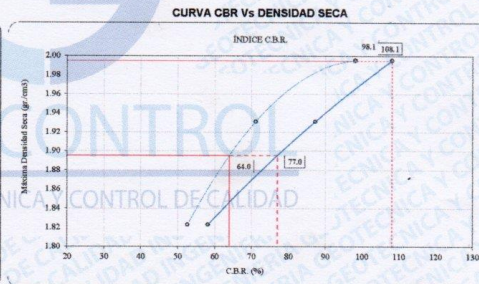
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: **71.1 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: **52.6 %**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **98.1 %**  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": **64.0 %**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **108.1 %**  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": **77.0 %**

**OBSERVACIONES:**


- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 25: Validación de Proctor Modificado calicata 3 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15	
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>			Versión	01
				Fecha	30-04-2018
				Página	1 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-12	
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres	
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino	
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	23/5/2019	
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno	
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil		Profundidad:	0.00 - 1.50	
Procedencia	: C-3		Norte:	---	
N° de Muestra	: M-1		Este:	---	
Progresiva	: ---		Cota:	---	

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>				
ASTM D1557 / ASTM D1883				
Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde	6292	gr.		

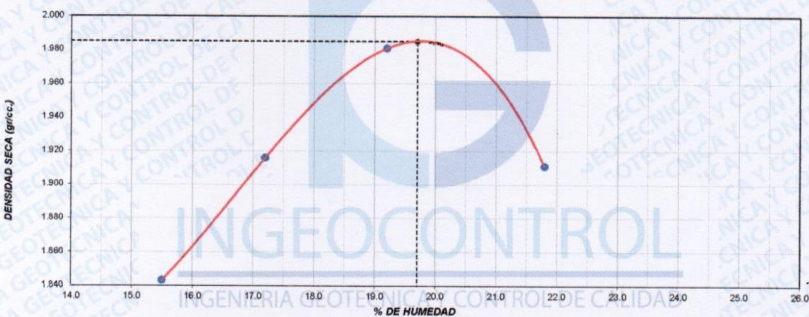
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.129	2.246	2.361	2.328
Contenido de agua	%	15.5	17.2	19.2	21.8
Densidad Seca	gr/cc	1.843	1.916	1.981	1.911

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.985	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	19.70	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---




<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>	
---	--

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- \* ---
- \* ---


INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	OQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



Anexo 26: Validación de CBR calicata 3 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-12
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	27/5/2019
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil		Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-3		Norte:	---
N° de Muestra	: M-1		Este:	---
Progresiva	: ---		Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1983						
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9,961		9,597		9,537	
Peso molde (gr.)	4,812		4,732		4,827	
Peso suelo compactado (gr.)	5,049		4,865		4,710	
Volumen del molde (cm³)	2,127		2,131		2,128	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,374		2,283		2,213	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,983		1,912		1,846	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	121.3		154.3		143.2	
Tara + suelo húmedo (gr.)	384.5		402.3		358.4	
Tara + suelo seco (gr.)	341.2		362.0		322.7	
Peso de agua (gr.)	43.3		40.3		35.7	
Peso de suelo seco (gr.)	219.9		207.7		179.5	
Humedad (%)	19.7		19.4		19.9	




EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
31-mar	14:00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00
1-abr	14:00	24	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02
2-abr	14:00	48	114	0.10	0.09	112	0.05	0.04	111	0.03	0.02
3-abr	14:00	72	118	0.20	0.17	114	0.10	0.09	113	0.08	0.07
4-abr	14:00	96	120	0.25	0.22	116	0.15	0.13	114	0.10	0.09

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga	Corrección	CBR %	Carga	Corrección	CBR %	Carga	Corrección	CBR %	Carga	Corrección	CBR %
0.025		398	19.7		218	10.8		184	9.1				
0.050		856	42.4		541	26.8		391	19.4				
0.075		1124	55.7		769	38.1		581	28.8				
0.100	70.307	1298	64.3	69.0	98.1	96.4	47.7	50.0	71.1	72.4	35.8	37.0	52.6
0.150		1898	93.9		1486	72.7		1064	52.7				
0.200	105.480	2297	113.7	113.0	107.1	1952	96.7	92.0	87.2	1219	60.4	59.6	56.5
0.300		2893	143.2		2374	117.5		1345	66.6				
0.400		3289	163.3		2861	141.7		1526	75.6				
0.500		3602	178.3		2896	143.4		1612	79.8				


**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL  
 ---  
 ---

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		JEFE LEM		CQC - LEM	
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:		A:
		Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		Jony C. Gutiérrez Apanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

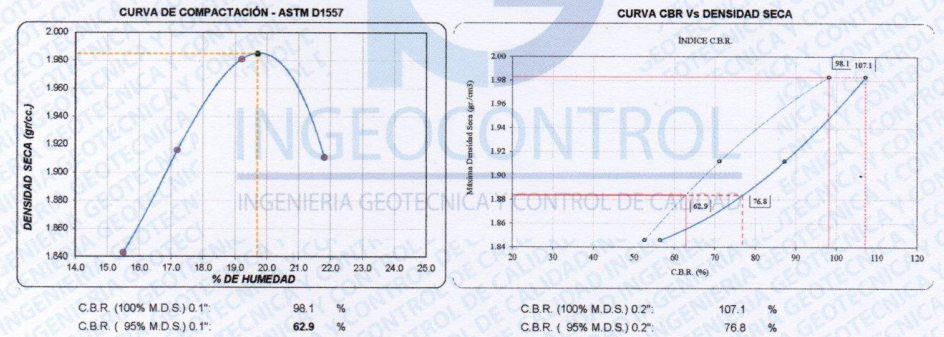
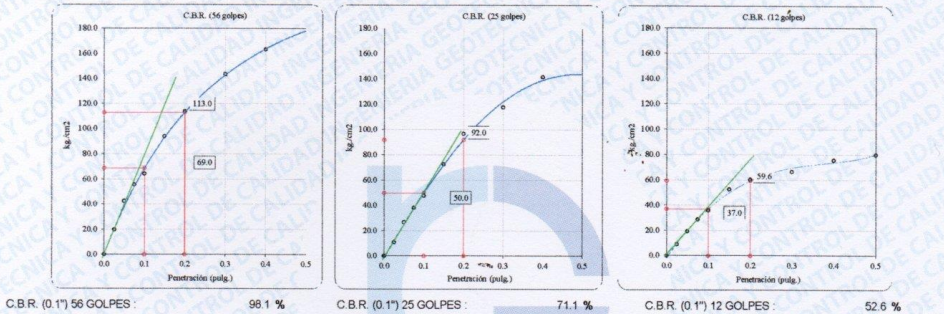


	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-12
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo :	27/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con 1.4L de Terrasil	Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca : 1.965 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad : 19.70 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.886 gr./cm<sup>3</sup>


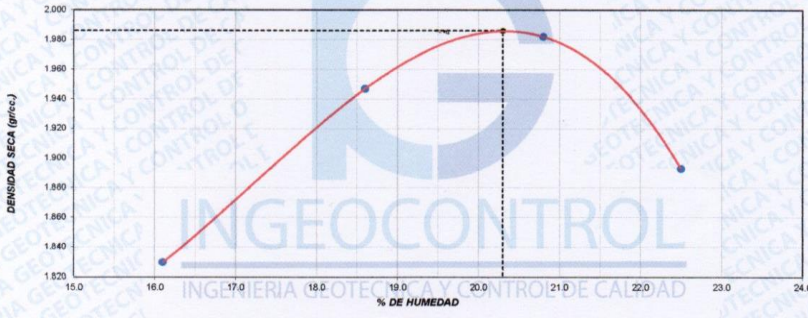





**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL  
 \* ---  
 \* ---

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		COC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Apanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:




Anexo 27: Validación de Proctor Modificado calicata 1 + Aditivo Eco Road 2000.

	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-16	
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>		Versión	01	
			Fecha	30-04-2018	
			Página	1 de 3	
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-141-13	
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios		Muestreado por :	J. Torres	
Código del Proyecto	: ---		Ensayado por :	J. Paulino	
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	24/5/2019	
Material	: Terreno natural		Turno:	Diurno	
Identificación	: Muestra arcillosa con Eco Road 2000 a 0.6L x m3		Profundidad:	0.00 -1.50	
Procedencia	: C-1		Norte:	---	
N° de Muestra	: M-1		Este:	---	
Progresiva	: ---		Cota:	---	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>					
Volumen Molde		2123	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6292	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.124	2.309	2.394	2.319
Contenido de agua	%	16.1	18.6	20.8	22.5
Densidad Seca	gr/cc	1.830	1.947	1.982	1.893
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		<b>1.986 gr/cm<sup>3</sup>.</b>		<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>20.30 %</b>
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
* Muestra provista e identificada por el solicitante					
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL					
---					
<b>INGEOCONTROL SAC</b>					
TECNICO LEM		JEFE LEM		CQC - LEM	
Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:
	M:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 156029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	M:	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	M:
	A:		A:		
Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com					



Anexo 28: Validación de CBR calicata 3 + Aditivo Terrasil.

	<b>FORMATO</b>				Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>				Versión	01
					Fecha	30-04-2018
					Página	2 de 3
Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019				Registro N°:	IGC19-LEM-141-13
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios				Muestreado por :	J. Torres
Código del Proyecto	: ---				Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima				Fecha de Ensayo:	28/5/2019
Material	: Terreno natural				Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con Eco Road 2000 a 0.6L x m3				Profundidad:	0.00 -1.50 m
Procedencia	: C-1				Norte:	---
N° de Muestra	: M-1				Este:	---
Progresiva	: ---				Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883						
CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	9,778		9,686		9,482	
Peso molde (gr.)	4,698		4,752		4,794	
Peso suelo compactado (gr.)	5,078		4,904		4,688	
Volumen del molde (cm³)	2,127		2,131		2,128	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,388		2,301		2,203	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,988		1,913		1,836	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	134.6		156.9		174.2	
Tara + suelo húmedo (gr.)	451.9		384.6		421.6	
Tara + suelo seco (gr.)	398.8		346.5		360.4	
Peso de agua (gr.)	53.1		38.1		41.2	
Peso de suelo seco (gr.)	264.2		187.6		206.2	
Humedad (%)	20.1		20.3		20.0	

EXPANSIÓN										
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"			Dial			Dial	
			Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
			mm	%		mm	mm		%	mm
24-may	14.00	0	110	0.00	0.00	110	0.00	0.00	110	0.00
25-may	14.00	24	111	0.03	0.02	111	0.03	0.02	110	0.00
26-may	14.00	48	113	0.08	0.07	113	0.08	0.07	111	0.03
27-may	14.00	72	115	0.13	0.11	114	0.10	0.09	111	0.03
28-may	14.00	96	120	0.25	0.22	118	0.20	0.17	113	0.08





PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		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		114	5.6			87	4.3			33	1.6		
0.050		378	18.6			304	15.1			108	5.3		
0.075		862	42.7			635	31.4			217	10.7		
0.100	70.307	1278	63.2	65.0	92.5	878	43.5	47.0	66.8	361	17.9	17.5	24.9
0.150		2035	100.8			1334	66.1			539	26.7		
0.200	105.460	2365	117.1	123.0	116.6	1634	80.9	85.0	80.6	670	33.2	34.0	32.2
0.300		3002	148.6			2084	103.2			799	39.6		
0.400		3372	167.0			2277	112.7			905	44.9		
0.500		3534	175.0			2432	120.4			986	48.8		

**OBSERVACIONES:**


- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- \* ---

INGEOCONTROL SAC					
TECNICO LEM		JEFE LEM		CQC - LEM	
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:		A:
		Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



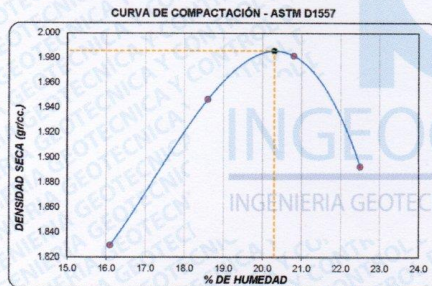
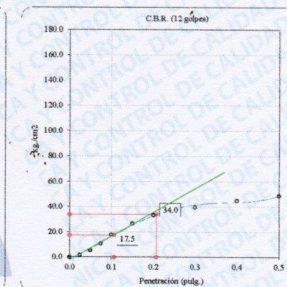
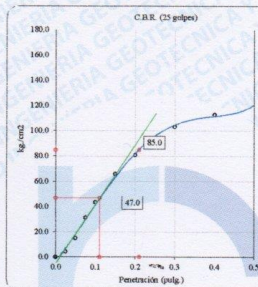
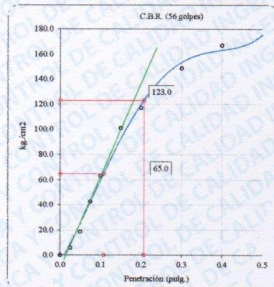
	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	3 de 3

Proyecto	: Aplicación de aditivos químicos para la estabilización de suelos en el sector de Yunpe - Huayllacayan - Ancash 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-141-13
Propietario	: Ever Junior Arce Palacios	Muestreado por :	J.Torres
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Paulino
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	28/5/2019
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Muestra arcillosa con Eco Road 2000 a 0.6L x m3	Profundidad:	0.00 -1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

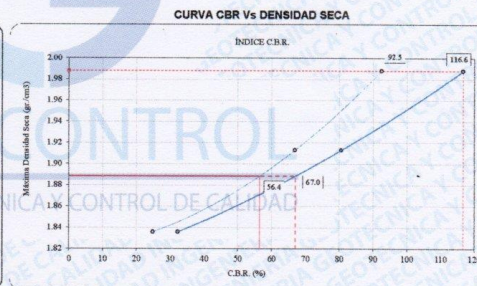
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 1.996 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 20.30 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.887 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 92.5 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 56.4 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 116.6 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 67.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jory C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta etapa - San Martín de Porres - Lima  
Telf.: (01) 6853852 Cel.: 924 513 299  
www.ingocontrol.com / informes@ingocontrol.com



Anexo 29: Calibración de Prensa para Penetración de ensayo CBR.



**PERUTEST S.A.C**

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LF - 037 - 2019**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	800-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOCONTROL S.A.C.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo	PRENSA CBR	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad	5000 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	RUMISTON	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	LF-037	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGHT	
Modelo	315X5	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0.1 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2019-02-13	

Fecha de Emisión

2019-02-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 037 - 2019

Area de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	61 % HR	61 % HR



### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	CELDA DE CARGA OAP MOD: ZSF-A SERIE: 55P4331 F-10-A F	INF-LE 092 -19

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA  
 RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 037 - 2019

Área de Metrología  
 Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	501.6	500.6	501.6	501.4
20	1000	1002.2	1001.2	1002.2	1001.9
30	1500	1504.4	1505.4	1505.4	1504.9
40	2000	2008.2	2007.2	2007.2	2007.2
50	2500	2505.5	2504.4	2505.5	2505.5
60	3000	3005.2	3007.2	3006.2	3006.4
70	3500	3505.2	3504.2	3505.2	3504.9
80	4000	4007.6	4008.7	4008.7	4008.2
90	4500	4508.2	4510.3	4510.3	4509.5
100	5000	5010.1	5009.0	5010.1	5009.8
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
500	-0.27	0.20	-0.20	0.02	0.58
1000	-0.19	0.10	-0.10	0.01	0.58
1500	-0.32	0.07	0.07	0.01	0.58
2000	-0.36	0.05	0.05	0.01	0.58
2500	-0.22	0.04	-0.08	0.00	0.58
3000	-0.21	0.07	0.00	0.00	0.58
3500	-0.14	0.03	-0.03	0.00	0.57
4000	-0.20	0.03	0.03	0.00	0.57
4500	-0.21	0.05	0.02	0.00	0.58
5000	-0.20	0.02	-0.02	0.00	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

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

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

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
 Sucursal: Calle Sinchi Rocá Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
 E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



Anexo 30: Ficha de Confiabilidad Dial de Expansión.



# PERUTEST S.A.C

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**  
**SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA**  
**RUC N° 20602182721**

---

**Área de Metrología**  
Laboratorio de Longitud

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LL - 036 - 2019

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	800-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	INGEOCONTROL S.A.C.	
<b>3. Dirección</b>	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	COMPARADOR CUADRANTE (DIAL)	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Alcance de indicación</b>	0 pulg. a 1.00 pulg.	
<b>División de Escala / Resolución</b>	0.001 pulg.	
<b>Marca</b>	INSIZE	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Modelo</b>	2307-1	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	NO INDICA	
<b>Identificación</b>	LL-036	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Tipo de indicación</b>	ANALÓGICO	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	: 2019-02-13	

---

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2019-02-15	 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	

---

**Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima**  
**Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque**  
**Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 - Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224**  
**E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe**



## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 036 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

#### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.7 °C
Humedad Relativa	80%	81%



#### 9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
INACAL DM/LLA-138-2018	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-070-2018

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Serie grabado en el instrumento.
- El instrumento presenta errores menores a los errores máximos permisibles.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

PERUTEST S.A.C  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 036 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados de medición

#### ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg)	ERROR DE INDICACIÓN (pulg)
(mm)	(pulg)		
2.0	0.0787	0.0789	-0.0002
4.0	0.1575	0.1578	-0.0003
5.0	0.1969	0.1971	-0.0002
8.0	0.3150	0.3151	-0.0001
12.0	0.4724	0.4724	0.0000
16.0	0.6299	0.6300	-0.0001
18.0	0.7087	0.7090	-0.0003
20.0	0.7874	0.7878	-0.0004
22.0	0.8661	0.8663	-0.0002
25.0	0.9843	0.9848	-0.0005

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 0.000

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0.59$  mils para ( $k=2$ )

#### ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (pulg.)
(mm)	(pulg)		
18.0	0.98425	0.9844	-0.0001
		0.9847	-0.0004
		0.9845	-0.0002
		0.9845	-0.0002
		0.9845	-0.0002

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0.00 mils

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0.59$  mils para ( $k=2$ )

Nota 1.- 1 mils es equivalente a 25,4  $\mu\text{m}$ .

### 12. Incertidumbre

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

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



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe