



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de la rigidez de los suelos de subrasante mediante
estabilización química optimizada, de la carretera Andahuaylas -
Chaccamarca Apurímac, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORAS:

Bach. Joseli Ortiz, Marycarmen ([ORCID: 0000-0001-7606-2740](https://orcid.org/0000-0001-7606-2740))

Bach. Villanueva Alhuay, Vicky Anais ([ORCID: 0000-0002-4252-8773](https://orcid.org/0000-0002-4252-8773))

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard ([ORCID: 0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo de Investigación se lo dedicamos principalmente a Dios, a nuestros padres Adalid Joseli, Amada Ortiz, Sergio Villanueva, Silvia Alhuay por ser siempre un ejemplo de perseverancia, esfuerzo, respeto y también por enseñarnos que todo esfuerzo vale la pena, y a nuestros hermanos por brindarnos siempre su apoyo y comprensión durante este proceso.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por otorgarnos la vida y guiarnos correctamente en este camino profesional. A la universidad Cesar Vallejo, por permitirnos formar parte de ella, así mismo a nuestro docente el Ing. Jorge Richard Olarte Pinares por su apoyo y colaboración durante todo el proceso, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de esta investigación. Finalmente, queremos agradecer a los profesionales del laboratorio INGEOLAB Ingenieros quienes nos apoyaron en la elaboración de los ensayos de la presente tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	27
3.2 Variables y operacionalización.....	28
3.3 Población, muestra y muestreo.....	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.5 Procedimientos.....	33
3.6 Método de análisis de datos.....	36
3.7 Aspectos éticos.....	36
IV. RESULTADOS.....	37
V. DISCUSIONES.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS.....	69

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación del sistema aashto con sistema unificado	18
tabla 2 Cantidad de cemento requerido según pca para suelo - cemento.....	21
Tabla 3 Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento.....	22
Tabla 4 Características del suelo – método de ensayo	23
Tabla 5 Análisis granulométrico	43
Tabla 6 Distribución granulométrica.....	44
Tabla 7 Resultados de CBR	45
Tabla 8 Resultados de absorción.....	47
Tabla 9 Muestras de CBR al 95% y 100%	49
Tabla 10 Muestra 0,75lt/m3 - terrasil + 0,50% - cemento.....	50
Tabla 11 Muestra 0,50Lt/m3 - terrasil +2% - cemento	50
Tabla 12 Muestra 0,30Lt/m3 - terrasil + 4% - cemento	51
Tabla 13 Muestras de absorción.....	59
Tabla 14 Dosificaciones para terrasil	61

Índice de figuras

Figura 1 Técnicas de estabilización de suelos	10
Figura 2 Proceso de selección para estabilización	10
Figura 3 Proceso para la identificación del tipo del suelo	11
Figura 4 Daños en el suelo por cambios de volumen de expansión y contracción	13
Figura 5 Resistencia mecánica del suelo	14
Figura 6 Triángulo de graduación para seleccionar el agente estabilizante.....	17
Figura 7 Dosificación mezclada	24
Figura 8 Dosificación de riegos	24
Figura 9 Deformación resiliente para un ciclo de carga.	26
Figura 10 Carretera Andahuaylas Chaccamarca Km 3+000	30
Figura 11 Delimitación de calicata N° 01 en Km 2+000.....	34
Figura 12 Delimitación de calicata N° 02 Km 2+500.....	35
Figura 13 Delimitación de calicata N° 03 Km 3+000.....	35
Figura 14 Método de análisis de datos.....	36
Figura 15 Mapa político nacional.....	37
Figura 16 Mapa político departamental	37
Figura 17 Mapa distrital de Andahuaylas	38
Figura 18 Ubicación del proyecto	38
Figura 19 Distrito de Andahuaylas	39
<i>Figura 20</i> Ubicación de la zona de manera satelital	40
<i>Figura 21</i> Vista de tipo de suelo KM 4+000.....	41
<i>Figura 22</i> Vista de tipo de suelo KM 2+000.....	41
Figura 23 Clasificación de suelos.....	43
Figura 24 Ensayo de CBR.....	45
Figura 25 CBR AL 95% Y 100%.....	46
Figura 26 Prueba de absorción	47
Figura 27 Prueba de absorción a 0.5%, 2% y 4%	48
Figura 28 Mejoramiento de suelo con terrasil.....	49
Figura 29 Índice de plasticidad.....	54

Figura 30 Contenido de humedad	56
Figura 31 Óptimo contenido de humedad	56
Figura 32 Máxima densidad seca.....	56
Figura 33 Máxima densidad seca DMS.....	57
Figura 34 Gráfico de líneas de CBR.....	58

Resumen

La investigación desarrollada en la carretera Andahuaylas-Chaccamarca tiene como objeto mejorar la condición actual de los suelos de subrasante, empleando procesos de estabilización química, con el fin de mejorar la rigidez del suelo. La investigación es tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo, la población es la carretera en estudio de 6 km, la muestra se realizará en el km 02+000 al km 03+000, se usará un muestreo no probabilístico por conveniencia, se utilizará la observación directa, y se optará distintos instrumentos de recolección de datos.

Se obtuvo con la dosificación de SN + 0.75Lt/m³ de terrasil + 0.5% de cemento un CBR que llegó a 16.9 con respecto al 95% y un 18,3 al 100%, el índice de plasticidad bajo con un SN + 0.50Lt/m³ de terrasil + 2% de cemento de 28 % a 4.5%, y por último el porcentaje de absorción de agua bajo con la dosificación de SN + 0.75Lt/m³ de terrasil + 0.5% de cemento arrojando 6,87%, con lo cual se concluye que mediante la aplicación de aditivo Terrasil complementado con cemento en diferentes proporciones incrementa la resistencia del suelo de subrasante y disminuye la capacidad de absorción de agua del suelo.

Palabras clave: Terrasil, subrasante, absorción, resistencia, estabilización

Abstract

The research carried out on the Andahuaylas - Chaccamarca highway aims to improve the current condition of subgrade soils, using chemical stabilization processes, in order to improve soil rigidity. The research is an applied type, with a quantitative approach, experimental design and explanatory level, the population is the 6 km highway under study, the sample will be carried out at km 02+000 to km 03+000, a non-probabilistic sampling will be used by convenience, direct observation will be used, and different data collection instruments will be chosen.

With the dosage of SN + 0.75Lt/m³ of terrasil + 0.5% of cement, a CBR that reached 16.9 with respect to 95% and 18.3 at 100% was obtained, the low plasticity index with SN + 0.50Lt /m³ of terrasil + 2% of cement from 28% to 4.5%, and finally the percentage of low water absorption with the dosage of SN + 0.75Lt/m³ of terrasil + 0.5% of cement throwing 6.87%, with which concludes that by applying the Terrasil additive supplemented with cement in different proportions, it increases the resistance of the subgrade soil and decreases the water absorption capacity of the soil.

Keywords: Terrasil, subgrade, absorption, resistance, stabilization

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es el material de la tierra considerado el más antiguo y de estudio prolongado y múltiple para la comunidad ingenieril, dentro de sus propiedades más importantes se toman en cuenta la resistencia, estabilidad volumétrica, permeabilidad, entre otras ya que el suelo es el componente receptor de cargas de estructuras. En la extensión mundial el porcentaje de tierra con características de resistencia bajas son extensas, por lo tanto, es necesario mejorar o estabilizar el suelo con el fin de asentar estructuras de ingeniería.

Para completar el conocimiento en porcentajes de vías en buen y mal estado la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones – DGPMI sostiene al respecto:

Las estadísticas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), muestra que el 16% son carreteras pavimentadas adecuadamente y el 84 % son carreteras no pavimentadas, vías afirmadas o trochas carrozables. Por ello, decimos que, a Nivel Nacional, la mayor parte de las vías se encuentran en un mal estado debido a una mala conservación, un mantenimiento no adecuado, etc. Por lo tanto, las infraestructuras viales tienen tiempo de vida útil y a través de los años va variando por la demanda de vehículos pequeños y pesados, etc. Ya que cada vez se incrementan la transitabilidad por estos pavimentos; los cuales son elaboradas para soportar cargas específicas según su reglamento, sin embargo, algunas vías ya cumplieron su año de servicio, pero siguen en funcionamiento. (2020, p. 2)

La infraestructura vial en el departamento de Apurímac, actualmente se encuentra en un mal estado, por la falta de mantenimiento a las vías debido a que el nivel de costo es muy alto. Por ello, vemos las vías deterioradas, con fallas o baches. También vemos que, la mayor parte de las vías no se encuentran pavimentadas por la falta de presupuesto en el Gobierno Regional de Apurímac.

La carretera Andahuaylas - Chaccamarca, se ubica en la Provincia y Distrito de Andahuaylas Departamento de Apurímac. Ésta vía es primordial ya que une la ciudad con dicha zona.

Esta carretera está compuesta de un suelo arcilloso, por ello presenta suelos débiles en la subrasante, clasificados según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) y alta plasticidad (CH), los cuales provocan fallas y deformaciones en la vía, afectando la transitabilidad de los vehículos que recorren esta carretera, también se puede ver que la resistencia de la subrasante expresada en términos de CBR, es limitada, no alcanzando los valores mínimos requeridos por la metodología AASHTO 93 y el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El tramo en estudio se encuentra en la región andina. En esta zona, existen periodos cíclicos de lluvias anuales, que provocan una condición crítica en la capa superficial, provocando deformaciones, hundimientos, y ahuellamientos.

Teniendo como problema general: ¿Mediante que procedimientos se podría mejorar la capacidad de resistencia de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas-Chaccamarca?, problemas específicos: ¿De qué forma se podría incrementar la resistencia de los suelos de subrasante arcillosos de la carretera Andahuaylas-Chaccamarca?, ¿De qué manera se podría impermeabilizar la capa superficial de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, evitando la condición crítica que se tiene en épocas de lluvias o periodo de avenidas?, ¿Qué alternativas de combinación de aditivos estabilizadores permitirían optimizar costos en la construcción de carreteras?

La presente investigación cuenta con una justificación teórica, ya que mediante el siguiente informe de investigación se busca aportar conocimientos referentes al mejoramiento de la rigidez de subrasante a través de estabilizadores químicos en este caso se utilizó el aditivo Terrasil en combinación con el cemento en distintos porcentajes, mediante un adecuado proceso constructivo. aplicado en la carretera Andahuaylas – Chaccamarca, Departamento de Apurímac; cuenta también con una justificación práctica, basados en los conocimientos ya existentes del aditivo Terrasil y del cemento, llegamos a extraer nuestra muestra del suelo y realizarle los diferentes ensayos de laboratorio, comparamos los resultados y se opta por la mejor opción la cual nos dé mayor beneficio a un menor costo, justificación Social, esta carretera debe ser mejorada para el beneficio de los pobladores de dicha zona ya que, tendrán una mejor transitabilidad de vehículos y crecimiento para la ganadería,

comercio, salud, educación, etc. Justificación Metodológica, se va a optimizar de CBR en suelos arcillosos, para el uso de las en las capas como la subrasante y subbase en dichas vías, principalmente en la sierra, ya que el proyecto es desarrollado en el departamento de Apurímac, Demostrar su fortaleza, validez y confiabilidad, para que puedan ser utilizados en otras áreas con suelos similares. Justificación ambiental, este proyecto a parte de buscar soluciones para lograr la optimización del suelo de subrasante busca minimizar la cantidad de agentes contaminantes con el uso de aditivos químicos en este caso usamos un organosilano eco amigable.

Como Objetivo General tenemos lo siguiente, Mejorar la condición actual y la rigidez de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, empleando procesos de estabilización química. Los objetivos específicos son tres, el primero aumentar la resistencia de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, mediante la estabilización química, evaluando la evolución del parámetro denominado CBR. Segundo, el segundo Impermeabilizar los suelos de la subrasante de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, con la finalidad de proteger la vía ante las constantes precipitaciones pluviales en épocas de avenidas, y problemas relacionados con su presencia y por último optimizar costos en la estabilización de suelos, mediante la combinación de agentes estabilizadores.

Como Hipótesis General tenemos que una forma de mejorar la rigidez y condición actual de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca sería mediante un procedimiento de estabilización química. Consecuentemente se tienen tres hipótesis específicas, en primer lugar referimos que una forma de incrementar el CBR de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca sería mediante la adición de estabilizadores químicos, en segundo lugar proponemos que una manera de impermeabilizar y reducir la plasticidad de los suelos de la subrasante de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, sería empleando aditivos hidrófobos, que sean capaces para repeler el agua, eliminar la hinchazón y evitar la absorción de humedad y por último como tercera hipótesis específica referimos que una alternativa para optimizar costos en la estabilización de suelos sería

considerando un agente complementario al estabilizador químico denominado Terrasil, lo cual permitirá encontrar una dosificación que nos garantice una solución técnico- económica.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales tenemos que, Cajaleón y Mondragón (2018) en su tesis **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS AGREGANDO CENIZAS DE CÁSCARAS DE ARROZ PARA LA SUBRASANTE EN EL KM+ 17 PIMPINGOS, CHOROS 2018”**, tuvieron como objetivo evaluar el uso de ceniza de arroz en el suelo arcilloso de la subrasante de la carretera Pimpingo-Choros en el año 2018. Este fue un estudio experimental. La población de estudio incluyó 37 kilómetros de la carretera Pimpingos-Choros en la provincia de Cajamarca. La muestra de investigación se encuentra en el km 17+000 km de Choros Pimpingos. Como resultado de la arcilla, agregando 10% y 15% de ceniza de cascarilla de arroz, lograron obtener valores de CBR de 8.5% y 10.3%, como suelo regular categorizado de acuerdo con el Manual de Carreteras de Bajo Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Además, obtuvieron un índice de plasticidad del 13%, un contenido de humedad del 9,4% y una densidad máxima seca del suelo de 2.006 gr / cm³. La conclusión es que la mejor dosis es la cantidad en la que el valor de CBR alcanza el 10,3%, es decir, el suelo con un 15% de ceniza de cascarilla de arroz añadida.

Salas (2017), en su tesis **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADICIÓN DE CEMENTO Y ADITIVO TERRASIL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA BASE DEL KM 11+000 AL KM9+000 DE LA CARRETERA PUNO- TIQUILLACA MAÑAZO”**, tuvo como objetivo estabilizar los suelos con adición del cemento y con el aditivo Terrasil en la base y así determinar las características físicas y mecánicas, elaborando una comparación referente a las dos muestras que fue de 5gr y 10gr de Terrasil a cada Kg de suelo se le aplicaron los ensayos de Límites de Consistencia, compactación de Proctor Modificado, CBR, es un estudio de tipo aplicada y experimental. La muestra de investigación fue en la cantera Lumpoorcco, que se encuentra ubicado en la carretera Puno-Tiquillaca-Mañazo. Los resultados mostraron que el CBR al 100% con 5gr de 54.47%, la densidad seca de 5gr y 10 gr fue de 1.87 gr/ cm³ y 1.99 gr/ cm³ en el caso del índice de plasticidad (IP) disminuye con 5 y 10

gr es de 2.59 y 4.07% se concluye que 10 gr de Terrasil por cada kg de suelo obtuvo mejoras en los ensayos.

Seguidamente los antecedentes internacionales como Rodríguez (2016) en su tesis denominada **“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”**, su objetivo fue encontrar el porcentaje adecuado de aditivos utilizados para estabilizar suelos arcillosos limosos y poder comparar los resultados de suelos naturales y suelos que utilizan aditivos Terrasil. Este fue un estudio experimental. La población de estudio consistió en la ciudad de Quevedo, distrito de San Camilo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Las muestras de investigación son cada 500 metros a lo largo de la vía y las muestras que se realizaron fue los límites de Atterberg, la humedad optima, la densidad máxima, Proctor Modificado y el CBR. Probaron en el suelo los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% del aditivo. La conclusión fue que, cuando se agrega el aditivo Terrasil al suelo, llega a mejorar al suelo natural para la base y subbase y después de 7 días de prueba, la capacidad portante aumentó en un 14%, el porcentaje de humedad y capacidad de absorción disminuyó en un 27.86%.

Sánchez (2014), en su tesis denominada **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ”** estableció el objetivo de utilizar cal y cemento para estabilizar y verificar las propiedades del suelo expansivo para reducir su potencial de expansión. Este fue un estudio experimental. El área de estudio está compuesta por la zona calcical del cantón de Tosagua, provincia de Manabí, Ecuador. La muestra de investigación se ubicó en la Carretera Bahía de Caráquez. La distribución del suelo según SUCS corresponde a suelos altamente plásticos (CH), que se clasifican como arcillas plásticas AASHTO (A-7-5). La conclusión es que utilizando cemento al 9% se puede obtener el valor mínimo del índice de plasticidad (IP), el cual se reduce al 36% con respecto al estado natural, el límite líquido (LL) se incrementa en un 8%, y el límite plástico (LP) aumentado en un 61%.

De la misma manera, con el 3% de cemento redujo el porcentaje de hinchamiento en un 57%, y con el 5% de cemento bajo en un 74%, y con el 7% lograron una disminución de un 87%.

Los artículos internacionales de esta investigación según Aderinola y Nnochiri (2017) denominada **“STABILIZING LATERITIC SOIL USING TERRASIL SOLUTION”** establecieron como objetivo evaluar la estabilización de dicho suelo utilizando el aditivo Terrasil. La población de estudio estuvo conformada en Akure, Nigeria. Se obtuvo seis muestras lateríticas diferentes de tres pozos de préstamo, sometido a pruebas preliminares con al menos dos muestras tomadas de cada ubicación de pozo prestado. Se concluyó que, el uso del aditivo Terrasil, redujo el IP (Índice de Plasticidad) y mejoró su propiedad de resistencia del suelo. También, con la suma del porcentaje de solución de Terrasil, los valores del CBR aumentaron. Este aditivo sirve como un agente estabilizador barato para suelos pobres.

Sufiyan, Amir, Ashfaq, Irfan y Chouka (2019), en su artículo titulado **“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES CON ARENA, CEMENTO Y TERRASIL QUÍMICO COMO ADITIVO”**, establecieron como objetivo determinar la dosis óptima de químico Terrasil usando 30% de arena y 3% de cemento como constante para mejorar las características de resistencia del suelo. Las dosificaciones del Terrasil fueron 0.6kg/m³, 0.75kg/m³ y 1kg/m³. La población donde se llevó a cabo el muestreo encontró muestra de tierra de algodón negro de Hagarga - Kalaburagi, India. Para la efectividad del aditivo Terrasil, se realizó pruebas como granulometría, Limite Líquido, limite plástico, Proctor y CBR (Californian Bearing Ratio), se concluyó que este estudio muestra que el tratamiento del suelo con Arena, Cemento y Terrasil, proporciona beneficios sustanciales y duraderos cuando se usa como agente estabilizador para la tierra de algodón negro ya que se obtiene cambios significativos en el comportamiento de hinchazón, así como el de la resistencia a la compresión que demuestra como un estabilizador digno para este tipo de suelo.

Shahiri y Ghasemi (2017), su artículo llamado **“UTILIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO Y ESCORIAS DE COBRE COMO MATERIALES DE SUBRASANTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES**

DE CARRETERAS”, obtuvieron como objetivo investigar los efectos de combinar cemento y escoria de cobre como materiales de subrasante en terraplén de carreteras de construcción. La población de estudio estuvo conformada en las minas de Kerman, Irán. Para el estudio de combinaciones de suelo-cemento-escoria de cobre, se llevó a cabo pruebas de compresión no confinada para así poder investigar los impactos de la escoria de cobre en las características mecánicas del cemento estabilizado y del suelo no estabilizado. Realizaron pruebas con distintas dosificaciones, para el cemento realizaron con un 2%, 4% y 6% y para la escoria de cobre fueron un 5%, 10%, 15% y 20%. Se concluyó que, mientras aumentaba la cantidad de escoria de cobre, disminuía el contenido de humedad óptimo y aumentó la máxima densidad seca del suelo, mientras que con el cemento fue todo lo contrario, con un 2% de cemento el UCS llegó a aumentar en un 78%.

Hurtado (2020) en su tesis nombrada “**APLICACIÓN DE ORGANOSILANO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DE LA SUBRASANTE EN LA AV. LOS GERANIOS HUARAL, 2020**” tienen como objetivo general determinar el comportamiento del suelo adicionado con organosilano. La población se basa en el Jr. Los Geranios; posterior a los pruebas De mecánica de suelos tienen como resultado IP fue de 6,2% mostrando una disminución de 3,8% en cuanto al IP, comparándolo con la muestra patrón, también al incorporarle al suelo natural una dosificación de 0,13 de organosilano se obtuvo como resultado que el IP obtuvo aun mayor hasta un 5,7% en el IP observando una disminución de 4,3% y finalmente al incorporarle una dosificación de 0,18 de organosilano dio como resultado que el IP fue de 2,6% demostrando una disminución de 7,4% en el IP con respecto al suelo natural(arcilla de baja plasticidad con arena) sin modificaciones.

Las teorías a desarrollar para el entendimiento de esta investigación se basan en la descripción de los suelos y los dos tipos de estabilización que se va a desarrollar, en ese sentido se inicia por definir la a la subrasante.

Se entiende que la subrasante es la superficie terminada posterior al corte y relleno de tierra, sobre esta subrasante se coloca la estructura de pavimentos o en otros

casos afirmados, es el elemento más importante como soporte del pavimento y que se encuentra entre el terreno natural y la estructura (SNIP, 2015, p. 12)

Subrasante, superficie terminada de la carretera, sobre la cual se coloca a estructura del pavimento. (MTC, 2018, p. 46).

El autor Afrin (2017) en su revista A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques refiere que la estabilización de los suelos es el metodo que busca mejorar las condiciones del suelo, es el mejoramiento de los parámetros que definen la resistencia al corte y por ende aumentando la capacidad portante del mismo. Esta llamada estabilización reduce la permeabilidad y compresibilidad de la masa de suelo. (p. 20)

Al respecto de los métodos de estabilización de suelos existen argumentos de la realización de esta teoría, es así que Nasir, Ansar, Mahvi, Junaid e Iqbal (2020) en la revista Different Soil Stabilization Techniques mencionan que una de las manera de la mejora de suelo se da empleando material de tierra o grava, posteriormente estos mismos suelos se estabilizarán con material cementante como cemento, cal, cenizas, betún, entre otros. (p. 7778)

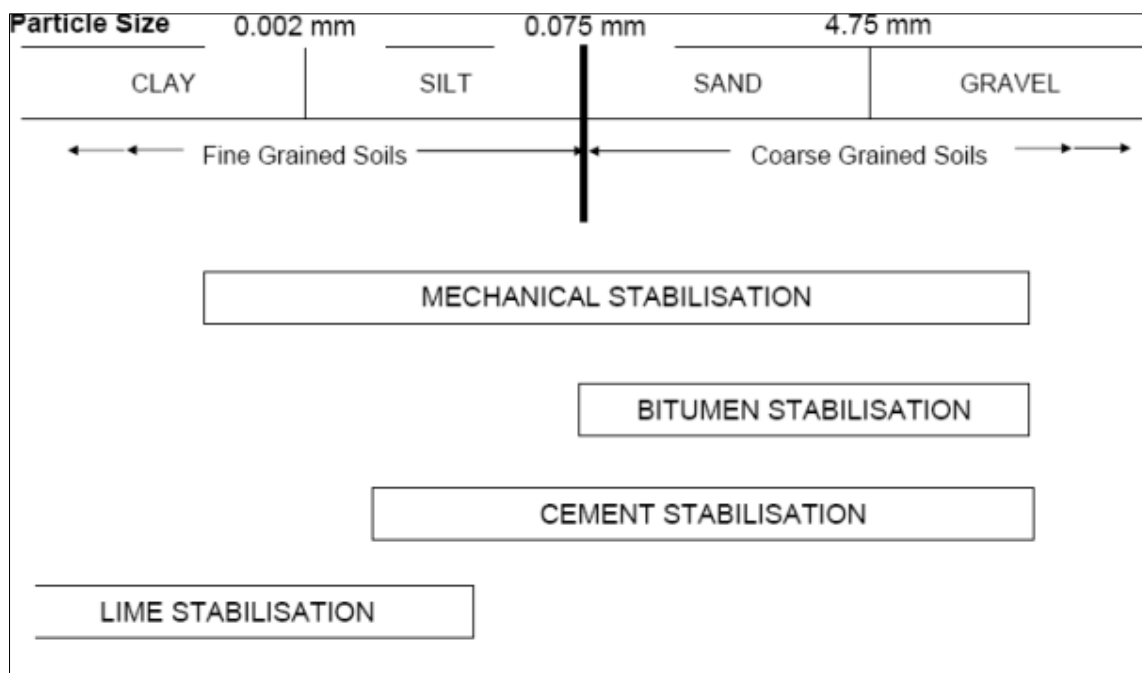


Figura 1 Técnicas de Estabilización de suelos

Fuente: Singh, 2016, p. 5.

Según Avaria autora del documento Recomendaciones Técnicas Mejoramiento de Suelos refiere que el mejoramiento de suelos es una aplicación que modifica las propiedades del suelo comenzando de su condición natural. La estabilización de puede realizar temporal o permanentemente. Las condiciones que más se buscan mejorar son la rigidez, tiempo de consolidación, resistencia, permeabilidad, evitar colapsos, entre muchos otros. Esta estabilización o mejoramiento es realizada por una acción física vibración o adición de elementos químicos (p. 36)

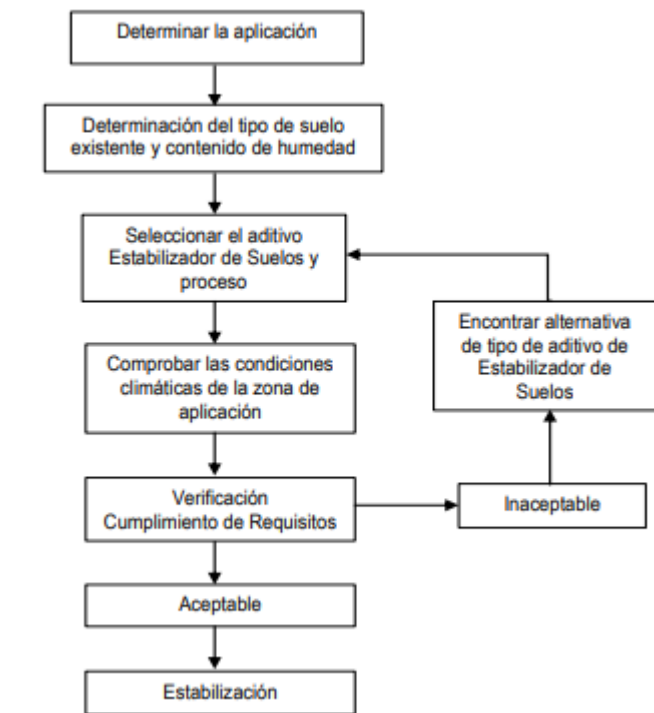


Figura 2 Proceso de selección para estabilización

Fuente: (MTC, 2014, p. 91)

Según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) los suelos con valores de CBR menores al 6% son consideradas como sub rasantes que no son aptas para la ejecución de infraestructura, además los suelos que presentan limos o arcillas tienen en ellas elementos que con el tiempo llegan a

dañar la estructura del pavimento ya que por su alta grado de humedad pueden calar en la estructura y dañarlas. El suelo evaluado va a indicar el tipo de estabilización correcta a utilizar. (p. 92).

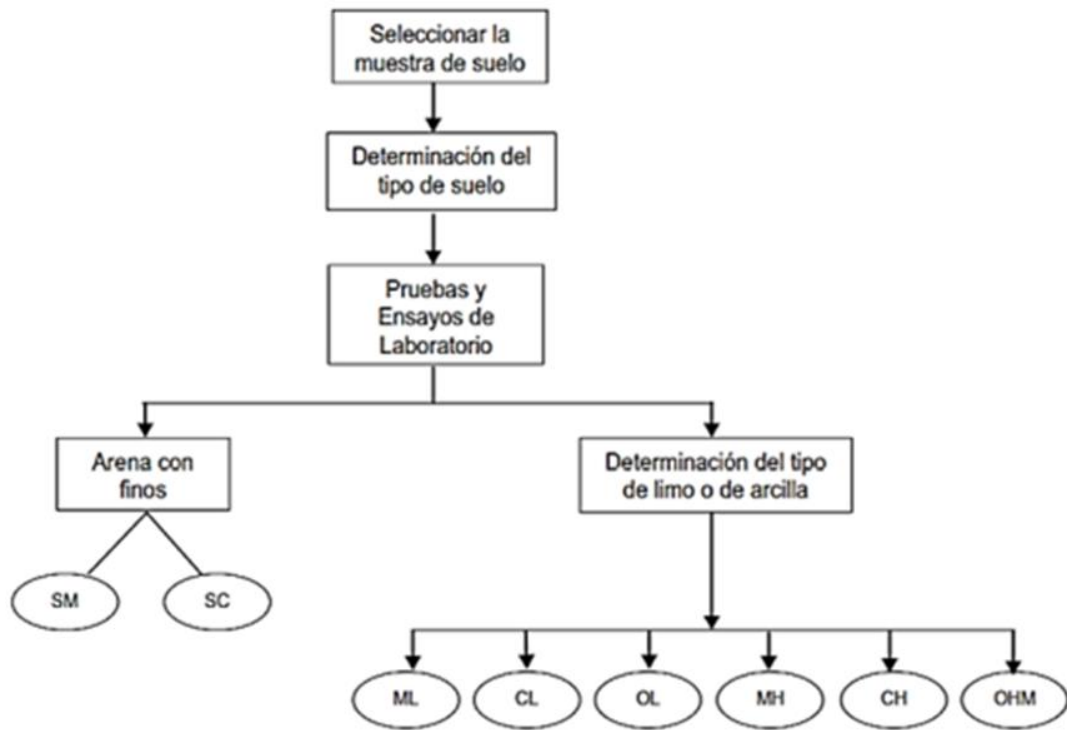


Figura 3 Proceso para la Identificación del tipo del suelo

Fuente: Manual de carreteras, 2014, p. 92

Según los autores Duque, Vásquez y Orrego (2029) que toman como referencia a Asensio, la composición de los suelos se define como la disposición de agregados que exista en una porción de suelos, en esta porción de suelos existen vacíos o también llamados poros por donde transcurren agua y aire. En la estructura de suelos se aprecia que la mayor parte de espacios que se encuentran vacíos están llenos de aire mientras que el agua se encuentra en pequeños poros. Se pueden encontrar tipos de estructura en suelos como estructura granular, estructura poliédrica, sin estructura, entre otros. (p. 22).

Por otro lado, se debe mencionar en esta investigación también las propiedades del suelo más notorias que sirven como antecedente para la interacción arcilla –

cemento, entre estas podemos ubicar a la solubilización, quiere decir que se debe tomar en cuenta elementos como la cantidad de impurezas, el grado de cristalinidad en los minerales, la distribución del tamaño de las partículas, entre otros. Los minerales arcillosos, en particular la sílice y la alúmina amorfas finamente divididas, son menos resistentes al ataque químico y representan una fuente potencial de materia cementosa. Dichos componentes pueden desempeñar un papel muy importante en la estabilización de arcilla-cemento. (Reactions Accompanying Stabilization of Clay with Cement, 1963, p.148)

La estabilización de suelos se puede generar de diversas formas, en la actualidad existen aditivos y método para estabilizar los suelos considerando el medio de fundación, el autor Makusa (2012) menciona que existen agentes estabilizadores considerados como materiales ligantes o no ligantes que en presencia de agua materiales cementantes, entre los estabilizantes más utilizados están el cemento, limoo cenizas volantes (p.3)

La estabilización del suelo se define como la mejora de las propiedades físicas del suelo mediante la combinación de procedimientos mecánicos y productos químicos, naturales o sintéticos. Generalmente la estabilización se realiza en suelos de subrasante insuficientes o inadecuadas, en este caso se les denomina estabilización de suelos cemento, suelo cal, suelo asfalto y diversos productos. Por otro lado, para obtener un material de mejor calidad se denomina subbase o base

En la práctica de estabilización de suelos existen diversas formas de seguir con este procedimiento. El autor Montejo (2002) menciona algunos entre los cuales encontramos la estabilización por drenaje, el empleo de calor, estabilización por compactación, entre muchos otros, sin embargo, para cualquiera de estos métodos se deben tomar en cuenta cinco propiedades fundamentales con las que debe contar al estabilizar, en primer lugar, la estabilidad volumétrica, en segundo lugar, la resistencia, seguida de la permeabilidad, la compresibilidad y por última la durabilidad. (p. 76)

Con respecto a la estabilización volumétrica el artículo Volumetric Swell and Shrinkage Movements of Stabilized Expansive Soils (2003) menciona lo siguiente:

En gran parte del mundo contamos con suelos que exhiben características de suelo de alta plasticidad, baja resistencia y un nivel muy alto de hinchamiento y contracción; estos suelos por lo general aportan a las fallas en las estructuras generando grietas y otro tipo de fallas, además de esto el mantenimiento de estas estructuras suelen ser bastante costosos. Actualmente existen métodos para la estabilización volumétrica del suelo, sin dejar de darle importancia a las que actualmente existen y que reducen el hinchamiento y la contracción potencial de los suelos expansivos. (p. 439).

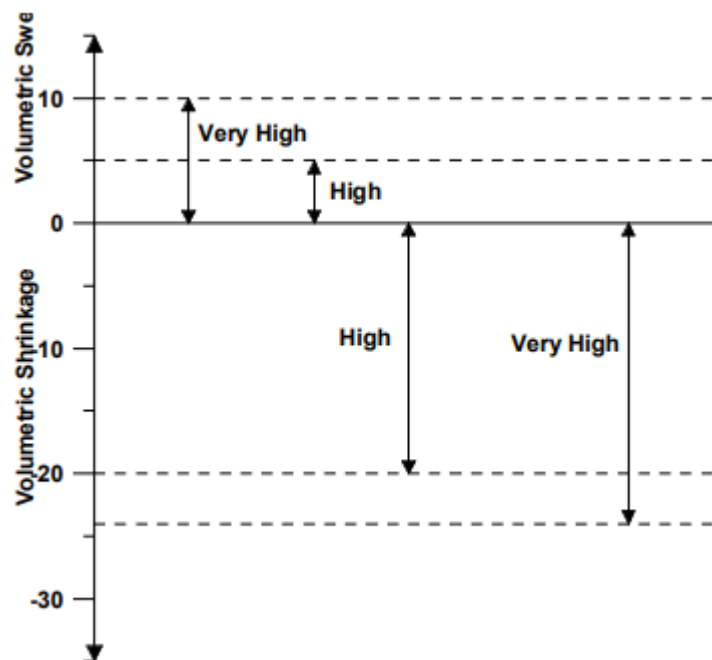


Figura 4 Daños en el suelo por cambios de volumen de expansión y contracción

Fuente: Volumetric Swell and Shrinkage Movements of Stabilized Expansive Soils, 2003, p. 440.

Para Montejo (2002, p. 76) “evitar los cambios volumétricos del suelo se trata de dotar de humedad a la masa de suelo periódicamente, posteriormente aplicar cargas que compensen la presión expansiva”.

Resistencia, puede definirse como la resistencia a los esfuerzos de corte y una tendencia consecuente a la deformación por corte. (Juárez y Rico, 1973, p. 247)

Castillo (2005), “la resistencia de los suelos se genera por la fuerza que existe en esta y que se opone a la penetración o acción de una carga punzante expresada en kg/cm²” (p. 11)

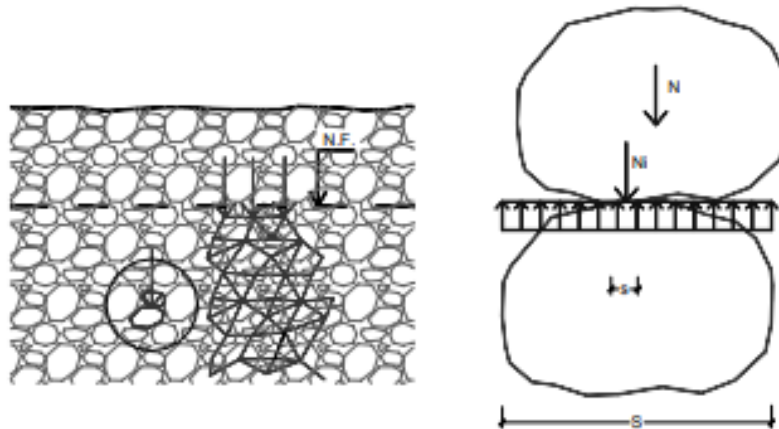


Figura 5 Resistencia Mecánica del suelo

Fuente: Pérez, 2008, p. 23.

Para Turner y L. (1996, p. 319) “la resistencia al corte de un suelo se desarrolla en su totalidad a lo largo de la superficie de ruptura e la falla”.

Rigidez, es una medida cuantitativa que se opone a las deformaciones elásticas inducidas en un material por fuerza o esfuerzo, que contempla la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores otra de las propiedades fundamentales para una estabilización de suelos es la permeabilidad, en ese sentido Stanuikynas y Van (2000) definen a la permeabilidad o impermeabilización de los suelos como superficies que obstruyen el paso de aguas dentro del suelo por causas naturales, indican también que el grado en que el suelo sea permeable o impermeable dependerá del material que conforme la superficie además de los procesos físicos y químicos que actúan sobre el suelo. (p.1)

Por otro lado IAMSA (2019) menciona que la impermeabilización se entiende como el acciona de colocación de un tratamiento que aisle la superficie a tratar y le brinde

protección, generalmente combate la filtración y penetración de los líquidos o fluidos semejantes. La impermeabilización es una práctica que debe poner en marcha utilizando los productos necesarios para el nivel de impermeabilidad que deseemos y al uso de la estructura. (párr. 1)

SOPREMA (2019) indica que la impermeabilización es la acción de aplicar materiales a un suelo para impedir el avance del agua. Las protecciones con impermeabilizante se colocan generalmente en los tejados, cubiertas o fachadas ya que se encuentran expuestos a las lluvias. Existen distintos tipos de impermeabilización entre los cuales se encuentran la bituminosa, sintética y líquido. (párr. 3)

Para Amr en la revista *Estimation of Soil permeability* (2016) refiere:

El suelo es permeable gracias a los vacíos existentes en la masa de suelo que se conectan entre ellos mismos para permitir el pase al flujo de agua o líquidos. Para determinar la filtración del suelo se debe hacer una evaluación de la permeabilidad, se utilizan estructuras hidráulicas y agua mientras la tierra esté deshidratada. La permeabilidad en el suelo es afectada por diversos factores como la relación de vacíos, los poros y el grado de saturación. (p. 2631)

Existe también el concepto de Montejó (2002) quien menciona que la permeabilidad de los suelos se presenta en dos problemas principales, la primera se trata de hablar de la disipación de las presiones de poro y el segundo problema es el flujo de agua que atraviesa el suelo. Estos dos problemas originan deslizamientos, tubificaciones y arrastres (p. 79).

Como tercera propiedad fundamental tenemos a la compresibilidad a lo cual Montejó (2002) refiere que se llega a la compresibilidad cuando se aplica una carga y el suelo reduce el volumen inicial, altera también la estabilidad del suelo. Esta compresibilidad en suelos con granulometría gruesa resulta ser mínima mientras que en arcillas y limos su volumen reducirá en un cantidad considerable (p. 79).

Por otro lado, para otra de las propiedades básicas de un suelo estabilizado como es la durabilidad Montejó (2002) menciona que esta propiedad solo se debe dar en factores relacionados a intemperismo, erosión o abrasión de tráfico, es decir afecta a los suelos que se encuentran en promedio cercanos a la superficie de rodadura, en

consecuencia, este problema se presenta en suelos naturales o en suelos estabilizados (p. 80)

Para completar las propiedades de un suelo estabilizado debemos tomar en cuenta también la absorción, en este caso Crespo (2005, p.36) menciona que la “absorción, es un indicador que presenta algunos materiales que tiene la capacidad retener líquidos en su cuerpo en función de su permeabilidad”.

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes.

La compactación es el procedimiento posterior a la estabilización de suelos, en la actualidad existen procedimientos de estabilización basados en medios eléctricos, por drenaje, los cuales se apoyan en la técnica de pilotes electromecánicos, adicionalmente y más conocido está la estabilización por componentes químicos agregando cemento, cal o similares; también se conoce la estabilización mecánica que como se ha nombrado se basa en compactar la tierra o mezclarla con otra. (SNIP, 2015, p. 17)

Para Byung-Tae, Hyeop-Jo, Kyoung-Woong (2018) “la estabilización de suelos tiene el único objetivo de mejorar la vía, así esta técnica se hace reconocida por la aplicación ambiental, económica y funcional que cumple y en consecuencia favorece al suelo para la construcción”

“Los suelos estabilizados o llamados también mejorado son aquellos que se caracterizan por contener grano fino o plástico y con el contenido de agua excesivo” (Fernández, Gascón, Herrero y Villamil, 2008, p. 2)

Garnica, Pérez, Gómez y Obil (2002) mencionan que la Fuerza Aérea de los Estados Unidos tiene criterios para estabilización de suelos, el más importante es el tipo de suelo a estabilizar dándole mucha importancia a la granulometría, plasticidad y textura del suelo (p. 16).

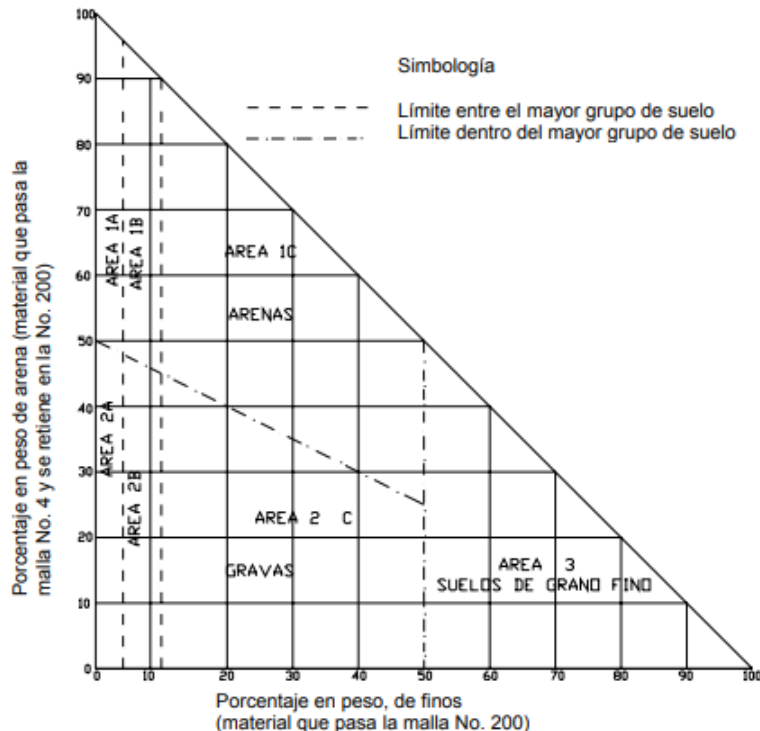


Figura 6 Triángulo de graduación para seleccionar el agente estabilizante.

Fuente: Garnica et al., 2002.

El autor Gutiérrez (2010) menciona sobre la combinación de agentes estabilizadores lo siguiente:

El mecanismo de combinación de agentes que estabilizan el suelo tiene el objetivo de dotar de mejor resistencia al suelo y aumenta su durabilidad e insensibilidad al agua. Este mecanismo puede ser utilizado en suelos con CBR inadecuados con suelos granulares de bajas características resistentes y de estabilidad inadecuada. (p. 38).

Con respecto a la estabilización de suelos con cemento es imprescindible conceptualizar en primer lugar el suelo, para esto el artículo *The Composition of Soils and Sediments* (2017) menciona que el suelo es un recurso natural precioso que afecta a nuestros ecosistemas de muchas maneras y, por lo tanto, es un componente integral de la vida en la Tierra. El suelo es el elemento de la tierra conformado por rocas modificadas con el tiempo, organismos vivos, nutrientes, agua y aire; este

elemento para condiciones óptimas debe contener el cuarenta y cinco por ciento de material endurecido, el cinco por ciento de materia orgánica y el cincuenta por ciento de espacios varios, la cantidad acumulada de estos estos elementos es proporcional al agua y aire existentes en la misma masa. El suelo es el elemento que tarda muchos años en formarse, la erosión de rocas y asentamiento de sedientos producen esta creación. (p. 339)

“Los suelos se separan en tipos que se complementan con las materias orgánicas, así están los suelos arcillosos, arenosos, de tierra negra, calizos, entre muchos otros” (Ventura et al., 2018, p. 27)

A continuación, se muestra el comparativo de grupo se suelos del sistema AASHTO Versus el sistema SUCS.

Tabla 1 Comparación del sistema AASHTO con sistema Unificado

Grupo del suelo en el sistema AASHTO	Comparación de los grupos de suelos en el sistema unificado		
	Mas Probable	Posible	Posible pero improbable
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	--
A-3	SP	--	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	--	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	--	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	--	SM, GM

A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-2-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

Fuente: Ventura y Alarcón, 2018, p. 28)

Con respecto al cemento el artículo Cement Types, Composition, Uses and Advantages of Nanocement, Environmental Impact on Cement Production, and Possible Solutions (2018) refiere que es una sustancia en polvo hecha con cal calcinada y arcilla como ingredientes principales. La arcilla utilizada proporciona sílice, alúmina y óxido de hierro, mientras que la cal calcinada aporta básicamente calcio óxido. En la fabricación de cemento, las materias primas del cemento se obtienen explotando canteras de roca perforando la roca y detonación de explosivos (p. 1)

El cemento es un polvo que al tacto con la piel es de textura fina, este insumo se obtiene de piedras calizas, arcillas y hierro a una temperatura de 1450°C, a este producto lo llamamos Clinker. El cemento es considerado el material predominante en la construcción de estructuras en todo el mundo porque aporta beneficios con respecto a la resistencia y durabilidad, además de que visualmente es estética (CEMEX, 2020, párr. 2).

Otro de los conceptos nos refiere que el cemento se considera como un material conglomerante y necesario para la fabricación de hormigón y morteros, este cemento tiene la particularidad de endurecerse luego de interactuar con líquido generando propiedades fisicoquímicas y mecánicas. Es importante que el cemento tenga un grado de finura aceptable para llegar a hidratar con más rapidez y generar resistencia. (BECOSAN, 2018, párr. 1)

El cemento tiene la característica de proveer resistencia a la compresión mientras mayor edad tenga el hormigón, diversos ensayos de resistencia a la compresión en briquetas han demostrado que a los noventa días se supera los 5900 libras/pulg². Los usos a los que se dirige este modelo de resistencia son para estructuras en

general incluyendo los acabados o estructuras de dimensiones grandes, además es beneficioso para suelos con contenido de sulfato soluble al agua menor a 150 ppm. Las características principales es que cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

“La dosificación del cemento se realiza tomando en cuenta la resistencia a la cual se desea llegar sin modificar la relación que existe entre agua – cemento y no se debe olvidar el curado con agua” (UNACEM, 2012, párr 4)

Para definir el suelo cemento Ravines (2010), "es la combinación que favorece a la estabilización de suelos con arcilla que tienen baja plasticidad, además también es funcional para suelos arenosos y granulares, con el objetivo de mejorar la resistencia" (p. 15)

Según el MTC (2014) en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento. "Este material suelo – cemento es la resultante de la combinación de agua, cemento y otras adiciones para posterior compactación y curado". (p. 98)

El MTC (2014) también menciona que entre las propiedades a considerar sobre esta estabilización deben estar las cantidades de suelo, agua y cemento, la edad de la mezcla y el tipo de curado a utilizar. Refiere también que existen suelos aptos para la estabilización con cemento considerando en ellas las granulares de tipo A-1, A-2 y A-3, con plasticidad baja o media ($LL < 40$ y $IP < 18$). (p. 98)

De la Fuente (2013) indica que el cemento es el estabilizador más eficiente encontrado en el mercado porque es capaz de mejorar cualquier tipo de suelo con excepción de los suelos que contienen sales. Entonces para que esto se cumpla la granulometría debe cumplir con que los suelos finos pasen la malla N° 200 con el límite líquido menor al 50% e índice de plasticidad menor al 25%. (p. 28)

“La dosificación del cemento se aplica entre el 2% y 25% de su peso seco, su promedio no debe ser mayor al 15%” (De la Fuente, 2013, p.34)

Tabla 2 Cantidad de Cemento Requerido Según PCA para Suelo - Cemento

Cantidad de Cemento Requerido Según PCA para Suelo – Cemento		
Grupo de suelo según AASHTO	% por volumen	% por peso
A-1-a	5-7	3-5
A-1-b	7-9	5-8
A-2-4	7-10	5-9
A-2-5	7-10	5-9
A-2-6	7-10	5-9
A-2-7	7-10	5-9
A-3	8-12	7-11
A-4	8-12	7-12
A-5	8-12	8-13
A-6	10-14	9-15
A-7	10-14	10-16

Fuente: Fuente: Ventura y Alarcón,2018, p. 29.

“El uso determinado de agua en la mezcla va a definir que el suelo mantenga la compactación óptima cumpliendo con la densidad requerida, es necesario la utilización de Proctor para determinar la cantidad de agua”. (García, 2019, p. 28)

Dentro de la estabilización suelo cemento existen propiedades apreciables, en primer lugar, la resistencia a la compresión simple, para esto De la Fuente (2013) refiere que la resistencia a la compresión simple dependerá del criterio del diseñador ya que la resistencia del suelo con cemento aplicado al suelo se define por el diseño utilizado. Las muestras que evalúa el PCA con muestras saturadas tuvieron un valor

de entre 30 kg/cm² y 65 kg/cm² a los 20 días para pavimentos, mientras que en pruebas abocadas a muros de suelo cemento se obtiene 14 kg/cm² abalada por la ONU para material húmedo. (p. 29)

Tabla 3 *Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento*

Clasificación de Suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos.
A - 1 - a	3 – 5
A – 1 - b	5 – 8
A - 2	5 – 9
A - 3	7 – 11
A - 4	7 – 12
A - 5	8 – 13
A - 6	9 – 15
A - 7	10 – 16

Fuente: MTC, 2013, P.

La estabilización química es la adición de agentes químicos al suelo natura que no cuenta con condiciones para soporte de cargas modificando así las propiedades por reacciones químicas o por la creación de un conjunto donde se junten las partículas de suelo. (Billong, Louvet y Njopwouo, 2004, p. 2464)

Por otro lado F. Rivera, Aguirre, Mejía y Orobio en el artículo Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión alcalinamente (revisión) (2020) afirman que la estabilización química puede ser utilizado en cualquier suelo independientemente de sus caraterísticas y su fin único es eliminar la inestabilidad e incrementar resistencia y durabilidad (p. 206)

La Norma Técnica de Estabilizadores químicos del MTC (2004) menciona que la estabilización química en suelos puede mejorar su comportamiento en etapa constructiva y de ferbicio o funcionamiento (p. 5)

Tabla 4 Características del suelo – Método de ensayo

Propiedades	Método de Ensayo
Tamaño de Partículas	ASTM D 422
Límites de consistencia:	
Límite líquido	MTC E 110
Límite plástico	MTC E 111
Límite de contracción	MTC E 112
Clasificación de suelos	ASTM D 2487

Fuente: (MTC, 2004, p.13)

Por otro lado, Cristóbal (2015) menciona que la estabilización con el aditivo Terrasil se considera el método mecánico por capas granulares, sus fines se asocian directamente con la susceptibilidad de los suelos y su poca resistencia. (p. 78)

OPTIMASOIL (2020, párr. 1) menciona que “Terrasil es el aditivo conformado de organosilanos en la totalidadde su composición, su cualidad principal es la de alejar el agua eliminando el hinchamiento y la absorción de los suelos. Entonces se considera un aportador de estabilizador al suelo”.

Otro concepto de este aditivo es que es un modificador soluble al agua, soporta el calor y la radiación sin modificarse, su objetivo principal es estabilizar el suelo Este aditivo posee grupos de silanol que llegan a reaccionar con los silicatos presentes en el suelo,

Y así construye propiedades hidrófobas. (OPTIMASOIL, 2020, párr. 2)

Los beneficios del Terrasil es que convierten al suelo en donde se aplica en distracto del agua, es decir que la aleja, adicionalmente el suelo también mantendrá transpiración o lo que significa que convertirá en vapor al agua, aumenta el CBR,

reduce el IP, fortalece el módulo resiliente, entre muchas otras características. (TERRASIL, 2015, PÁRR. 15).

Con respecto a la dosificación del aditivo se aplica con agua a la mezcla con el material de suelo. La dosificación definitiva debe resultar de los ensayos de laboratorio que se han realizado a cada uno de los materiales. (TERRASIL, 2015, p. 1)

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m ³

Figura 7 Dosificación mezclada

Fuente: Ficha técnica Terrasil, 2015, p. 1

En la dosificación de riegos se aplica la superficie compactada con 3lt/m³ de la disolución en dos fases. Esta cantidad de dosificación es recomendada pero la solución definitiva se obtiene en los ensayos de laboratorio.

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m ²

Figura 8 Dosificación de riegos

Fuente: Ficha técnica Terrasil, 2015.

Según la revista Terrasil (2015) refiere lo siguiente:

Se conoce ventajas importantes que corresponden al Aditivo Terrail, por ejemplo, la compactación del suelo mejora, la expansividad del suelo reduce y aún mucho más importante incrementa la resistencia del suelo, el terrasil es el aditivo que mantiene un cerco eléctrico nivel molecular que reduce la fricción entre las partículas del suelo y aumenta su lubricidad, cuando se hidrate o la temperatura varíe los suelos toman la acción de contraerse y estirarse hasta que provocan la fatiga. Terrasil es el aditivo que

elimina la acción expansiva, entonces se debe aplicar el terrasil junto con el agua por encima del terreno que se quiere estabilizar y poco a poco penetrará dentro de él porque es hidrófilo

por último, Terrasil es el aditivo que no debe cuidarse, sin embargo, debe almacenarse entre 5°C a 45°C, alejado de la luz solar y en ambiente seco, lejos del calor y fuentes de ignición. El contenedor debe cerrarse completamente tras cada uso (p. 2).

Existen dos tipos de estabilización de suelos, la primera es la granular y la segunda la mecánica, entonces se combinan suelos que tengan distintas propiedades y así obtener un tercer resultante con propiedades mucho mejores. Por otro lado, se debe indicar que los suelos se estabilizan también por la aplicación de químicos con la cal y el cemento, pero también productos químicos (MTC, 2008, p. 11).

Por otro lado, Yepes (2018) menciona que la compactación y drenaje es otro de los métodos para estabilizar el suelo, también puede ocurrir la combinación de suelos para generar mejor granulometría o colocando aditivos, entonces la estabilización puede ser mecánica o química. (párr. 3)

Para el autor Rodríguez (2016) sostiene que en Ecuador, mencionaron que el uso de aditivos que contienen enzimas orgánicas Terrasil como estabilizadores de suelos tiene muchos beneficios, uno es la impermeabilización del suelo, el otro es aumentar la resistencia a la arcilla, arena y limo, y finalmente, reduce la humedad del suelo. Este aditivo es biodegradable y no afecta a las propiedades físicas e índices del suelo. (p. 2)

Para conocer sobre el mejoramiento de suelo o subrasante Vilcas (2018) menciona que se trata de una acción que modifica las propiedades de los suelos mejorándolos y buscando que sean capaces de soportar cargas y aguantar condiciones ambientales de todo tipo. Este mejoramiento antes mencionado se logra con diferentes métodos desde combinación de suelos hasta adiciones de químicos (p. 13).

Por otro lado, Hidalgo y Saavedra (2020) sostiene que la sub rasante es considerada la capa más importante de una estructura porque es la que debe soportar las cargas transmitidas por a estructura construida sobre ella, generalmente las sub rasantes

naturales no están preparadas para recibir estas cargas y entonces se debe hacer la estabilización. Para identificar el tipo de suelo de la sub rasante es necesario realizar el CBR (p. 20)

Continuando el Instituto Mexicano del Transporte (2021, p. 10) mencionan en “el concepto de módulo resiliente que este se considera como la magnitud de esfuerzo desviador, en la siguiente fórmula se explican las variables”.

$$M_r = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

σ_1 = Esfuerzo principal mayor

σ_3 = Esfuerzo principal menor

σ_d = Esfuerzo desviador

ϵ_{axial} = Deformación recuperable

Por otro lado, Rojas (2014) refiere que el módulo resiliente es aquella constante que se presenta cuando las cargas aplicadas se disipan y tiene poca incidencia en la relación esfuerzo – deformación, posterior a los 200 ciclos el módulo elástico se hace constante, en otras palabras, el módulo resiliente es nivel de la fuerza que desvía constantemente (p. 24).

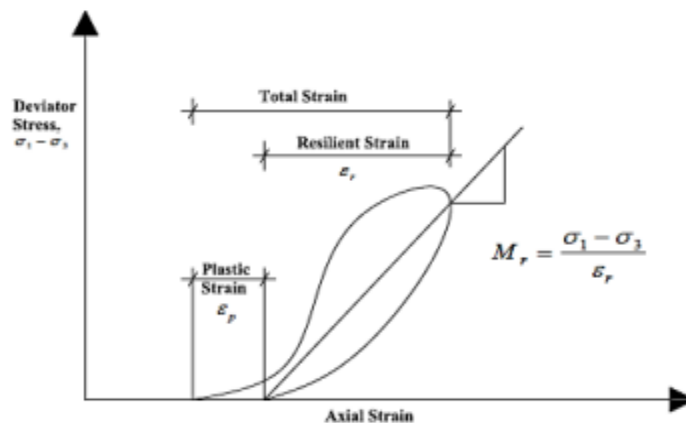


Figura 9 Deformación resiliente para un ciclo de carga.

Fuente: Rojas, 2014,p. 23)

Para determinar el módulo resiliente es necesaria la aplicación y ensayos de laboratorio que utilizan medios de ensayos triaxiales cíclicos, estos ensayos elaboran la simulación de esfuerzos a presión y esfuerzo desviador o lo que se conoce como las cargas aplicadas variantes en la sub rasante.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La investigación científica de tipo aplicada se conoce como el procedimiento para utilizar los conocimientos e investigaciones anterior y transformarlos en conocimientos y teorías que se apliquen a la problemática de investigación y que se útil para el medio en el que se elabora. El tipo de investigación realizada se considera del tipo “Aplicada” por el análisis de los resultados se obtuvieron luego de los estudios realizados en el laboratorio, lo cual nos permitieron la mejor opción de estabilización de la subrasante con diferentes porcentajes de organosilano y cemento para el correcto diseño de la infraestructura vial.

3.1.2 Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación se puede tratar de manera cuantitativa, cualitativa o mixta, basándose en la propuesta de objetivo, el proceso con el que se quiere llegar a la conclusión de la investigación, definiendo los problemas, teorías, definición de estrategias metodológicas, recolección y procesamiento de datos. La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo porque la recolección y procesamientos de los datos nos lleva a resultados con variables numéricas.

3.1.3 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es el procedimiento por el cual el problema propuesto sea solucionado de manera eficiente por las variables y objetivos que se proponen. La investigación se conceptualiza como la forma de solucionar un problema de manera científica y compromete a las variables que se mantienen constantes y a las variables que se van a evaluar como sujetos de experimentación. Los diseños cuasi

experimentales son puestas en casos reales en los que no se pueden formar grupos al azar, pero pueden trabajar la variable experimental.

Este trabajo es **experimental de forma cuasi - experimental**, por la manipulación de las variables.

3.1.4 Nivel de Investigación

La investigación presenta maneja un nivel de investigación explicativa ya que busca tener un efecto a causa del problema, quiere decir que trata de resolver problemas, pero también intenta conocer la causa.

Se determina que este estudio es explicativo porque al aplicar tanto Terrasil como mezcla de cemento, se observó un efecto en la creación de un diseño y una solución de ingeniería seguros y efectivos, en la estabilización del suelo para mejorar la capa de subrasante.

3.2 Variables y Operacionalización

La variable dependiente se denomina variable cuyos cambios se estiman y la variable está tratando de explicar o describir.

En este caso, se considera la siguiente variable dependiente, Mejoramiento de suelo de subrasante

La variable dependiente por su naturaleza causa cambios en la variable independiente, es decir que si esta variable se modifica la segunda también lo hará.

En el siguiente trabajo de investigación se tomó como variable independiente a la Estabilización química

La Operacionalización de una variable, incluye especificar cómo se observará y medirá cada característica del estudio, la operacionalización es un proceso de definición rigurosa de variables en factores medibles. Es el proceso de identificar conceptos difusos y permitir su medición empírica y cuantitativa.

Variable Dependiente: Mejoramiento de suelo de subrasante

(VILCAS Carrasco, 2018), se conoce como mejoramiento de suelo al proceso donde se someten estos a cierto tratamiento, con el fin de mejorar las propiedades físicas para poder tener un suelo o terreno firme, estable y capaz de soportar adecuadamente las cargas y condiciones ambientales. El mejoramiento se logra por varios procedimientos como por ejemplo en mezclas que ayuda a mejorar mediante la combinación de suelos con agentes estabilizadores entre ellas tenemos las mezclas de suelos y mezclas con productos químicos (cal, cemento, productos asfálticos, entre otros).

(HIDALGO Ramírez, 2020), la subrasante es la capa más importante ya que se requiere de una gran capacidad para poder sostener una estructura y las diferentes cargas que se va a someter el pavimento a través del tiempo. Normalmente los suelos por si solos no son suficientemente adecuados para ser usados como subrasantes de carreteras, por ello tienen que recibir diversos tratamientos llamados estabilizaciones que sirve para poder lograr las características necesarias para ser parte de la estructura de pavimentos. Se puede identificar diversos tipos de suelo de subrasantes y depende de los resultados de la prueba de CBR, entre otros.

Variable Independiente: Estabilización química

Gutiérrez (2010), la estabilización química hace referencia principalmente a la utilización de algunas sustancias patentizadas y su uso llega a involucrar a la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso. El diseño de estabilizaciones con agentes químicos estabilizantes consiste en poder llevar una adecuada clasificación de suelo y determinar la cantidad y tipo de agente estabilizante, así como el procedimiento para que efectúe la estabilización, también vemos las características principales de las sustancias químicas usadas como agentes estabilizadores que es la cal, cemento, cloruro de sodio, entre otros.

Según Ventura (2018) al aplicar un producto químicamente elaborado al suelo busca mejorar las características de resistencia, para este fin existen distintos tipos de estabilizadores químicos que están normalizados, permitidos y son convenientes por

la cercanía y el costo, además existen productos químicos biodegradables (CON-AID), el aditivo Terrasil, cemento, entre otros.

3.3 Población, Muestra y Muestreo

Población:

La población se define como el conjunto de elementos agrupados en un determinado lugar. La población es una colección de sujetos o cosas que tienen una o más residencias en un lugar común, existen en un espacio o área y cambian de año en año.

En esta investigación la población se verá representada por la carretera Andahuaylas-Chaccamarca, dicha carretera se encuentra ubicada en la provincia y distrito de Andahuaylas y cuenta con una longitud de 6 km.



Figura 10 Carretera Andahuaylas Chaccamarca Km 3+000

Fuente: Elaboración Propia

Muestra:

La muestra es una parte de la población donde se enfocará la investigación, es representativa e importante.

En esta investigación la muestra será tomará y se verá representada por el km 02+000 y el km 03+000 que conforman la carretera en estudio Andahuaylas-Chaccamarca, dicha carretera se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Andahuaylas.

Muestreo:

El muestreo es un método utilizado para determinar el mecanismo de muestreo general de una población, cuya función principal es determinar qué parte del hecho en estudio (población o universo) debe examinarse para hacer inferencias sobre esa población. El muestreo no probabilístico se describe como “un subconjunto de la población ya que la elección de elementos no depende de la probabilidad sino de la elección del investigador.

En este estudio se usará el muestreo no probabilístico por conveniencia, porque se harán tres calicatas ubicadas dentro los km 02+000 y el km 03+000 de la carretera Andahuaylas-Chaccamarca en la provincia y distrito de Andahuaylas a las que se le observa los cambios que sufran mediante los distintos ensayos realizados.

Unidad de análisis:

La unidad de análisis busca contestar el “qué” o a “quién” se está estudiando.

En esta investigación la unidad de análisis son las muestras de suelo obtenidas de las calicatas realizadas, ya que son el objeto de estudio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas

La **técnica de recolección de datos** se refiere al proceso de almacenamiento de información de manera práctica en un entorno real con variables que permitan realizar el proceso de resultados y solucionar el problema. Ejemplos de técnicas son: observación directa, análisis de documentos, análisis de contenido, etc. La

observación directa la llamamos al responsable de la investigación que hace las verificaciones necesarias y analiza directamente los resultados de los ensayos para así obtener información más precisa sobre el problema.

Para esta investigación se utilizará la observación directa la cual se generará a través de ensayos de laboratorio que se desarrollarán durante este trabajo de investigación, con el apoyo y asesoría de personal capacitado, cada tipo de prueba y ensayo están sujetas por estándares técnicos, fórmulas o fichas técnicas los cuales nos proporcionan la información tanto del aditivo Terrasil como del cemento.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos es la matriz con la cual se agrupa la información que es básica para el desarrollo del proyecto, esta matriz permite obtener datos de manera directa de la población que se desee investigar.

Para nuestra investigación se optó por utilizar diversos instrumentos de recolección con el fin de obtener la exactitud más cercana a la realidad y solucionar el conflicto en la población, se toma la observación directa para conocer el problema real que existe en el lugar de investigación y por ende obtener fundamentos sólidos que aporten al procesamiento eficaz, los instrumentos que se han utilizado en esta investigación han sido hojas de cálculo, hojas de observación, material digital y bibliografía.

Validación

La validación de resultados refiere que los datos se consideran verdaderos o falsos, es el grado de confianza que sostiene un resultado que se considere cercano a la realidad y se acomode a la veracidad o falsedad de una investigación.

Puesto que en esta investigación se realizarán ensayos, la validez nos la otorga los expertos o personal calificado como el ingeniero y el técnico con quien se desarrolló las pruebas y los ensayos de laboratorio, mediante sus sellos y firmas avala los resultados ya que es imprescindible para conseguir un desarrollo adecuado de la investigación.

Confiabilidad de los instrumentos.

La confiabilidad de los instrumentos indica la veracidad de los resultados, estos deben ser coherentes con las hipótesis de investigación, quiere decir que, si el instrumento se aplica en otras variables, los resultados deben tener el mismo efecto de validez.

En este caso, en lo que respecta a las pruebas y ensayos realizados en laboratorio, hemos brindado confiabilidad para los dispositivos utilizados en el laboratorio, con certificados de calibración para cada dispositivo.

3.5 Procedimientos

Como inicio se realizó una inspección a la zona en este caso la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, para así obtener un muestreo representativo, teniendo en cuenta las condiciones actuales en las que se encontraban, luego como segunda actividad se realizó la creación de 3 calicatas en el tramo del km 3+000, km 3+500, y en el km 4+000 de manera que se pudo acceder al material de investigación, el cual fue recaudado en unos contenedores plásticos con el fin de no contaminar la muestra y posteriormente se trasladado al laboratorio para su respectivo secado y realización de ensayos respectivos como son los Límites de Consistencia, Proctor Modificado, CBR, de acuerdo como se indica en el Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el ensayo de absorción, (UNE-EN-13755-2008), tanto del suelo natural como de este incrementándole diferentes dosificaciones de aditivo Terrasil como de Cemento y así obtener la información requerida, con los ensayos ya mencionados Los resultados nos lo brindará el ingeniero en colaboración de un técnico especialista para cada una de las áreas lo cual le otorga certeza y precisión.



Figura 11 Delimitación de Calicata N° 01 en Km 2+000

Fuente: Elaboración Propia



Figura 12 Delimitación de Calicata N° 02 Km 2+500

Fuente: Elaboración Propia



Figura 13 Delimitación de Calicata N° 03 Km 3+000

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Método de Análisis de Datos

Es una visión general de una amplia gama de técnicas para organizar, extraer información y modelar datos, particularmente orientada a su aplicación en la investigación.

El proceso para realizar un análisis de datos correcto es tal como se muestra en el siguiente cuadro:

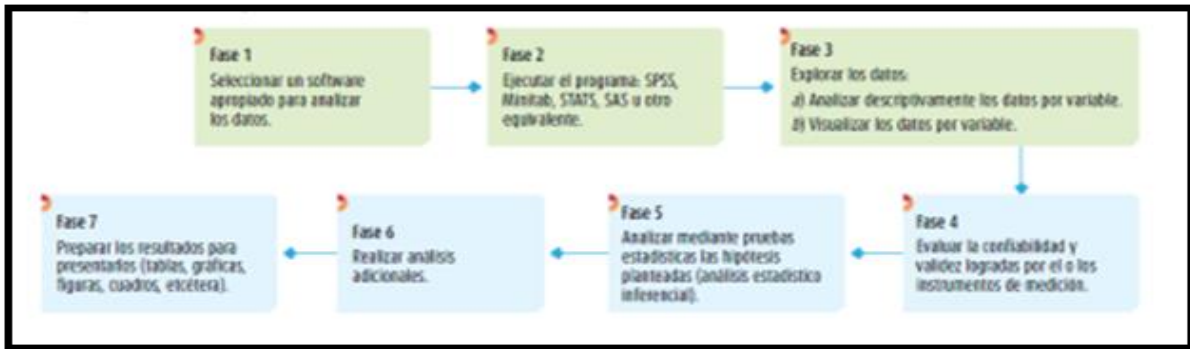


Figura 14 Método de Análisis de Datos

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de las muestras en campo se va a realizar con ensayos de laboratorio y posteriormente los resultados se mostrarán en cuadros elaborados en el software Microsoft Excel.

3.7 Aspectos éticos.

El exclusivo trabajo investigativo ha sido elaborado con la máxima disciplina, moral y ética, siguiendo estándares como ISO 690 para prevenir riesgo de copia y desarrollo en el laboratorio de documentos, este proceso debe realizarse con honestidad, es por ello que la presencia de los expertos encargados de validar el instrumento de evaluación y las encuestas realizadas son registros necesarios con preferencia por la veracidad de una encuesta.

IV. RESULTADOS

Descripción y Ubicación Geográfica del Proyecto

Ubicación Política

La presente investigación se lleva a cabo en un tramo del km 3+000 al km 4+00 de la carretera Andahuaylas Chaccamarca ubicada en la provincia y distrito de Andahuaylas departamento de Apurímac.



Figura 15 Mapa Político Nacional

Fuente: Historia del Perú



Figura 16 Mapa Político Departamental

Fuente: Ecu Red



Figura 17 Mapa distrital de Andahuaylas

Fuente: Municipalidad distrital de Andahuaylas



Figura 18 Ubicación del Proyecto

Fuente: Google Hearth

Limites

Por el Norte: La localidad de Chaccamarca colinda con la Provincia de Chincheros

Por el Sur: La localidad de Chaccamarca colinda con la Provincia de Aymaraes

Por el este Este: La localidad de Chaccamarca colinda con la Provincia de Abancay.

Por el Oeste: La localidad de Chaccamarca colinda con la Provincia de Ayacucho.

Se determinó este lugar para nuestra zona de investigación con el objetivo de aportar en el mejoramiento de sus suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas Chaccamarca en el distrito y provincia de Andahuaylas, para así obtener una mejor resistencia ya que existen fallas en esta carretera, por lo que buscamos lograr que la subrasante cumpla con los requisitos establecidos en el Manual de carreteras del MTC.

Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica del distrito de Andahuaylas se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: -13.6564, Longitud: -73.39, Latitud Sur: 13° 39' 23", Longitud Oeste: 73° 23' 24", contando con una superficie de 37,600 hectáreas 376,00 Km², a una altitud de 2911 metros de altura, según el INEI cuenta con una población de 48547 habitantes.

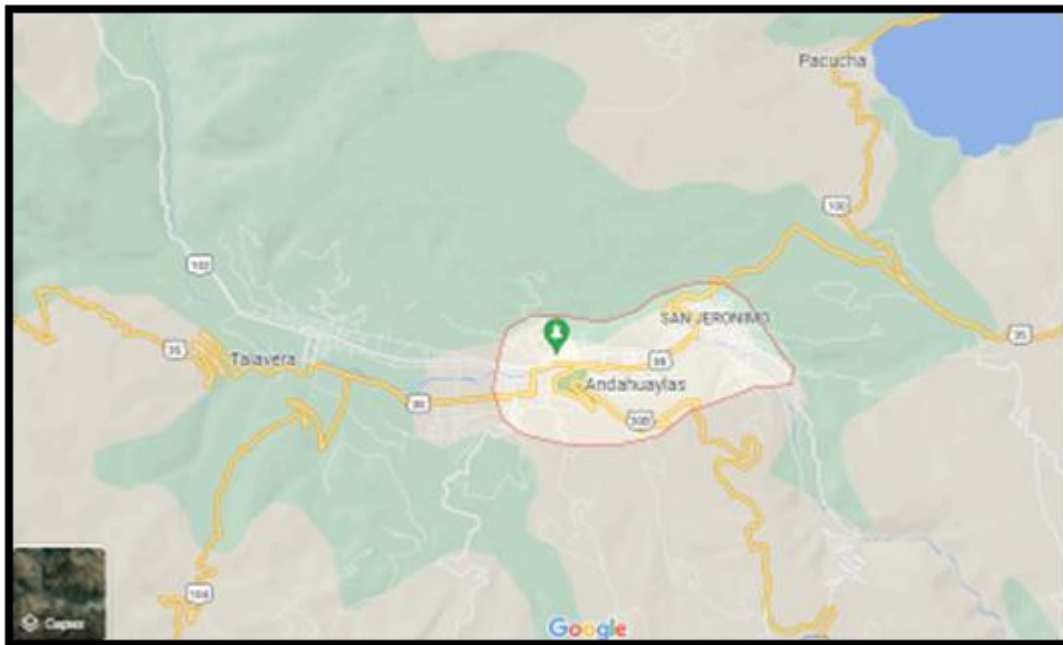


Figura 19 Distrito de Andahuaylas

Fuente: Google Maps

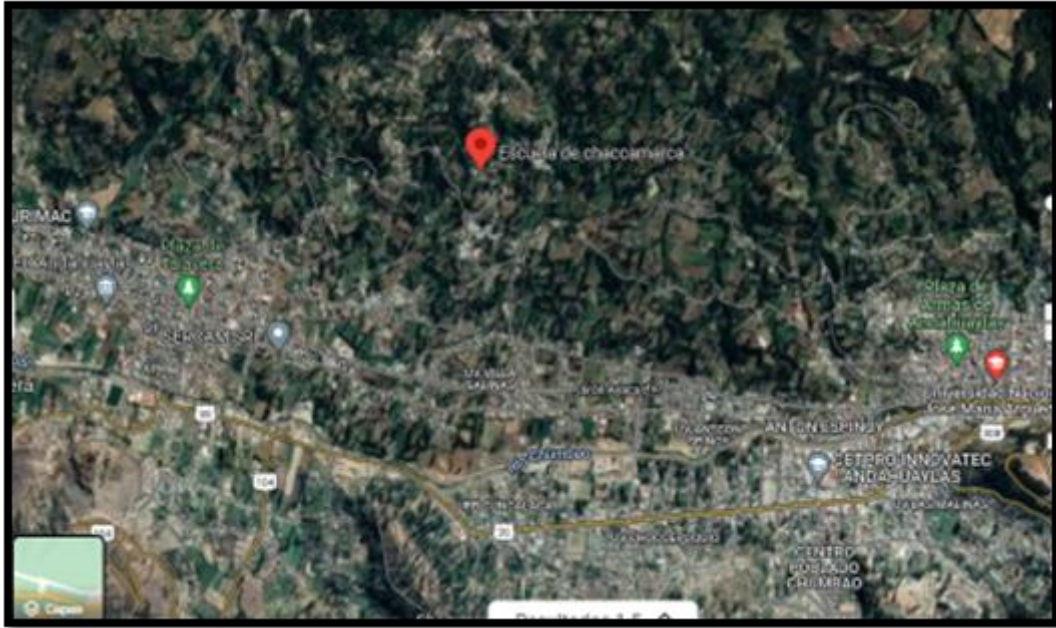


Figura 20 Ubicación de la zona de manera satelital

Fuente: Google Earth

Ubicación del Tramo de Investigación

La carretera Andahuaylas Chaccamarca se encuentra ubicado en el distrito y Provincia de Andahuaylas el cual consta de 6km y el sector materia de investigación está entre el Km. 2+000 al Km. 3+000. A continuación, se muestra la vía.



Figura 21 Vista de tipo de suelo KM 4+000

Fuente: Elaboración Propia



Figura 22 Vista de tipo de suelo KM 2+000

Fuente: Elaboración Propia

Clima:

La provincia de Andahuaylas se caracteriza por tener un clima en su mayoría templado, lluvioso en ciertas épocas del año y amplitud térmica moderada. El promedio de temperatura en el año es entre 20° C a 6.3°C.

Localidad para la compra de materiales

El aditivo utilizado en esta investigación se compró en el Departamento de Lima ya que la empresa encargada de la importación y venta de este tipo de productos se ubica en Lima la cual es Brem Environmental Solutions S.A.C.

Resultados de laboratorio

OG N°1 Mejorar la condición actual y la rigidez de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, empleando procesos de estabilización química.

Clasificación de suelos

El Análisis granulométrico se realizó primero al suelo natural el cual no tuvo ninguna modificación o alteración a fin de conocer su información inicial, para lo cual se realizó tres calicatas de las cuales se extrajo una porción de cada una ya que se obtuvo de un tramo homogéneo con la finalidad de clasificar los suelos mediante la distribución de partículas que lo componen mediante el tamizado los cuales se muestra en la tabla 200.



Figura 23 Clasificación de Suelos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5 *Análisis Granulométrico*

TAMAÑO DE		PESO	%	%
TAMIZES		RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)	(%)
4"	101.60	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00

Nº 4	4.76	1.00	0.09	99.91
Nº 10	2.00	6.00	0.51	99.40
Nº 40	0.43	21.00	1.79	97.62
Nº 100	0.14	30.00	2.55	95.06
Nº 200	0.07	9.00	0.77	94.30
CAZUELA	0.01	1,108.00	94.30	0.00
TOTAL:		1,175.00	100	

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Tabla 6 *Distribución Granulométrica*

Muestra	Clasificación de suelos	
	SUCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
C – 01	CH	A – 7 – 6
	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	
C – 02	CH	A – 7 – 6
	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	
C – 03	CH	A – 7 – 6
	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

OE1 Incrementar la resistencia de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, mediante la estabilización química, evaluando la evolución del parámetro denominado CBR.

Se desarrolló el ensayo del CBR(California Bearing Ratio) para así poder comprobar las características mecánicas del suelo de las diferentes muestras tanto al suelo natural sin alteraciones como al suelo más las diferentes dosificaciones de aditivo

Terrasil así como de cemento, este ensayo se realizó para las siguientes dosificaciones (SN+0,75L/m³ Terrasil +0.5% de cemento, SN+0.50Lt/m³ Terrasil + 2% de cemento, SN+0.30Lt/m³terrasil+4% de cemento) respectivamente para así obtener información respecto a la resistencia del suelo natural y suelo con adición de Terrasil más cemento, y así establecer comparaciones en la resistencia teniendo como resultado lo siguiente.



Figura 24 Ensayo de CBR
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7 Resultados de CBR

MUESTRAS	CBR	
	CBR AL 95%	CBR AL 100%
SN	4.7	5.1
SN + 0.75Lt/m ³ + 0.5%	16.9	18.3
SN + 0.50Lt/m ³ + 2%	30.8	32.3
SN + 0.30Lt/m ³ + 4%	24.5	26.1

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

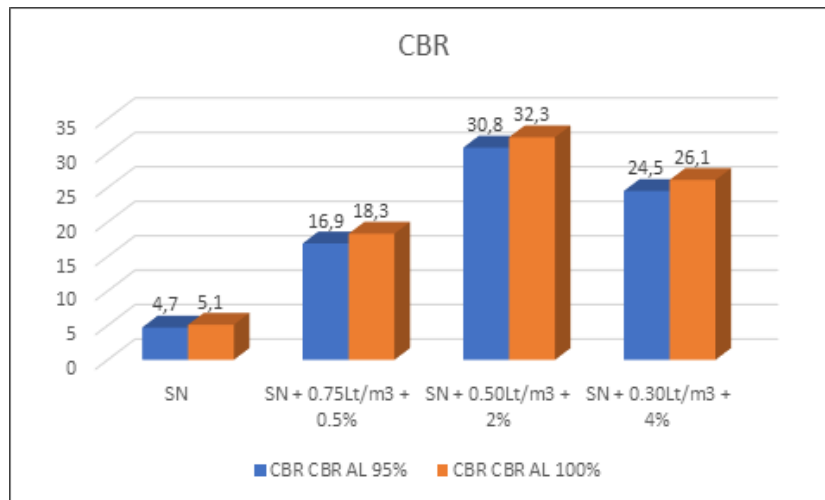


Figura 25 CBR AL 95% Y 100%

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

Se observa en el grafico los resultados que se obtuvieron a partir del ensayo CBR (California Bearing Ratio) que la adición de aditivo Terrasil influye en la resistencia la cual se puede evidenciar con el aumento en los valores de CBR, los cuales varían dependiendo de los porcentajes de aditivo y cemento, cuando se le agrega 0.75Lt/m3 de Terrasil + 0.5% de cemento se obtuvo un incremento del 12,2 al 95% y de 13,2 al 100% y cuando se incrementa la dosificación de 0.50Lt/m3 de Terrasil + 2% de cemento se obtuvo un incremento del CR al 95% de 26,1 y al 100% de 27,2 con respecto a la muestra patrón del suelo natural, y por ultimo al añadir 0.30Lt/m3 de Terrasil + 4% de cemento se obtuvo un 19,8 al 95% y de 21 al 100%, con respecto a la muestra de suelo natural, lo que quiere decir que con todas las dosificaciones aplicadas ocurrió un aumento proporcional al porcentaje de aditivo y cemento.

OE2 Impermeabilizar los suelos de la subrasante de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, con la finalidad de proteger la vía ante las constantes precipitaciones pluviales en épocas de avenidas, y los problemas derivados de la presencia de la misma

Se desarrolló el ensayo de Absorción (UNE-NE-13755-2008) para así poder identificar cuál de las dosificaciones es la que impide al agua penetrar la estructura del suelo, para lo cual probamos con las diferentes proporciones tanto de aditivo Terrasil como de cemento en este caso usamos (SN+0,75L/m³ Terrasil +0.5% de cemento, SN+0.50Lt/m³ Terrasil + 2% de cemento, SN+0.30Lt/m³ Terrasil+4% de cemento), obteniendo los siguientes resultados.



Figura 26 Prueba de Absorción

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Resultados de Absorción

MUESTRAS	%ABSORCION
SN + 0.75Lt/m ³ + 0.5%	6,87
SN + 0.50Lt/m ³ + 2%	7.82
SN + 0.30Lt/m ³ + 4%	8.78

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

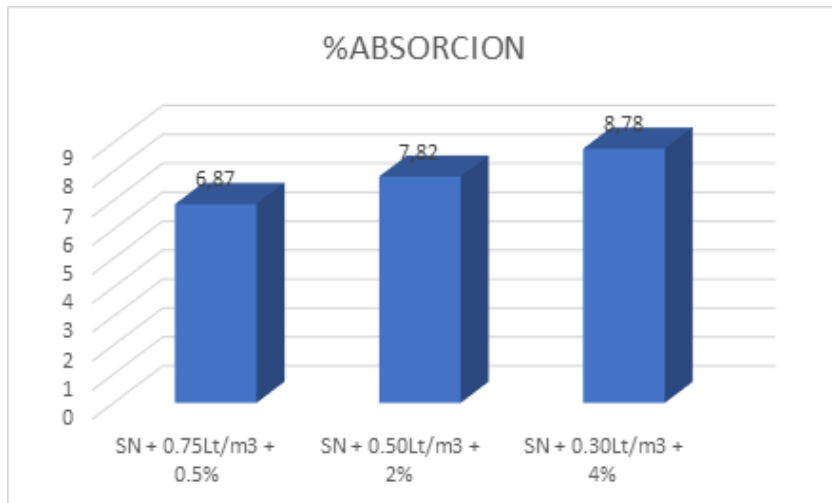


Figura 27 Prueba de Absorción a 0.5%, 2% y 4%

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

Se observa en la tabla que el porcentaje de absorción de las muestras varían con los diferentes dosificaciones incorporados tanto de aditivo Terrasil como de cemento como se puede observar en el gráfico, al incorporar SN + 0.75Lt/m³ + 0.5% vemos que la muestra absorbe un 6,87% de agua, al incrementar la siguiente dosificación de SN + 0.50Lt/m³ + 2% el porcentaje de agua que llega a absorber es de 7.82% y por ultimo al incorporar SN + 0.30Lt/m³ + 4% absorbe un 8,78 % de agua lo cual nos indica que al incrementar el cemento a las muestras el porcentaje de absorción de agua también aumenta.

OE3 Optimizar costos en la estabilización de suelos, mediante la combinación de agentes estabilizadores.

Para este trabajo de investigación sobre estabilización de suelos se usó como una alternativa para optimizar costos, la combinación de un agente complementario al estabilizador químico Terrasil, con lo cual no es permita encontrar una adecuada y correcta dosificación que garantice una solución técnico-económica.



Figura 28 Mejoramiento de suelo con Terrasil

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Muestras de CBR al 95% y 100%

MUESTRAS	CBR	
	CBR AL 95%	CBR AL 100%
SN	4.7	5.1
SN + 0.75Lt/m ³ + 0.5%	16.9	18.3
SN + 0.50Lt/m ³ + 2%	30.8	32.3
SN + 0.30Lt/m ³ + 4%	24.5	26.1

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Podemos observar en las tablas que tanto para mejorar el CBR, las tres dosificaciones usando el aditivo terrasil en combinación con un agente complementario que en este caso viene a ser el cemento tienen resultados positivos y que se encuentran dentro de lo normado según el Manual para el diseño de carretas de bajo volumen de tránsito del MTC- 2008.

Tabla 10 Muestra 0,75lt/m3 - Terrasil + 0,50% - Cemento

Muestra 0,75lt/m3 - Terrasil + 0,50% - Cemento					
	Capacidad de Soporte (CBR)		16,9000	%	
ITEM	Presentación Comercial	Unidad	Precio (PEN)	Presentación	Unidad
1	Costo cemento	Bolsa	25	42,5	kg
2	Terrasil	Envase	120	20	kg
	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub Total (PEN)
1	cemento	1,0500	kg	0,5882	0,6176
2	terrasil	0,0125	kg	6,0000	0,0749
	PRESUPUESTO DE MUESTRA (PEN)				0,6925
	CANTIDAD DE MUESTRA (m3)				0,0350
	CANTIDAD DE MUESTRA (m)				0,0292
	Costo Unitario (PEN/m3)				19,7865
	Costo Unitario (PEN/m)				23,7438

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Muestra 0,50Lt/m3 - Terrasil +2% - Cemento

Muestra 0,50Lt/m3 - Terrasil +2% - Cemento					
	Capacidad de Soporte (CBR)		30,8000	%	
ITEM	Presentación Comercial	Unidad	Precio (PEN)	Presentación	Unidad
1	Costo cemento	KG	25	42,5	kg
2	Terrasil	LT	120	20	kg
	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub Total
1	cemento	4,2000	kg	0,5882	2,4706
2	terrasil	0,0083	kg	6,0000	0,0499
	PRESUPUESTO DE MUESTRA (PEN)				2,5205
	CANTIDAD DE MUESTRA (m3)				0,0350

	CANTIDAD DE MUESTRA (m)				0,0292
	Costo Unitario (PEN/m3)				72,0145
	Costo Unitario (PEN/m)				86,4174

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Muestra 0,30Lt/m3 - Terrasil + 4% - Cemento

Muestra 0,30Lt/m3 - Terrasil + 4% - Cemento					
	Capacidad de Soporte (CBR)		24,5000	%	
ITEM	Presentación Comercial	Unidad	Precio (PEN)	Presentación	Unidad
1	costo cemento	KG	25	42,5	kg
2	terrasil	LT	120	20	kg
	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub Total
1	cemento	8,4	kg	0,5882	4,94
2	terrasil	0,0048	kg	6,0000	0,03
	PRESUPUESTO DE MUESTRA (PEN)				4,9700
	CANTIDAD DE MUESTRA (m3)				0,0350
	CANTIDAD DE MUESTRA (m)				0,0292
	Costo Unitario (PEN/m3)				141,9993
	Costo Unitario (PEN/m)				170,3992

Fuente: Elaboración Propia

Elaborando las dosificaciones de Terrasil 0.75 lt/m3, 50 lt/m3 y 30 lt/m3 y analizando las muestras en laboratorio se obtuvieron los valores de CBR 16.9% 30.8% y 24.5% que se confirmaron en líneas precedentes. Para realizar un análisis económico con respecto a la capacidad de soporte de cada muestra se elaboró el análisis de costos donde partimos del principio del análisis de costos unitarios, en los cuadros N° 10, N° 11 y N°12 de la cual solo analizamos en materiales (Terrasil y cemento) en las distintas composiciones estudiadas. Lego de ello se hizo la comparación de los costos unitarios (PEN/m), considerando un ancho de 6.00 metros y un espesor de 0.20 metros, donde obtuvimos que el mejor ratio técnico financiero viene a ser la

mezcla de 0.75 lt/m³ de terrasil + 0.5% de cemento el cual nos dio un valor de 23.74 PEN como se puede observar en la tabla N° 10.

V. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación se han elaborado basadas en las variables, para lo cual se realizaron ensayos de laboratorio que arrojaron el tipo de suelo, la granulometría los límites y la resistencia a la compresión.

En cuanto a los ensayos de límites de consistencia se han elaborado siguiente los términos de la norma ASTM D4318/MTC E-110/MTC E – 11, con este ensayo se determinó el índice de plasticidad (IP), el cual se realizó tanto del suelo natural sin aditivos, como del suelo natural más la aplicación de aditivo Terrasil más cemento en distintos porcentajes y proporciones, como se detalla (SN + 0.75Lt/m³ + 0.5%, SN + 0.50Lt/m³ + 2%, SN + 0.30Lt/m³ + 4%), los cuales arrojaron diferentes resultados, en primera instancia al realizar la ensayo a la muestra del suelo natural nos dio como resultado que el IP(índice de plasticidad), resulto de ser de 28%, mientras tanto al aplicar 0.75Lt/m³ de Terrasil+ 0,5% de cemento el IP resulto ser 12.8%, disminuyendo un 15,2% en cuanto al IP comparándolo con la muestra natural , también al incrementar la dosificación a 0,50Lt/m³ de Terrasil+ 2% de cemento al suelo natural el índice de plasticidad bajo a 4,5% disminuyendo con respecto al suelo natural un 19,5 %, y finalmente al añadir 0,30Lt/m³ + 4% dio como resultado que no tuvo Índice de Plasticidad.

Según Hurtado (2020), SU INVESTIGACIÓN Tuvo resultados de índice de plasticidad del 10%, sin embargo, cuando utilizó el organosilao al 0.08, el IP resulto 6.2% lo cual corresponde a la disminución de un 3.8, posteriormente incorporó 0.13 de organosilano al suelo y el resultado fue de 5.7% en el IP, observando la disminución de un 4.3%, por último se incorpora 0.18 de organosilano al suelo común y el resultado nos dice que el índice de plasticidad fue de 2.6% y al compararlo con el IP de la muestra base ha disminuido en 7.4%.

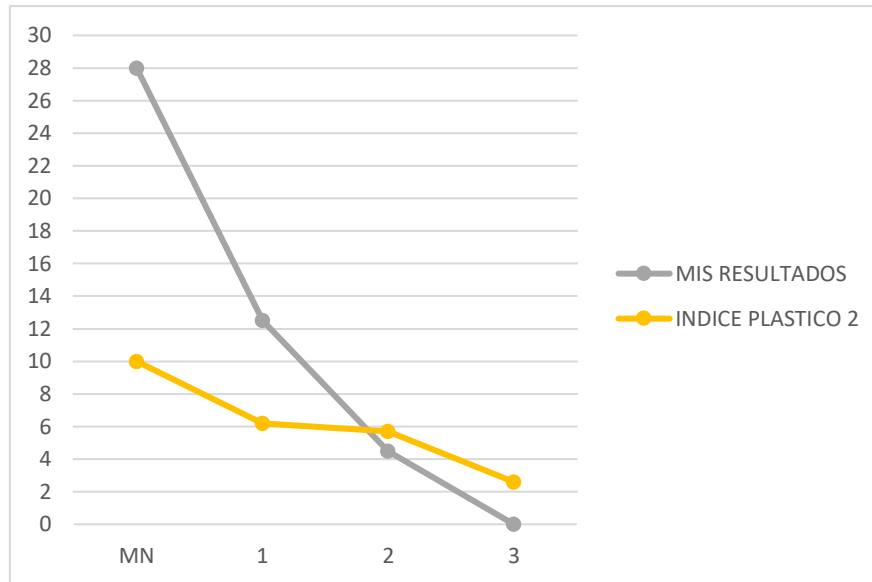


Figura 29 Índice de plasticidad

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

Comparando los resultados de esta investigación con los resultados del autor Hurtado se puede decir que se concuerda porque existe una tendencia de disminución del índice de plasticidad (IP), en nuestra investigación al agregar Terrasil en el suelo arcilloso el IP disminuye considerablemente siendo proporcional al porcentaje de Terrasil adicionado.

En cuanto al ensayo Proctor modificado, el cual esta normado con AST D1557/MT E – 115, el cual se realizó con la finalidad de obtener la información del optimo contenido de humedad tanto para el suelo natural como para este con dosificaciones de aditivo Terrasil más cemento, en cuanto al suelo natural nos dio como resultado un contenido de humedad de 15,60%, el cual se mantuvo al añadirle 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5% de cemento, al incorporarle 0.50Lt/m³ + 2%, se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 15,61 teniendo un incremento de 0,01% respecto al suelo natural, y por ultimo al adicionarle 0.30Lt/m³ de Terrasil + 4% de cemento, el contenido de humedad nos dio 17,4% incrementando en 1,79 % respecto al suelo natural. En cuanto a la DMS se obtuvo 1,5gr/cm³ y al incrementar dosificación de aditivo y cemento en 0.75Lt/m³ + 0.5%, subió a 1,6gr/cm³, incrementando en 0,1gr/cm³ con respecto al suelo natural, al usar 0.50Lt/m³ de Terrasil + 2% de

cemento, dio como resultado 1,76gr/cm³, teniendo como incremento un 0,26 respecto al suelo natural, y por último al agregarle 0.30Lt/m³ + 4%, dio como resultado un aumento de 1,58gr/cm³ dándonos un incremento de 0.08 comparado con la muestra natural.

Según Gutiérrez y Cerón (2020) menciona que los resultados que obtuvo en su tesis con respecto al PROCTOR Modificado, el contenido de humedad fue de 6,5% y al adicionarle (0,5kg/m³ de Terrasil as 1% de cemento), su óptimo contenido de humedad subió a 6,7 incrementando un 0,2% respecto a su suelo natural, al adicionarle (0,75kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento), el óptimo contenido de humedad se mantuvo en 6,7 incrementando un 0,2% respecto a su suelo natural, y por ultimo al añadirle (0,90kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento), se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 6,9% incrementando en 0,4% respecto al resultado del suelo natural, respecto a su DMS del suelo sin estabilizar fue de 2,252gr/cm³ el cual al añadirle (0,5kg/m³ de Terrasil as 1% de cemento), subió a 2,26gr/cm³ variando un 0,01gr/cm³ con respecto al suelo natural, al incrementar la dosificación a (0,75kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento), la máxima densidad seca fue de 2,27gr/cm³ teniendo un aumento de 0,02gr/cm³ respecto al suelo natural, por ultimo con la dosificación de (0,90kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento), se tuvo un 2,26gr/cm³ incrementando en 0,01gr/cm³ respecto al suelo natural sin modificaciones.

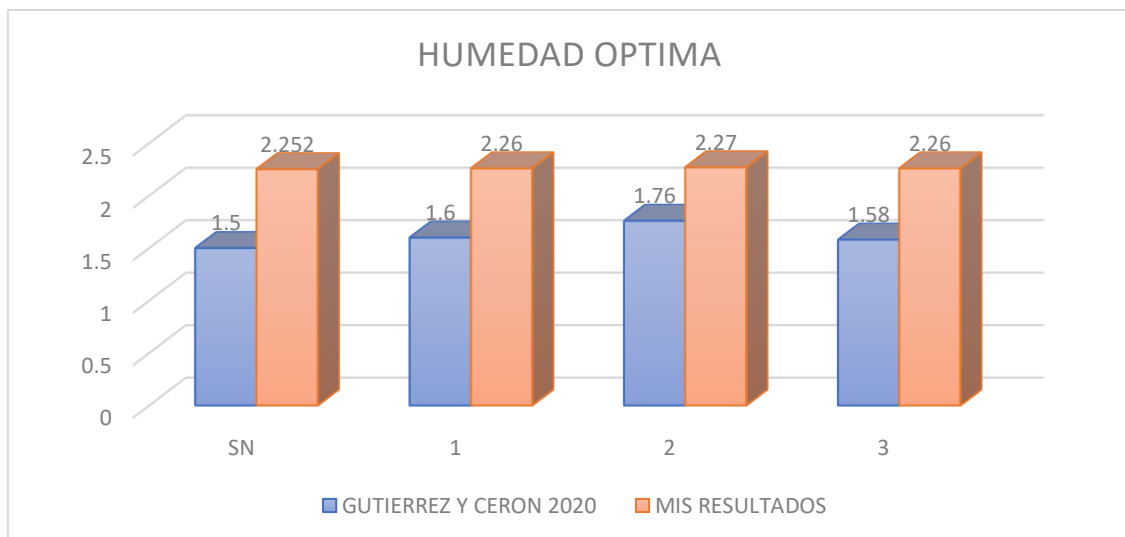


Figura 30 Contenido de Humedad
 Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

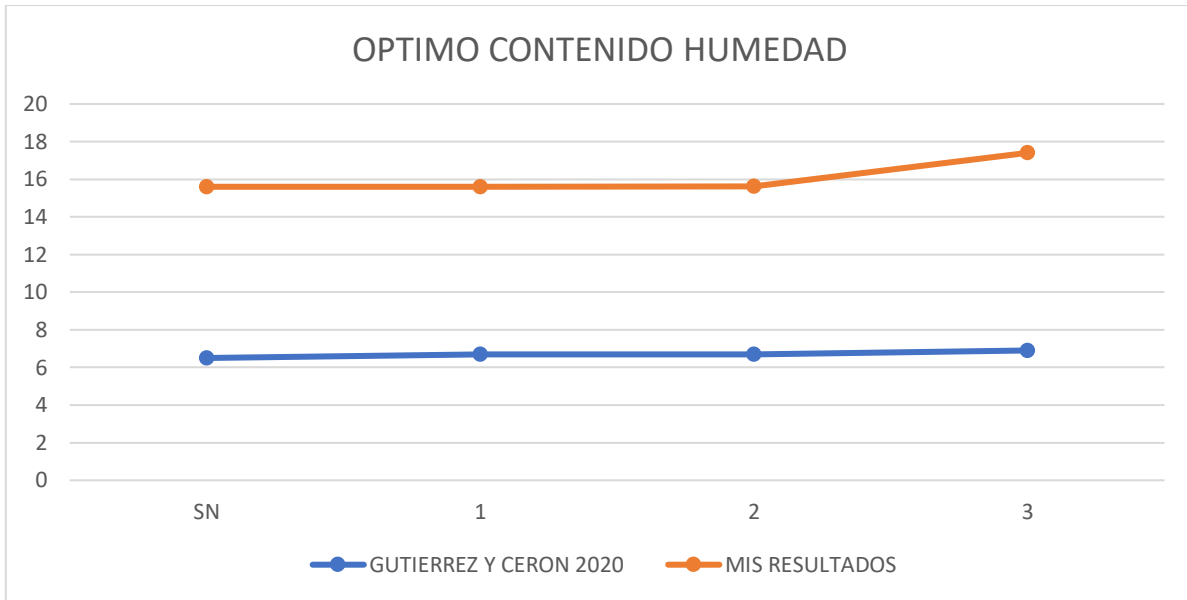


Figura 31 Óptimo Contenido de Humedad
 Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

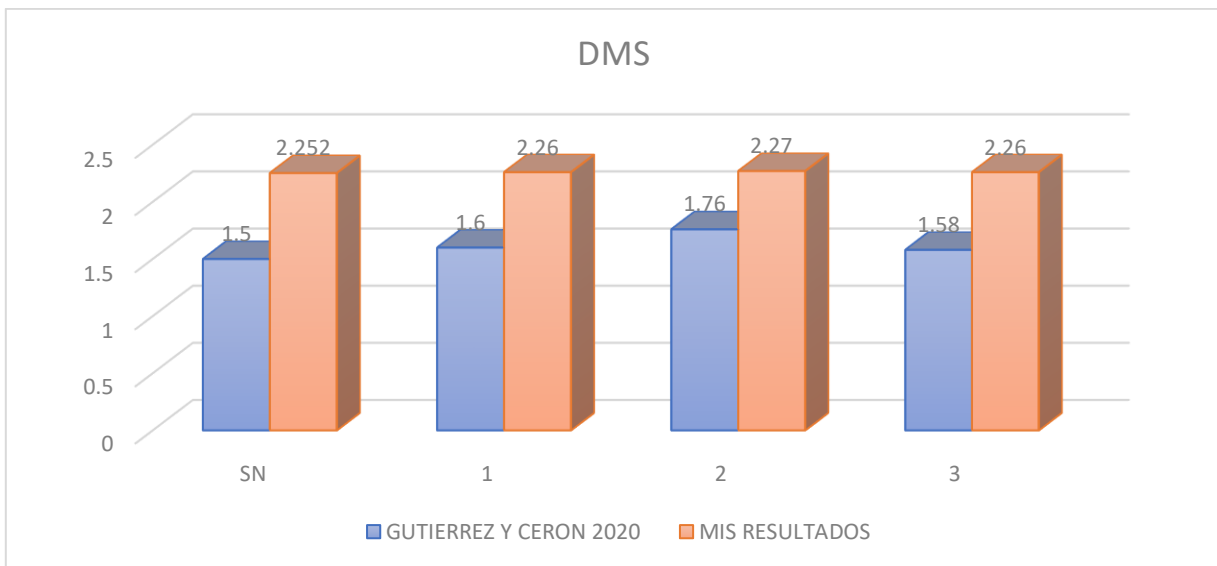


Figura 32 Máxima Densidad Seca
 Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

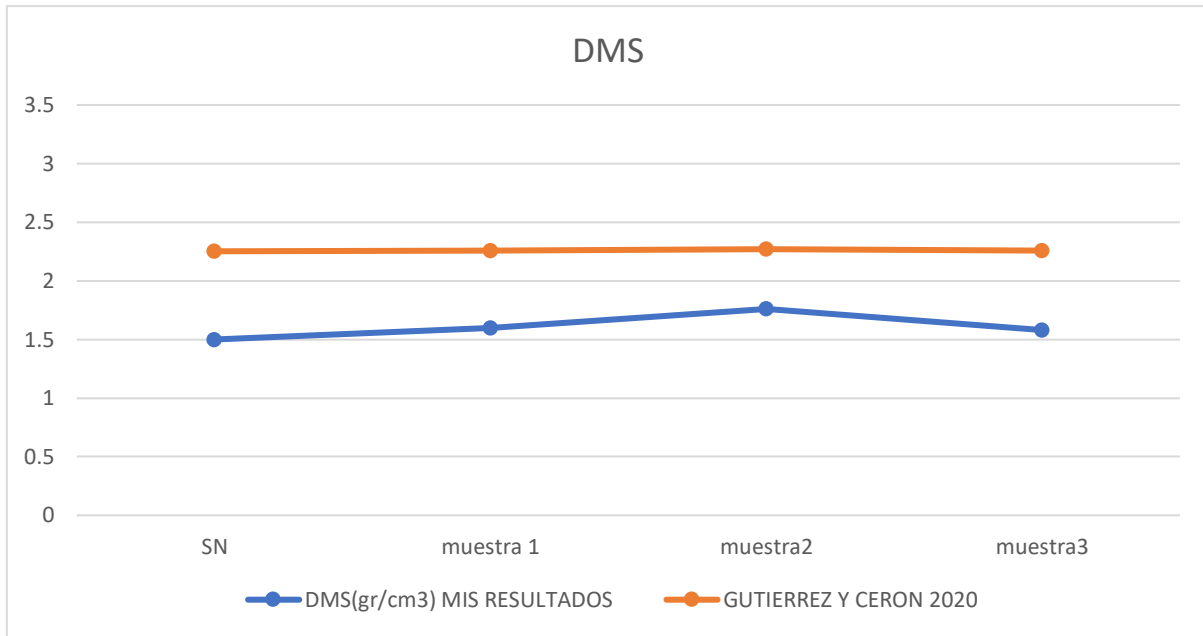


Figura 33 Máxima Densidad Seca DMS

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

De los resultados de Gutiérrez y Cerón, y mis resultados obtenidos, se puede evidenciar que respecto al Optimo contenido de humedad se concuerda porque existen una tendencia a incrementar, aunque en un mínimo porcentaje de 0,1 a 0,2%, a medida que se le aplica distintos porcentajes tanto de aditivo Terrasil como de cemento, de igual manera en lo que respecta a la Máxima Densidad Seca se tiene un aumento, aunque no muy notorio respecto al suelo natural.

En el ensayo de CBR normado por la ASTM D1883/MTC E – 132, el cual se realizó con la finalidad de conocer la resistencia que posee tanto el suelo natural sin alteraciones y el suelo natural con influencia de aditivo y cemento los cuales se le agregaron en distintos porcentajes, en las cuales en el suelo natural sin modificaciones se obtuvo un CBR de 4,7% al 95% y 5,1% al 100% el cual se modificó al aplicarle el porcentaje de 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5% de cemento, dándonos como resultado que el CBR al 95% resulto 16,9% y un CBR al 100% de 18,3, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento de 17,2% y de 13,2% al 100% respecto al suelo natural, y al incrementar el porcentaje de 0.50Lt/m³ de Terrasil + 2% de cemento, se observó que el CBR al 95% resulto ser de 30,8 y al

100% de 32,3%, por lo que se muestra un aumento en comparación al CBR del suelo natural y por ultimo al emplear la dosificación de 0.30Lt/m³ de Terrasil + 4% de cemento, nos dio como resultado que el CBR llego hasta 24,5 en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 26,1%, por lo que se observa que hubo un incremento de 19,8 en cuanto al CBR al 95% y de 21 en el CBR al 100%, con respecto a los valores del suelo natural.

Según Gutiérrez y Cerón (2020) nos menciona que en su trabajo de investigación al realizar el ensayo del CBR al suelo natural se obtuvo un 86% de CBR AL 100% y un 41,4 al 95% y al añadirle 0,5kg/m³ de Terrasil + 1% de cemento el nuevo CBR fue de 112,6 al 100% y 55,5 al 95% variando en 26% y 14,1% respecto al suelo natural, al añadirle 0,75kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento resulto un 117,1% de CBR al 100% y un 61,6% respecto al CBR al 95% variando en 31,1% y 20,2 respecto al suelo natural, y por ultimo al añadirle 0,90kg/m³ de Terrasil más 1% de cemento aumento a 120.3% el CBR al 100% y en 58,7% el CBR al 95%, concluyendo que varía un 34,3% y 17,3 respecto al suelo natural.

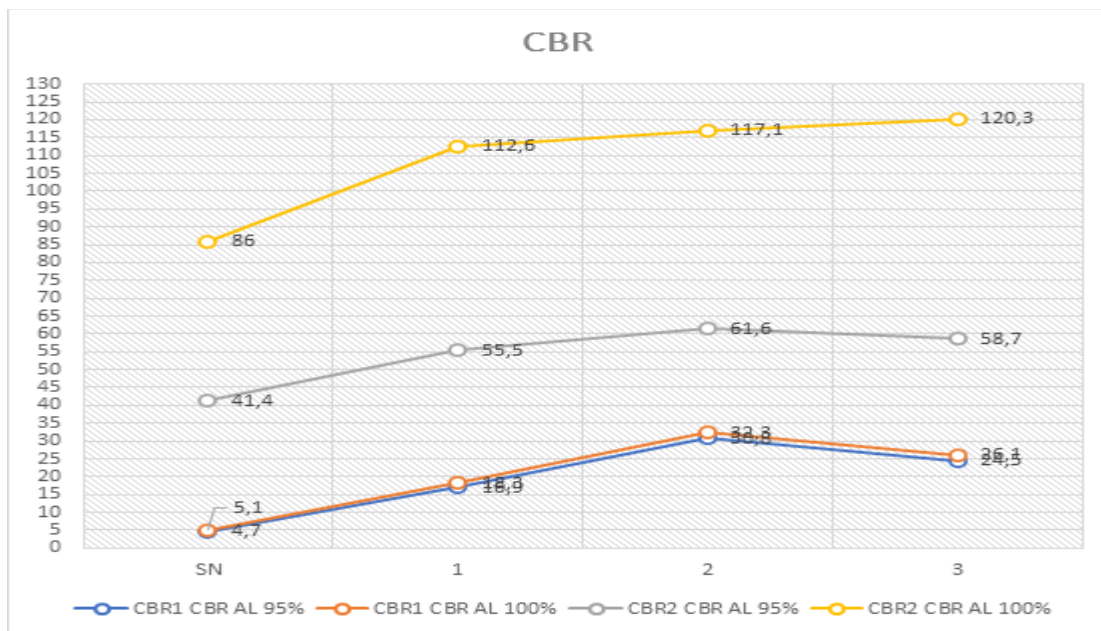


Figura 34 Gráfico de líneas de CBR

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

De esta manera de los resultados de Gutiérrez y Cerón (2020) y mis resultados obtenidos se concluye que se observa una tendencia al incremento de CBR en reacción a la incorporación de aditivo Terrasil como de cemento, el cual se da de forma positiva ya que los resultados de los ensayos realizados de CBR se ve un incremento con respecto al del suelo natural.

En cuanto al ensayo de absorción el cual esta normado bajo la (UNE-NE-13755-2008), se realizó con el objetivo de conocer el porcentaje de agua que es capaz de penetrar el suelo natural, y como podemos impermeabilizar este suelo de subrasante mediante el uso de aditivo hidrófobos que sean capaces de repeler el agua como el Terrasil para lo cual se elaboró briquetas con las diferentes dosificaciones de aditivo en combinación con un agente complementario como es el cemento, usamos (SN+0,75L/m³ Terrasil +0.5% de cemento, SN+0.50Lt/m³ Terrasil + 2% de cemento, SN+0.30Lt/m³ Terrasil+4% de cemento), obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 13 *Muestras de Absorción*

MUESTRAS	%ABSORCION
SN + 0.75Lt/m ³ + 0.5%	6,87
SN + 0.50Lt/m ³ + 2%	7.82
SN + 0.30Lt/m ³ + 4%	8.78

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

VI. CONCLUSIONES

1. De manera general y de acuerdo a los resultados alcanzados de nuestra investigación, y a partir de antecedentes se obtuvo que empleando procesos de estabilización química mediante la aplicación de aditivo Terrasil en combinación con
2. Cemento a nuestra muestra de suelo natural, se logra mejorar la rigidez y la condición actual que tiene nuestro suelo teniendo como referencia o ensayos realizados como los Limite de Consistencia, Proctor Modificado, CBR, y Absorción.
3. En cuanto a la capacidad de resistencia del suelo CBR se observó que cuando se le agrego las diferentes dosificación de aditivo Terrasil como de Cemento, el suelo natural obtuvieron resultados más favorables, para lo cual partimos con un valor de CBR al 95% de 4,7% y un CBR al 100% de 5,1% la cual se obtuvo de la muestra de suelo sin ninguna dosificación el cual se modificó al aplicarle el porcentaje de 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5% de cemento, dándonos como resultado que el CBR al 95% resulto 16,9% y un CBR al 100% de 18,3%, en el cual se observa que el CBR al 95% aumento de 17,2% y de 13,2% al 100% respecto al suelo natural, y al incrementar el porcentaje de 0.50Lt/m³ de Terrasil + 2% de cemento, se observó que el CBR al 95% resulto ser de 30,8% y al 100% de 32,3%, por lo que se muestra un aumento de 26,1% en cuanto al CBR AL 95% y de 27,2% en cuanto al CBR al 100% en comparación al CBR del suelo natural, y por ultimo al añadir 0.30Lt/m³ de Terrasil + 4% de cemento, nos dio como resultado que el CBR llego hasta 24,5 en cuanto al CBR al 95% y en cuanto al CBR al 100% fue de 26,1%, por lo que se observa que hubo un incremento de 19,8 en cuanto al CBR al 95% y de 21 en el CBR al 100%, con respecto a los valores del suelo natural. Por lo que se concluye que la mejor opción en cuanto al CBR fue la que adquiere al incorporarle 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5% de cemento, dado que con esta dosificación se obtiene el CBR apto según el (Manual para el diseño de carretas de bajo volumen de tránsito del MTC- 2008).
4. En cuanto al ensayo de Absorción UNE-NE-13755-2008 se observó que las diferentes dosificaciones actuaron de manera diferente respecto a las

dosificaciones, al incorporarle 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5% de cemento tuvo una absorción de 6,87%, al incrementarle la dosificación a 0.50Lt/m³ de Terrasil + 2% de cemento la muestra absorbió un 7,82% de agua, y por último al añadirle 0.30Lt/m³ de Terrasil + 4% de cemento la muestra absorbió un 8,78% de agua. Por lo que concluimos que la dosificación apta según el ensayo de Absorción es de 0.75Lt/m³ de Terrasil + 0.5%, ya que absorbe menos cantidad de agua, otorgándole permeabilidad e impidiendo el ingreso del agua al suelo.

5. En cuanto a la optimización de costos para la estabilización de suelos podemos mencionar que mediante la combinación de agentes estabilizadores resulta técnica y económicamente adecuado complementar aditivos dado que por ejemplo el solo uso del Terrasil encarecería la solución, en el cuadro mostramos la solución técnico-económica aplicada para 1 M3 de muestra.

Tabla 14 *Dosificaciones para Terrasil*

Muestra 0,75lt/m³ - Terrasil + 0,50% - Cemento					
	Capacidad de Soporte (CBR)		16,9000	%	
ITEM	Presentación Comercial	Unidad	Precio (PEN)	Presentación	Unidad
1	Costo cemento	Bolsa	25	42,5	kg
2	Terrasil	Envase	120	20	kg
	Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub Total (PEN)
1	cemento	1,0500	kg	0,5882	0,6176
2	terrasil	0,0125	kg	6,0000	0,0749
	PRESUPUESTO DE MUESTRA (PEN)				0,6925
	CANTIDAD DE MUESTRA (m³)				0,0350
	CANTIDAD DE MUESTRA (m)				0,0292
	Costo Unitario (PEN/m³)				19,7865
	Costo Unitario (PEN/m)				23,7438

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

VII. RECOMENDACIONES

1. Recomiendo que se debería de seguir investigando en lo que respecta al tema de estabilización química optimizada , en este caso buscar más información de la aplicación de aditivo Terrasil con diferentes dosificaciones, con las que se pueda llegar a mejorar el índice de plasticidad, el CBR, y otras propiedades del suelo, con los resultados obtenidos se ayudara a sumar conocimientos para futuras investigaciones y también ayudara a las empresas como aporte dado que ayudaran a mejorar los suelos que se encuentran en distintas condiciones.
2. Se recomienda edificar el Módulo de Resiliente a partir de ensayos in situ de tal manera de estimar el módulo resiliente del tramo construido a partir de difractómetros estático o dinámicos.
3. Realizar un adecuado empleo del aditivo Terrasil, ya que debe tomarse en cuenta todo lo especificado por el fabricante en la ficha técnica, así como las cantidades consideradas, almacenamiento, entre otros.
4. Efectuar un estudio económico adecuado, puesto que los procedimientos de estabilización de suelos deberían de ser menos costoso posible, que utilizar suelos de buena calidad con alto costo de transporte.

REFERENCIAS

A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques . **AFRIN, Habiba. 2017.** 2, Rajshahi : SCIENCEPG, 2017, Vol. 3. 20170302.12.

A. , Azilah, et al. 2018. *Assessment of the stabilization of heavy metal contaminants in soils using chemical leaching and an earthworm bioassay.* . C.N. Environ Geochem Health, Korea : 2018.

BECOSAN. 2018. BECOSAN. [Online] 2018. [Cited: 03 2022, 25.] <https://www.becosan.com/es/que-es-el-cemento-en-la-construccion/>.

BILLONG, Ndigui, LUVET , F. and NJOPWOUO, D. 2004. *Properties of compressed lateritic soil stabilized with a burnt clay–lime binder: Effect of mixture components.* s.l. : ELSEVIER, 2004. Vol. 26. 23: 2457-2460, 2009.

CAJALEON Salas, Omar Christian and MONDRAGON Diaz, Darwin Yonander. 2018. *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para subrasante en el KM+17 Pimpingos, Choros 2018.* Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2018.

CARRASCO Mejia, Danny Alessandro. 2017. *Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa - 2017.* Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote : 2017.

CASTILLO Cerna, Carmen Margarita. 2005. *Selección y Calibración de Indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa. 2005.* Universidad Nacional Agrara, Managua : 2005.

Cement Types, Composition, Uses and Advantages of Nanocement, Environmental Impact on Cement Production, and Possible Solutions. **S. P., Dunuweera and R. M. , Rajapakse. 2018.** 11, Paradeniya : University of Paradeniya, 2018, Vol. 2018. 4158682.

CEMEX. 2020. CEMEX. [Online] 2020. [Cited: 03 2022, 25.]
<https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>.

CRISTÓBAL Calderón, Miguel Ángel. 2015. *Estabilización iónica de suelos con terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 2015.

DE LA FUENTE Lavallo, Eduardo. 2013. *Suelo - Cemento Sus usos, propiedades y aplicaciones*. México : M. en A. Soledad Moiné Venanzi, 2013. 968-464-018-8.

Different Soil Stabilization Techniques. **NASIR Khan, Abdullah, et al. 2020.** 9s, Mansoor : International Journal of Avanced Science and Technology, 2020, Vol. 29. 7778-7791.

Dirección General de Programación Multianual de Inversiones - DGPMI. 2020. Programa Multianual de Inversiones del Estado PMIE 2020 - 2022. Lima : Ministerio de Economía y Finanzas, 2020.

DUQUE Saldarriaga, Jennifer, VÁSQUEZ Cadena, Brayan Stiven and ORREGO Cardoza, José Fernando. 2019. *Mejoramiento de la Subrasante en vías de tercer orden*. Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira : 2019.

Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión alcalinamente (revisión)). **F. Rivera, Jhonatan, et al. 2020.** 2, Colombia : Universidad del Valle, 2020, Vol. 84. 2256-5035.

Estimation of Soil permeability. **AMR F., Elhakim. 2016.** Giza : Alexandria Engineering Journal, 2016. 2631-2638.

FERNÁNDEZ Aller, Rafael, et al. 2008. *Manual de Estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid : Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), 2008. 978-84-89702-23-3.

GARCIA Toro, Jonatan Rodrigo. 2019. *Estudio de la Técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de Caolín*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá : 2019.

GARNICA Anguas, Paul, et al. 2002. *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para uso en las vías terrestres.* Sanfandila : SCT Instituto Mexicano el Transporte, 2002. 0188-7297.

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

HIDALGO Ramírez, Fernando and SAAVEDRA Salazar, José Antonio. 2020. *Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín .* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima : 2020.

IAMSA. 2019. Grupo IAMSA Impermeabilización y Aditivos. [Online] IAMSA, 2019. [Cited: 03 2022, 21.] <https://iamsacv.com/que-es-impermeabilizacion-tipos-de-impermeabilizacion/>.

Industrialización de la Construcción. **AVARIA R., Patricia. 2018.** 120, Chile : BIT, 2018, Vol. 1.

Instituto Mexicano del Transporte. 2021. *Módulos de Resiliencia en Suelos Finos y Materiales Granulares.* Sanfandila : Instituto Mexicano del Transporte, 2021.

JUÁREZ Badilio, Eulalio and RICO Rodríguez, Alfonso. 1973. *Mecánica de suelos.* México : LIMUSA, 1973.

MAKUSA, Gregory Paul. 2012. *Soil Stabilization Methods and Materials.* Luleå : Luleå University of Technology, 2012.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG - 2014.* Lima : MTC, 2014.

MONTEJO Fonseca, Alfonso. 2002. *Ingeniería de Pavimentos para carreteras.* Bogotá : ©2002 Alfonso Montejó Fonseca, 2002. 958-96036-2-9.

MTC. 2014. *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

—. **2008.** *Manual para el diseño e carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.

—. **2004.** *MTC E 1109 –2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos Dirección General de caminos y ferrocarriles DGC Y-PERÚ.* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2004.

OPTIMASOIL. 2020. OPTIMASOIL. [Online] 2020. [Cited: 03 2022, 25.] <https://www.optimasoil.com/terrasil/>.

PÉREZ Valcárcel, Juan. 2008. *Conceptos Generales de la Mecánica del Suelo.* E.T.S.A. de la Coruña, La Coruña : 2008.

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

Reactions Accompanying Stabilization of Clay with Cement. **HERZOG A. and MITCHELL K. 1963.** 36, Berkeley : Academia Nacional de Ciencias, 1963, Vol. 1.

Reporte Global de Competitividad 2019 - Datos clave del sector de la Infraestructura. Financual Advisory - Infraestructura & Capital Projects (I&CP) Centroamérica. **2019.** 1, México : Deloitte, 2019, Vol. 1.

REQUEJO Carrillo, Ricargo Sahir. 2020. *Estabilización de suelos arenosos utilizando Oryza sativa (arroz), Pueblo Joven las Dunas - Lambayeque - Perú 2019.* Universidad Señor de Sipán, Pimentel : 2020.

RODRIGUEZ Vincés, Diego Israel. 2016. *Análisis Comparativo de la compactación y Humedad de la Subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía Ecológica del Cantón Quevedo, provincia de Iso Ríos.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato : 2016.

ROJAS Quintero, Laura Marcela. 2014. *Evaluación del Módulo Resiliente y Deformación Permanente en Material Arcillosos con presencia de material friccional.* Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá : 2014.

SALAS Mercado, Dante. 2017. *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.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez, Puno : 2017.

SÁNCHEZ Albán, María Angélica. 2014. *Estabilización de Suelos Expansivos con Cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito : 2014.

SINGH, Deepesh. 2016. *Use of Locally Available Materials and Soil Stabilisation Technique.* Technological Institute, Kanpur : 2016.

SNIP. 2015. *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.* Lima : Ministerio de Economía y Finanzas, 2015.

SOPREMA. 2019. SOPREMA. [Online] 2019. [Cited: 03 2022, 22.] <https://www.soprema.es/es/article/noticias/impermeabilizacion-y-aislamiento-se-trata-de-lo-mismo>.

Stabilization of Subgrade soil using sand, cement and terrasil chemical as an Additive. **SUFIYAN Ali, Mohammed, et al. 2019.** 05, Karnataka : IRJET, 2019, Vol. 06. 2395-0072.

Stabilizing Lateritic Soil Using Terrasil Solution. **ADERINOLA, Olumuyiwa S. and EMEKA S., Nnochiri. 2017.** 11, Nigeria : DE GRUYTER OPEN, 2017, Vol. 12. 2017-0002.

STANUIKYNAS , Tom J. and VAN Abs, Daniel J. 2000. *Imperious Surface Methodology. A methodology for defining and assessing impervious surfaces in the Raritan river basin.* New Jersey : Water Supply Authority, 2000.

TERRASIL. 2015. *FICHA TÉCNICA TERRASIL.* TERRASIL, s.l. : 2015.

The Composition of Soils and Sediments. **D. Kalev, Stefan and S. Toor, Gurpal. 2017.** 1, Florida : University of Maryland, 2017, Vol. 1. 10.1016/B978-0-12-809270-5.00014-5.

TURNER A., Keith and L. Schuster, Robert. 1996. *Landslides Investigation and Mitigation.* Washington : National Academy of Sciences, 1996. 0-309-06151-2.

UNACEM. 2012. UNACEM. [Online] 2012. [Cited: 03 2022, 25.] <https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Ficha-Andino-Premium.pdf>.

Utilization of Soil Stabilizaion with Cement and Copper Slag as Subgrade Materials in Road Embankment Construction. **SHAHIRI, Jaber and GHASEMI, Mojtaba. 2017.** 1, Kerman : IJTE, 2017, Vol. 5.

VENTURA Martel, Cairo Venjamin and ALARCÓN Mestanza, Adilio Luis. 2018. *Suelos arcillosos mejorados con Cemento y Aditivo Con-Aid, para la estabilización de la subrasante, camino vecinal Ruta PA-701, Pasco, 2018.* Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2018.

VILCAS Carrasco, Jesús Miguel. 2018. *Planteamiento del Mejoramiento del Suelo empleando relleno fluido para la construcción de los edificios multifamiliares e la obra casa club recreo "Los Ángeles", distrito del Agustino, Lima.* Unversidad Nacional Federico Villarreal, Lima : 2018.

Volumetric Swell and Shrinkage Movements of Stabilized Expansive Soils.

PUPPALA, A. J. and PUNTHUTAECHEA, K. 2003. Texas : s.n., 2003.

YEPES PIQUERAS, Victor. 2018. POLIBLOGS. [Online] 2018. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable 1: Mejoramiento de suelo de Substrato	<p>Consiste en la modificación de una o varias características del suelo a partir de su condición natural. Se puede desarrollar temporalmente para permitir la construcción de una obra o puede ser una solución permanente que abarca el todo el suelo o un compartimiento y la estabilidad mecánica en una obra. Entre las propiedades a caracterizar del terreno que comúnmente se desea mejorar están: la rigidez, resistencia, velocidad de consolidación, asentamiento sísmica, reducción de hinchamiento, reducción de calor y permeabilidad, entre otras. (SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS, 2016)</p>	<p>Para un mejoramiento de suelo de substrato se realiza un base alar en un lugar realizado en laboratorio como en la granulometría, límite de consistencia, proctor modificada, CBR y abarcación, para así tener los datos del suelo en la aplicación de aditivos que mejoran sus propiedades naturales</p>	Resistencia	Modulo de resiliencia	
				Densidad	g/cm ³
				CBR	%
				Límite de Consistencia	%
				Abarcación	%
Variable 2: Estabilización Químico	<p>Consiste en la adición de otros materiales a producir químicos al suelo, que modifican sus propiedades, y así por una reacción físico-química, a mediante la creación de una matriz que aglomera las partículas del suelo (Bahar; Bonazzavq; Kanai, 2004; Billanq; Mala; Leuvot; Njapuvua, 2009).</p>	<p>Para estudiar el compartimiento mediante la aplicación del aditivo y como se construye necesario la darificación correspondiente basados en antecedentes y fichas técnicas.</p>	Darificación de Terrazil	0.75lt/m ³	%
				0.50lt/m ³	%
				0.30lt/m ³	%
			Darificación de Comenta	0.50%	%
				2.00%	%
				4%	%
					%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título: Mejoramiento de la Rigidez de los Suelos de Subrasante mediante Estabilización Química Optimizada de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, Apurímac, 2021						
Autores: Joseli Ortiz Marycarman - Villanueva Alhuy Vicky Anais						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Independiente:			
La carretera Andahuaylas - Chaccamarca ubicada en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, presenta suelos débiles en la subrasante, clasificados según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH), los cuales provocan fallas y deformaciones en la vía, afectando la transitabilidad de los vehículos que recorren esta carretera. ¿Mediante que procedimientos se podría mejorar la capacidad de resistencia de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca?	Mejorar la condición actual y la rigidez de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, empleando procesos de estabilización química.	Una forma de mejorar la rigidez y condición actual de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, sería mediante un procedimiento de estabilización química.	Estabilización química	Dosificación Terrazil	0.75lt/m ³	tamices de granulometría
					0.50lt/m ³	Balanza
					0.30lt/m ³	Briquetas
				Dosificación Cemento	0.50%	cuchara de casa grande
					2.00%	moldes de Proctor y CBR
4%						
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Depediate			
Dado que los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca son del tipo arcillosos, la resistencia de la subrasante expresada en términos de CBR, es limitada, no alcanzando los valores mínimos requeridos por la metodología AASHTO 33 y el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). ¿De que forma se podría incrementar la resistencia de los suelos de subrasante arcillosos de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca?	Incrementar la resistencia de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, mediante la estabilización química, evaluando la evolución del parámetro denominado CBR.	Una forma de incrementar el CBR de los suelos de subrasante de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca sería mediante la adición de estabilizadores químicos.	Mejoramiento de Subrasante	Resistencia	modulo de resiliente	ASSTHO 307-99
Dado que la carretera Andahuaylas - Chaccamarca se encuentra en la región andina, existen periodos cíclicos de lluvias anuales, que provocan una condición crítica en la capa superficial, provocando deformaciones, hundimientos, y abuellamientos. ¿De que manera se podría impermeabilizar la capa superficial de la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, evitando la condición crítica que se tiene en épocas de lluvias o periodo de avenidas?	Impermeabilizar los suelos de la subrasante de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, con la finalidad de proteger la vía ante las constantes precipitaciones pluviales en épocas de avenidas, y los problemas derivados de la presencia de la misma	Una manera de impermeabilizar y reducir la plasticidad de los suelos de la subrasante de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca, sería empleando aditivos hidrofobos, que sean capaces de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y evitar la absorción de humedad.			Densidad	MTC E 115, AASHTO T 180, ASTM D 1557
					CBR	MTC E 132, AASHTO T 193, ASTM D 1883
					límites de consistencia	(ASTMD4318)
Todo proceso de estabilización de suelos de subrasante con aditivos comerciales eleva el costo de la construcción de la carretera, particularmente en la carretera Andahuaylas- Chaccamarca, donde el suelo predominante arcilloso se presenta en toda su longitud. ¿Que alternativas de combinación de aditivos estabilizadores permitirían optimizar costos en la construcción de carreteras?	Optimizar costos en la estabilización de suelos, mediante la combinación de agentes estabilizadores.	Una alternativa para optimizar costos en la estabilización de suelos sería considerando un agente complementario al estabilizador químico denominado Terrazil, lo cual permita encontrar una dosificación que garantice una solución técnico-económica.			Aborción	UNE-NE-13755-2002

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: instrumentos de recolección de datos



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): Guido Farfán Quispitupa

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EP de Ingeniería Civil de la UCV, en la sede de Lima Norte, promoción 2021, aula 054-T, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Mejoramiento de la Rigidez de los Suelos de Subrasante mediante Estabilización Química Optimizada, de la carretera Andahuaylas – Chaccamarca, Apurímac, 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Apellidos y Nombres de los Autores	Firmas
Joseli Ortiz, Marycarmen Villanueva Alhuay, Vicky Anais	
DNI: 70665825	
DNI: 73320239	
ORCID: 0000-0001-7606-2740 ORCID: 0000-0002-4252-8773	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: instrumentos de recolección de datos



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable 1: Mejoramiento de Suelo de Subrasante

consiste en la modificación de una o varias características del suelo a partir de su condición natural. Se puede desarrollar temporalmente para permitir la construcción de una obra o puede ser una solución permanente que aborda el adecuado comportamiento y/o estabilidad mecánica en una obra. Entre las propiedades o características del terreno que comúnmente se desean mejorar están: la rigidez, resistencia, velocidad de consolidación, asentamiento sísmico, reducción de hinchamiento, reducción de colapso y permeabilidad, entre otras. (SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS, 2018)

Variable 2: Estabilización Química.

Consiste en la adición de otros materiales o productos químicos al suelo, que modifican sus propiedades, ya sea por una reacción fisicoquímica, o mediante la creación de una matriz que aglomere las partículas del suelo (Bahar; Benazzoug; Kenai, 2004; Billong; Melo; Louvet; Njopwouo, 2009).

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1: Resistencia

Puede definirse como la resistencia a los esfuerzos de corte y una tendencia consecuente a la deformación por corte. (RICO Rodríguez, y otros, 2006 pág. 217).

Dimensión 2: Dosificación Terrasil

Se aplica en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua óptima para que alcance la densidad máxima. A continuación, vemos que en la dosificación mezclada estas son recomendadas, pero la solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, que se evalúa el coste-beneficio en cada proyecto. (FICHA TECNICA TERRASIL, 2015)

Dimensión 3: Dosificación Cemento

se debe de dosificar según la resistencia deseada siempre respetando la relación de agua/cemento con el fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad, entre otros. También se tiene que realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final. (FICHA TECNICA UNACEM, 2012)

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: instrumentos de recolección de datos

ESQUEMA DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Mejoramiento de Suelo Estabilizante	Resistencia	Modulo Resiliente	
Estabilización Química	Dosificación Terrasil	Absorción, CBR, Plasticidad (LL, LP, IP), Densidad	%
	Dosificación Cemento		

Elaboración propia.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Certificado de Validez de Instrumento de Medición

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES/DIMENSIONES/INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Mejoramiento del Suelo de Subrasante					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1							
1	Resistencia					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	VARIABLE DEPENDIENTE:							
	Estabilización Química					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1:							
5	Dosificación Terrasil			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2							
7	Dosificación Cemento			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Ing. Guido Farfán Quispitupa

DNI: 23976307

Especialidad del validador: _____

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Marzo del 2022



Firma del Experto Informante.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Certificado de Validez de Instrumento de Medición



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Nº	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
	Mejoramiento del Suelo de Subrasante							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
1	Resistencia							
	VARIABLE DEPENDIENTE;	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
	Estabilización Química							
	DIMENSIÓN 1:	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
5	Dosificación Terrasil							
	DIMENSIÓN 2	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
7	Dosificación Cemento							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Ing. Yuri Elmer Taípe Mesares

DNI: 72 87 2428

Especialidad del validador: Ing. Civil

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Marzo del 2022



Ing. Elmer Yuri Taípe Mesares
INGENIERO CIVIL
Firma del Experto Informante.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Certificado de Validez de Instrumento de Medición



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Mejoramiento del Suelo de Subrasante					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	Resistencia							
	VARIABLE DEPENDIENTE;					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Estabilización Química							
	DIMENSIÓN 1:					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Dosificación Terrasil			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 2					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Dosificación Cemento			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Ing. Edwin Miranda Palomino

DNI: 40420470

Especialidad del validador: _____

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Marzo del 2022

Firma del Experto Informante.

Anexo 9: Carretera CP. Chaccamarca km 0+000



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Carretera CP. Chaccamarca km 0+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Carretera CP. Chaccamarca km 4+000



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12: Carretera CP. Chaccamarca km 4+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13: Carretera CP. Chaccamarca km 5+000



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Calicata 01 km 2+000



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Calicata 02 km 2+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Calicata 02 km 2+500



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Muestras de las 03 calicatas



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18: Proceso de secado de muestra



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19: Ensayo de Granulometría



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Ensayo de Granulometría



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21: Ensayo Proctor Modificado



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22: Ensayo Proctor Modificado



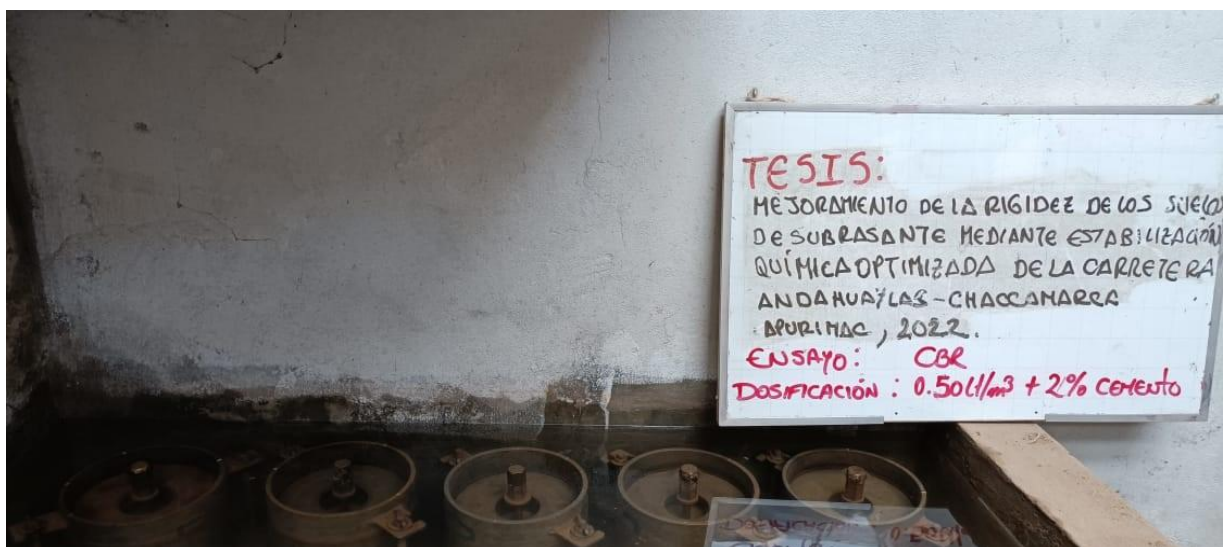
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 23: Ensayo CBR



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 24: Ensayo CBR



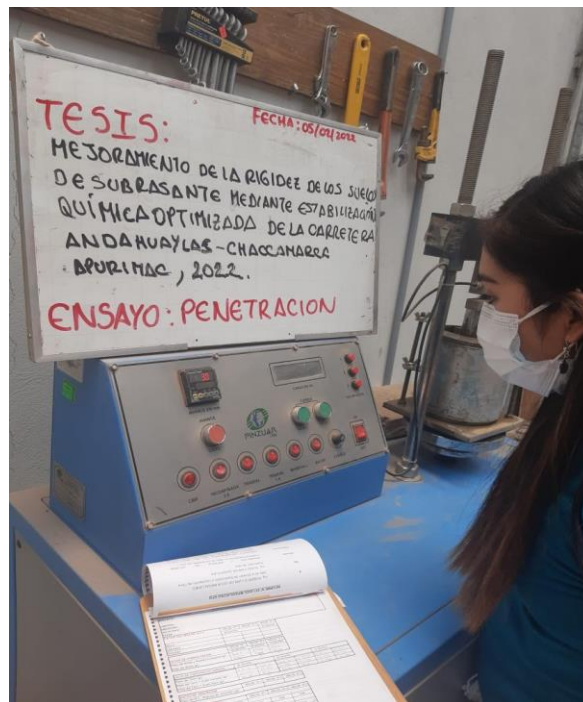
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 25: Ensayo CBR - Penetración



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 26: Ensayo CBR - Penetración



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 27: Ensayo Absorción - dosificaciones



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 28: Ensayo Absorción



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 29: Análisis granulométrico por tamizado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107- 2000

PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACCAMARCA APURIMAC, 2022

MUESTRA: CBR SUELO NATURAL
PROF. : -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS
-
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA : MARZO

TAMÑO DE TAMIZES		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)	(%)
4"	101.60	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.76	1.00	0.09	99.91
Nº 10	2.00	6.00	0.51	99.49
Nº 40	0.43	21.00	1.79	97.62
Nº 100	0.14	30.00	2.55	95.06
Nº 200	0.07	9.00	0.77	94.30
CAZUELA		1,106.00	94.30	0.00
TOTAL :		1,175.00	100	



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS		DATOS PARA CLASIFICACION		
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº 4	99.91
	GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº 10	99.40
	GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo	PASA Nº 40	97.62
	GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	PASA Nº 200	94.30
SUELO DE GRANO MEDIO, MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA Nº 60	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	RETIENE Nº 4	0.09
	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10	0.008
	SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo	D30	0.02
	SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla	D60	0.05
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	ML	Limos Inorgánicos, polvo de roca, limo arenoso, e arcillosos ligeramente plásticos	Cu	6.00
	CL	Arcillos Inorgánicos de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas arena-arcillosas	Cc	1.500
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LL	55.7%
	MH	Limos Inorgánicos, Limos silíceos, o bentoníticos, Limos alúminos	LP	27.7%
SUELO DE GRANO FINO, MENOS DEL 50% PASA LA MALLA Nº 200	CH	Arcillos Inorgánicos de alta plasticidad	IP	28.0%
	OH	Arcillos Orgánicos de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad	CLASIFICACION	
Altamente Orgánico	PI	Turfa y otros suelos altamente orgánicos	ASHTO	A-7-6
			SUCS	CH



Ing. Felipe Wilson Pineda
INGENIERO CIVIL
CIP. 77117



Ing. Geilda Ferlin Quispe
GEOLOGA
CIP. 78018

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 30: Contenido de Humedad



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACIÓN QUÍMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCOMARCA APURIMAC-2022

MUESTRA:

-

PROF. :

-

UBICACIÓN:

ANDAHUAYLAS-APURIMAC

SOLICITADO:

MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY

FECHA :

01/03/2022

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	13.46	13.52	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	43.82	39.58	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	42.26	37.50	
Peso del Agua gr.	1.56	2.08	
Peso de Suelo Seca gr.	28.80	23.98	
Porcentaje de Humedad %	5.42	8.67	7.05

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 7.05



[Signature]
 Edwin Miranda Palomares
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317



INGEOLAB S.R.L.
[Signature]
 Lita Gálvez Farfán-Quespitup
 C. 78016
 GALLETAS Y P.

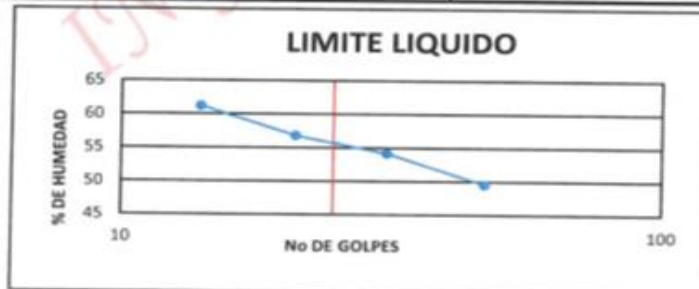
Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 31: Límites de Consistencia



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.
 Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318					
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACCAMARCA APURIMAC, 2022					
MUESTRA: CBR SUELO NATURAL					
PROF. : -					
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS					
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY					
FECHA : MARZO					
LIMITE LIQUIDO				OBSERVACIONES:	
Muestra N°	4	3	2		1
Peso de la capsula	13.44	14.36	14.76		14.54
Peso capsula + suelo humedo	29.08	28.94	27.52		28.98
Peso capsula + suelo seco	23.90	23.82	22.90		23.50
Número de golpes	47	31	21		14
Peso suelo seco	10.46	9.46	8.14		8.96
Peso agua	5.18	5.12	4.62		5.48
% humedad	49.5	54.1	56.8	61.2	
LIMITE PLASTICO				RESULTADOS	
Muestra	1	2	3		
Peso de la capsula	13.20	13.36	12.58		
Peso capsula + suelo humedo	25.46	25.34	25.10		
Peso capsula + suelo seco	22.80	22.74	22.38		
Peso suelo seco	9.60	9.38	9.80		
Peso agua	2.66	2.60	2.72		
% humedad	27.7	27.7	27.8		
				LIMITE LIQUIDO <input type="text" value="55.7"/>	
				LIMITE PLASTICO <input type="text" value="27.7"/>	
				INDICE PLASTICO <input type="text" value="28.0"/>	




 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317

 **INGEOLAB S.R.L.**
 Ing. Guido Furlan Quispitupa
 CIP. 77317

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 32: Compactación PROCTOR Modificado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115 - 2000

PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACCOMARCA APURIMAC, 2022

MUESTRA: CBR SUELO NATURAL
PROF.: -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA: MARZO

Peso del Molde (gr.) :	2.950.00	Golpes por capa:	56.00							
Diametro del molde (Cm) :	15.20	Altura (Cm) :	11.60	Volumen (c.c.) :	2105					
MOLDE No	1	2	3	4	5					
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6025	6295	6590	6510	6400					
Peso del Molde (gr)	2950	2950	2950	2950	2950					
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3075	3345	3640	3560	3450					
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105					
Densidad Humeda (Tn/m ³)	1.46	1.59	1.73	1.69	1.64					
CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	22.60	24.26	23.74	23.88	23.50	23.30	23.54	23.48	23.18	23.50
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	72.60	78.40	70.60	80.24	66.06	63.46	62.96	62.86	63.48	61.00
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	68.40	73.86	65.48	74.08	60.32	58.04	56.80	56.70	56.38	54.39
Peso Suelo Humedo (gr)	4.20	4.54	5.12	6.16	5.74	5.42	6.16	6.16	7.10	6.61
Peso Suelo Seco (gr)	45.80	49.60	41.74	50.20	36.82	34.74	33.26	33.22	33.20	30.89
Contenido de Humedad (w)	9.17	9.15	12.27	12.27	15.59	15.60	18.52	18.54	21.39	21.41
Contenido de Humedad real	9.16		12.27		15.60		18.53		21.40	
Densidad Seca (Tn/m ³)	1.34	1.42	1.50	1.43	1.35					
HUMEDAD OPTIMA (%) =		15.60								
DENSIDAD SECA MAXIMA (Mn/m³) =		1.50								



Ing. Guido Furlan Casapetro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77117

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 33: Valor Soporte de los Suelos



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000											
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACCOMARCA APURIMAC, 2022											
MUESTRA: CBR SUELO NATURAL											
PROF.: -											
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS											
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAS VILLANUEVA ALHJAY											
FECHA: MARZO											
DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.50	Peso del martillo	10 lbs								
Humedad Optima	15.60%	Altura del martillo	18 pulg								
Humedad Natural	7.05%	Número de Capas	5 capas								
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Altura	11.70	11.70	11.70								
Diámetro	15.20	15.20	15.20								
Volumen	2123.10	2123.10	2123.10								
DATOS DE COMPACTACION											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.200	8.040	7.720								
Peso del Molde (gr)	4.527	4.558	4.454								
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3.673	3.482	3.266								
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.73	1.64	1.54								
Densidad Seca (gr/cm3)	1.50	1.42	1.33								
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	11.36	23.36	23.02	22.88	22.56	22.68					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	48.50	52.00	47.94	47.90	58.50	55.42					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	43.50	46.14	44.60	44.50	53.70	51.00					
Peso del Agua (gr)	5.00	3.86	3.34	3.40	4.80	4.42					
Peso del Suelo Seco (gr)	32.14	24.78	21.58	21.62	31.14	28.32					
Contenido de Humedad	15.6%	15.6%	15.5%	15.7%	15.4%	15.6%					
Contenido de Humedad Promedio	15.6%		15.6%		15.5%						
DATOS DE ABSORCION											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	8.540	8.475	8.230								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.200	8.040	7.720								
Porcentaje de Absorción	9.26%	12.49%	15.62%								
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION 0.001											
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSIC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
01/02/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
02/02/2022	11.00	24 horas	200	0.200	4.34%	300	0.300	6.51%	400	0.400	8.68%
03/02/2022	11.00	48 horas	300	0.300	6.51%	460	0.460	9.99%	560	0.560	12.16%
04/02/2022	11.00	72 horas	460	0.460	9.99%	500	0.500	10.85%	600	0.600	13.03%
05/02/2022	11.00	96 horas	480	0.480	10.42%	520	0.520	11.29%	640	0.640	13.89%
ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 0.233"DIV+1.03											
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
	(mm)	(pulg)									
0.5 min	0.64	0.025	24.00	57	19	18	43	14	14	34	11
1.0 min	1.27	0.050	45.00	106	35	39	92	31	35	83	28
1.5 min	1.91	0.075	58.00	136	45	52	122	41	48	113	38
2.0 min	2.54	0.100	65.00	152	51	59	139	46	55	129	43
4.0 min	5.08	0.200	76.00	178	59	70	164	55	66	155	52
6.0 min	7.62	0.300	80.00	187	62	74	173	58	70	164	55
8.0 min	10.16	0.400	86.00	201	67	80	187	62	76	178	59
10.0 min	12.70	0.500	94.00	220	73	88	206	69	84	197	66



Edwin Miranda Palomares
INGENIERO CIVIL
CIP. 77317



Ing. Guido Parfian Quispitipe
CIP. 7605
LABORANTE

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 34: Gráficos CBR



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAFICOS CBR

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACAMARCA APURIMAC, 2022

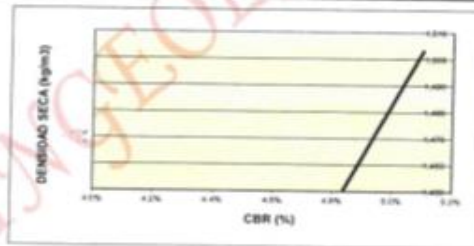
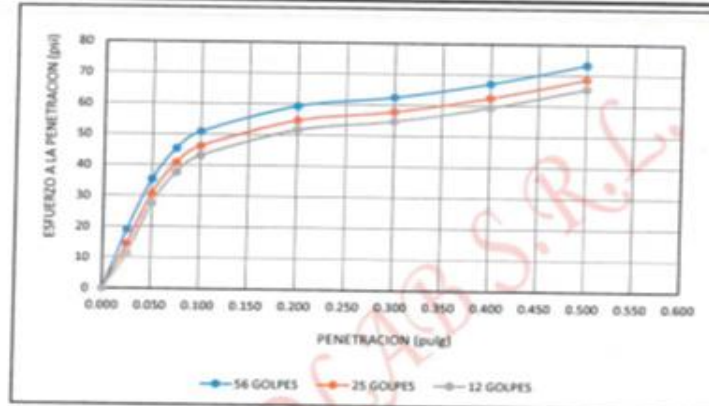
MUESTRA: CBR SUELO NATURAL

PROF.: -

UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS

SOLICITADO: MARICARMEN JOSELY ORTIZ-ANAS VILLANUEVA ALHJAY

FECHA: MARZO



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³) =	1.50	CBR AL 95% DE MDS =	4.7%
HUMEDAD OPTIMA (%) =	15.60%	CBR AL 100% DE MDS =	5.1%

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLFES	10.42%	9.26%
25 GOLFES	11.29%	12.49%
12 GOLFES	13.89%	15.62%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
 CBR (0.1") / CBR (0.2") = 1.28

OBSERVACION: CONFORME

V"B*

LABORATORISTA:



[Signature]
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317



[Signature]
 Ing. Guido Farián Córdova
 CIP. 20018
 SRE-A-6-1-1-E

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 35: Análisis granulométrico por Tamizado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107- 2000

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCOMARCA APURIMAC-2022

MUESTRA: -
PROF. : -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA : 2022/08/08

TAMAÑO DE TAMIZES	(mm.)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% QUE PASA (%)
4"	101.60	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.76	1.00	0.09	99.91
Nº 10	2.00	6.00	0.51	99.49
Nº 40	0.43	21.00	1.79	97.62
Nº 100	0.14	30.00	2.55	95.06
Nº 200	0.07	9.00	0.77	94.30
CAZUELA		1,108.00	94.30	0.00
TOTAL :		1,175.00	100	



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS		DATOS PARA CLASIFICACION		
SUELO DE GRANO GRUESO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº 4 99.91	
	GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº10 99.40	
	GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo	PASA Nº40 97.62	
	GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	PASA Nº200 94.30	
	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	RETIENE Nº4 0.09	
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº200	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10 0.008	
	SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo	D30 0.02	
	SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla	D60 0.05	
	ML	Limo Inorgánicos, polvo de roca, limo arenosos, o arcillosos ligeramente plásticos	Cu 6.00	
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas arena-limosas.	Cc 1.500	
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº200	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LL 43.7%	
	MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diamantizados, Limos atácticos	LP 31.2%	
	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	IP 12.5%	
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad	CLASIFICACION	
	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	ASSTHO A-7-5	SUCS ML

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

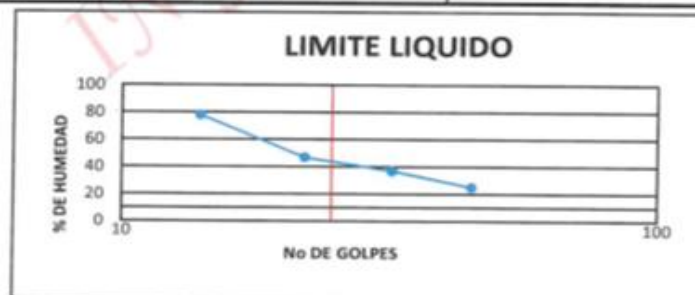
Anexo 36: Ensayo de Límites de Consistencia



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318					
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACAMARCA APURIMAC-2022					
MUESTRA: -					
PROF. : -					
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC					
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY					
FECHA : 01/03/2022					
LIMITE LIQUIDO				OBSERVACIONES: 	
Muestra N°	4	3	2		1
Peso de la capsula	12.60	12.34	12.60		12.68
Peso capsula + suelo humedo	28.84	30.02	26.80		26.80
Peso capsula + suelo seco	25.60	25.26	22.28		20.62
Numero de golpes	45	32	22		14
Peso suelo seco	13.00	12.92	9.68		7.94
Peso agua	3.24	4.76	4.52		6.18
% humedad	24.9	36.8	46.7		77.8
LIMITE PLASTICO					RESULTADOS LIMITE LIQUIDO <input type="text" value="43.7"/> LIMITE PLASTICO <input type="text" value="31.2"/> INDICE PLASTICO <input type="text" value="12.5"/>
Muestra	1	2	3		
Peso de la capsula	12.34	12.64	13.30		
Peso capsula + suelo humedo	22.40	25.20	26.00		
Peso capsula + suelo seco	20.00	22.22	22.98		
Peso suelo seco	7.66	9.58	9.68		
Peso agua	2.40	2.98	3.02		
% humedad	31.3	31.1	31.2		



Ing. Mirinda Polanco
INGENIERO CIVIL
C.P. 17317

INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guido Rojas
INGENIERO CIVIL
C.P. 17317

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 37: Ensayo de Compactación PROCTOR Modificado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.
 Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115 - 2000

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCOMARCA APURIMAC-2022

MUESTRA: -
PROF.: -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAS VILLANUEVA ALHUIJA
FECHA: 01/03/2022

Peso del Molde (gr.) :	2,950.00	Golpes por capa: 56.00								
Diametro del molde (Cm) :	15.20	Altura (Cm) : 11.60		Volumen (c.c.) : 2105						
MOLDE No	1	2	3	4	5					
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6020	6280	6850	6520	6380					
Peso del Molde (gr)	2950	2950	2950	2950	2950					
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3070	3330	3900	3570	3430					
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105					
Densidad Humeda (Tn/m ³)	1.46	1.58	1.85	1.70	1.63					
CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	14.54	14.74	14.36	13.46	13.74	13.96	13.68	13.92	15.18	12.86
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	48.02	47.56	48.22	49.48	44.54	44.82	49.76	49.78	49.36	49.02
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	45.20	44.80	44.52	45.54	40.38	40.66	44.12	44.16	43.32	42.64
Peso Suelo Humedo (gr)	2.82	2.76	3.70	3.94	4.16	4.16	5.64	5.62	6.04	6.38
Peso Suelo Seco (gr)	30.66	30.06	30.16	32.08	26.64	26.70	30.44	30.24	28.14	29.78
Contenido de Humedad (w)	9.20	9.18	12.27	12.28	15.62	15.58	18.53	18.58	21.46	21.42
Contenido de Humedad real	9.19		12.27		15.60		18.56		21.44	
Densidad Seca (Tn/m ³)	1.34		1.41		1.60		1.43		1.34	
HUMEDAD OPTIMA (%) = 15.60										
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m³) = 1.60										



[Signature]
 Ingeiero Civil
 CIP. 77117



[Signature]
 Ingeiero Civil
 CIP. 77117

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 38: Valor Soporte de los Suelos



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000												
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACAMARCA APURIMAC 2022												
MUESTRA: -												
PROF. : -												
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC												
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAS VILLANUEVA ALHUAY												
FECHA : 01/03/2022												
DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.60	Peso del martillo	10 lbs									
Humedad Optima	15.60%	Altura del martillo	18 pulg									
Humedad Natural	12.48%	Número de Capas	5 capas									
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3									
Altura	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Diámetro	11.70	11.70	11.70									
Volumen	15.20	15.20	15.20									
	2123.10	2123.10	2123.10									
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Peso del Molde (gr)	8.450	8.280	7.960									
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.527	4.558	4.454									
Densidad Humeda (gr/cm3)	3.923	3.722	3.506									
Densidad Seca (gr/cm3)	1.85	1.75	1.65									
	1.60	1.52	1.43									
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tamo (gr)	23.74	21.98	23.98	19.50	23.28	23.54						
Peso del Tamo + Suelo Humedo (gr)	46.00	49.94	51.10	40.76	39.70	53.26						
Peso del Tamo + Suelo Seco (gr)	43.00	46.16	47.44	37.86	37.46	49.24						
Peso del Agua (gr)	3.00	3.78	3.66	2.88	2.22	4.02						
Peso del Suelo Seco (gr)	19.26	24.18	23.48	18.38	14.20	25.70						
Contenido de Humedad	15.6%	15.6%	15.6%	15.7%	15.6%	15.6%						
Contenido de Humedad Promedio	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%						
DATOS DE ABSORCION												
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3									
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.530	8.385	8.105									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.450	8.280	7.960									
Porcentaje de Absorción	2.04%	2.82%	4.14%									
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION 0.001												
			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3			
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSIC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
01/02/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
02/02/2022	11.00	24 horas	160	0.160	3.47%	175	0.175	3.80%	120	0.120	2.61%	
03/02/2022	11.00	48 horas	240	0.240	5.21%	295	0.295	6.45%	280	0.280	6.08%	
04/02/2022	11.00	72 horas	280	0.280	6.08%	290	0.290	6.30%	380	0.380	8.25%	
05/02/2022	11.00	96 horas	320	0.320	6.95%	350	0.350	7.60%	470	0.470	10.20%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 0.233"DIV+1.03												
AREA PISTON 3.0 Pulg. Cuadradas			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3			
			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES			
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg.)		Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	60.00	141	47	40	94	31	25	59	20	
1.0 min	1.27	0.050	140.00	327	109	120	281	94	105	246	82	
1.5 min	1.91	0.075	210.00	490	163	190	444	148	175	409	136	
2.0 min	2.54	0.100	235.00	549	183	215	502	167	200	467	158	
4.0 min	5.08	0.200	320.00	747	249	300	700	233	285	665	222	
6.0 min	7.62	0.300	400.00	933	311	380	886	295	365	851	284	
8.0 min	10.16	0.400	460.00	1073	358	440	1026	342	425	991	330	
10.0 min	12.70	0.500	520.00	1213	404	500	1166	389	485	1131	377	



[Handwritten signature]
Ing. Gladys Fariña Quintanilla
INGENIERO CIVIL
CIP. 77317



[Handwritten signature]
Ing. Gladys Fariña Quintanilla
CIP. 77317

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 39: Gráficos CBR



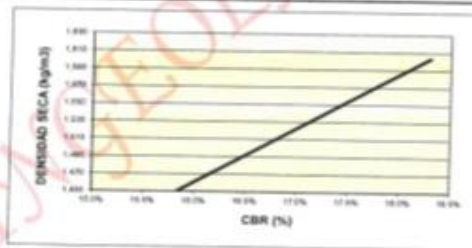
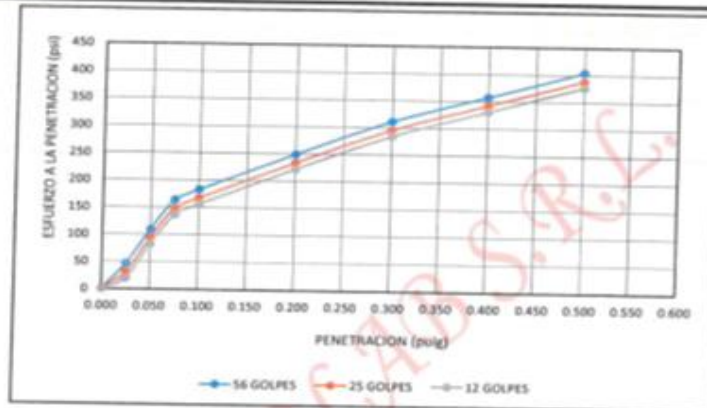
INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAFICOS CBR

PROYECTO:
MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUR RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACABARICA APURIMAC 2022

MUESTRA: -
PROF.: -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC
-
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA: 01/03/2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³) = **1.60** CBR AL 95% DE MDS = **16.9%**
HUMEDAD OPTIMA (%) = **15.60%** CBR AL 100% DE MDS = **18.3%**

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES	6.95%	2.04%
25 GOLPES	7.60%	2.82%
12 GOLPES	10.20%	4.14%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
CBR (0.1") / CBR (0.2") = **1.10**

OBSERVACION: **CONFORME**

V"B"

LABORATORISTA:



[Signature]
Ing. Guillermo Falcón
INGEOLAB S.R.L.
CIP. 77117



[Signature]
INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guillermo Falcón
CIP. 77117

Anexo 40: Análisis Granulométrico por Tamizado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107- 2000

PROYECTO:
 MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCAMARCA APURIMAC-2022

MUESTRA: -
PROF. : -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS
 -
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA : 2022/08/08

TAMAÑO DE TAMIZES (Pulg.)	(mm.)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% QUE PASA (%)
4"	101.60	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.10	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.76	1.00	0.09	99.91
Nº 10	2.00	6.00	0.51	99.40
Nº 40	0.43	21.00	1.79	97.62
Nº 100	0.14	30.00	2.55	95.06
Nº 200	0.07	9.00	0.77	94.30
CAZUELA		1,108.00	94.30	0.60
TOTAL :		1,175.00	100	



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS			DATOS PARA CLASIFICACION	
SUELO DE GRANO GRUESO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GW	Gravés bien graduados, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº 4	99.91
	GP	Gravés mal graduados, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA Nº10	99.40
	GM	Gravés Limosas, mezcla de grava, arena y limo	PASA Nº40	97.62
	GC	Gravés Arcillosos, mezcla de grava, arena y arcilla	PASA Nº200	94.30
SUELO DE GRANO MEDIO MAS DEL 25% RETENIDO EN LA MALLA Nº 60	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	RETIENE Nº4	0.09
	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10	0.008
	SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo	D30	0.02
	SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla	D60	0.05
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº200	ML	Limo Inorgánico, polvo de roca, limo arenoso, o arcillosos ligeramente plásticos	Cu	6.00
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas arena-limosas.	Cc	1.500
	OL	Limos Orgánicas y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LL	35.9%
	MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diamonizantes, Limos elásticos	LP	31.4%
Altamente Orgánico	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad.	IP	4.5%
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad	CLASIFICACION	
	PI	Turba y otros suelos altamente orgánicos	ASSTHO	A-4
			SUCS	ML

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 41: Límites de Consistencia



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc); Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

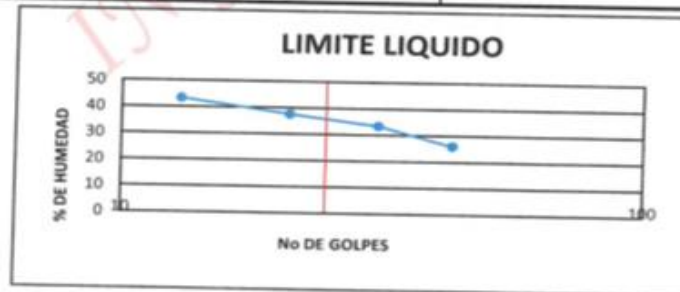
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCAMARCA APURIMAC-2022

MUESTRA: -
PROF.: -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS
SOLICITADO: MARCARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA: 01/03/2022

LIMITE LIQUIDO				
Muestra N°	4	3	2	1
Peso de la capsula	14.36	14.98	14.68	15.24
Peso capsula + suelo humedo	31.70	31.52	32.42	31.80
Peso capsula + suelo seco	28.12	27.38	27.58	26.80
Numero de golpes	43	31	21	13
Peso suelo seco	13.76	12.40	12.90	11.56
Peso agua	3.58	4.14	4.84	5.00
% humedad	26.0	33.4	37.5	43.3

LIMITE PLASTICO			
Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	12.34	12.64	13.30
Peso capsula + suelo humedo	22.40	25.20	26.00
Peso capsula + suelo seco	20.00	22.20	22.96
Peso suelo seco	7.66	9.56	9.66
Peso agua	2.40	3.00	3.04
% humedad	31.3	31.4	31.5

RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO	35.9
LIMITE PLASTICO	31.4
INDICE PLASTICO	4.5



[Signature]
MARCARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
INGENIERO CIVIL
CIP. 77117



[Signature]
INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.
Ing. Anais Villanueva Alhuay
CIP. 78818
GERENTE

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 42: Ensayo de Compactación PROCTOR Modificado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO					
MTC E 115 - 2000					
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCAMARCA APURIMAC-2022				
MUESTRA:	-				
PROF.:	-				
UBICACIÓN:	ANDAHUAYLAS				
SOLICITADO:	MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY				
FECHA:	01/03/2022				
Peso del Molde (gr.) :	2.950.00	Golpes por capa:		56.00	
Diametro del molde (Cm) :	15.20	Altura (Cm) :		11.60	
		Volumen (c.c.) 2105			
MOLDE No	1	2	3	4	5
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6620	6940	7240	7160	7020
Peso del Molde (gr)	2950	2950	2950	2950	2950
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3670	3990	4290	4210	4070
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad Humeda (Tn/m ³)	1.74	1.90	2.04	2.00	1.93
CAPSULA No	1	2	3	4	5
Peso de la Capsula (gr)	12.92	13.10	13.42	13.60	13.66
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	46.80	45.90	48.28	48.94	47.36
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	43.96	43.14	44.48	45.08	42.80
Peso Suelo Humedo (gr)	2.84	2.76	3.80	3.86	4.56
Peso Suelo Seco (gr)	31.04	30.04	31.06	31.48	29.20
Contenido de Humedad (w)	9.15	9.19	12.23	12.26	15.62
Contenido de Humedad real	9.17	12.25	15.61	18.54	21.41
Densidad Seca (Tn/m ³)	1.60	1.69	1.76	1.69	1.59
HUMEDAD OPTIMA (%) *	15.61				
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m ³) *	1.76				



[Signature]
INGENIERO CIVIL
C.P. 77317



INGEOLAB S.R.L.
[Signature]
ING. ENRIQUE LUIS GUERRA
C.P. 10016

Anexo 43: Valor Soporte de los Suelos



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservoirs, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000												
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACAMARCA APURIMAC-2022												
MUESTRA: -												
PROF.: -												
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS												
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELY ORTIZ-ANAS VILLANUEVA ALHJAY												
FECHA: 01/03/2022												
DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.76	Peso del martillo		10 lbs								
Humedad Optima	15.61%	Altura del martillo		18 pulg								
Humedad Natural	12.48%	Número de Capas		5 capas								
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3									
Altura	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Diametro	11.70	11.70	11.70									
Volumen	15.20	15.20	15.20									
	2123.10	2123.10	2123.10									
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Peso del Molde (gr)	8.280	8.200	7.850									
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3.965	4.070	3.960									
Densidad Humeda (gr/cm3)	4.325	4.130	3.890									
Densidad Seca (gr/cm3)	2.04	1.95	1.83									
	1.76	1.68	1.59									
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1	2	3	4	5	6						
Peso del Tarro (gr)	13.64	13.50	13.66	14.70	12.90	12.94						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	45.94	46.14	46.20	49.74	45.36	46.12						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	41.58	41.80	41.80	45.00	41.00	41.64						
Peso del Agua (gr)	4.36	4.34	4.40	4.74	4.36	4.48						
Peso del Suelo Seco (gr)	27.94	27.90	28.14	30.30	28.10	28.70						
Contenido de Humedad	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.5%	15.6%						
Contenido de Humedad Promedio	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%						
DATOS DE ABSORCION												
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3									
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.325	8.285	7.970									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.280	8.200	7.850									
Porcentaje de Absorción	1.04%	2.06%	3.06%									
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION 0.001												
			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3			
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSIC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
01/02/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
02/02/2022	11.00	24 horas	80	0.080	1.74%	100	0.100	2.17%	140	0.140	3.04%	
03/02/2022	11.00	48 horas	130	0.130	2.82%	160	0.160	3.47%	250	0.250	5.43%	
04/02/2022	11.00	72 horas	190	0.190	4.12%	220	0.220	4.78%	300	0.300	6.51%	
05/02/2022	11.00	96 horas	235	0.235	5.10%	280	0.280	6.08%	370	0.370	8.03%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO- 0.233"DIV+1.03												
AREA PISTON 3.0		Pulg. Cuadradas		MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
TIEMPO	PENETRACION			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	(mm)	(pulg)		Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
0.5 min	0.64	0.025		100	234	78	80	187	62	55	152	51
1.0 min	1.27	0.050		200	467	156	180	420	140	165	365	126
1.5 min	1.91	0.075		320	747	249	300	700	233	285	665	222
2.0 min	2.54	0.100		415	968	323	395	921	307	380	866	295
4.0 min	5.08	0.200		480	1119	373	460	1073	358	445	1038	346
6.0 min	7.62	0.300		510	1189	396	490	1143	381	475	1108	360
8.0 min	10.16	0.400		540	1259	420	520	1213	404	505	1178	393
10.0 min	12.70	0.500		560	1306	435	540	1259	420	525	1224	408

[Signature]
 Ing. Guillermo Cáceres Travesera
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317

[Signature]
 Ing. Guillermina Quispe
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 74014

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 44: Gráficos CBR

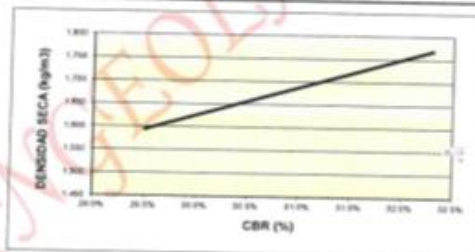
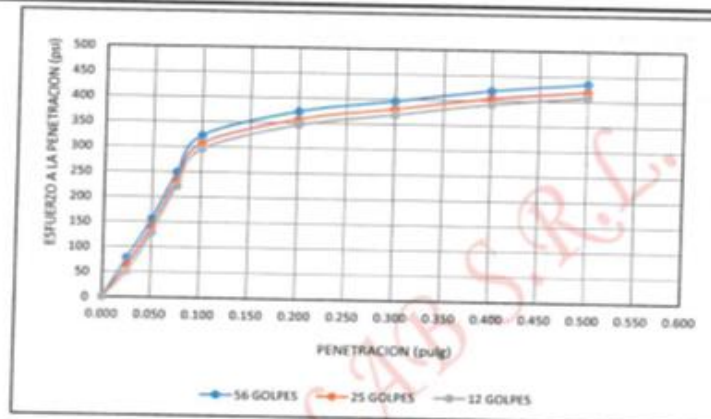


INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAFICOS CBR

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMAZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS CHACAMARCA APURIMAC 2022
MUESTRA: -
PROF.: -
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ ANAIS VILLANUEVA ALHUY
FECHA: 01/03/2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m³) =	1.76	CBR AL 95% DE MDS =	30.8%
HUMEDAD OPTIMA (%) =	15.61%	CBR AL 100% DE MDS =	32.3%

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLFES	5.10%	1.04%
25 GOLFES	6.08%	2.06%
12 GOLFES	8.03%	3.08%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
 CBR (0.1") / CBR (0.2") = **1.30**

OBSERVACION: **CONFORME**

V'B*

LABORATORISTA:



[Signature]
 Ing. Gerardo Furber
 INGENIERO P.E.
 CIP. 71117



[Signature]
 Ing. Gerardo Furber
 INGENIERO P.E.
 CIP. 71117

Anexo 45: Análisis Granulométrico por Tamizado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	
MTC E 107- 2000	
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA. CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCOMARCA APURIMAC-2022
MUESTRA:	-
PROF. :	-
UBICACIÓN:	ANDAHUAYLAS-APURIMAC
SOLICITADO:	MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY
FECHA :	44621

TAMAÑO DE TAMIZES	PESO	%	%
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)
4"	101.60	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00
1"	25.40	0.00	0.00
3/4"	19.10	0.00	0.00
1/2"	12.70	0.00	0.00
3/8"	9.52	0.00	0.00
N° 4	4.76	1.00	0.09
N° 10	2.00	6.00	0.51
N° 40	0.43	21.00	1.79
N° 100	0.14	30.00	2.55
N° 200	0.07	9.00	0.77
CAZUELA	1,108.00	94.30	0.00
TOTAL :	1,175.00	100	



ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000			DATOS PARA CLASIFICACION		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS			PASA N° 4	99.91	
SUELO DE GRANO GRUESO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SUELO Y VELEZ GRANOS MAS DE 0.075 mm SUELO Y VELEZ GRANOS MAS DE 0.075 mm SUELO Y VELEZ GRANOS MAS DE 0.075 mm	GW	Gravas bien graduadas - mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	PASA N°10	99.40
		GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASA N°40	97.62
		GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo	PASA N°200	94.30
		GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	RETIENE N°4	0.09
		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10	0.008
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N°200	SUELO Y VELEZ ARCILLAS (CL-ML) SUELO Y VELEZ ARCILLAS (CL-ML) SUELO Y VELEZ ARCILLAS (CL-ML)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D30	0.02
		SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo	D60	0.05
		SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Cu	6.00
		ML	Limo Inorgánico, polvo de roca, limo arenoso, o arcillosos ligeramente plásticos	Cc	1.500
		CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas arena-limosas,	LL	NP
		OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LP	NP
		MH	Limos Inorgánicas, Limos micáceos, o diatomizados, Limos elasticos	IP	NP
CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	CLASIFICACION			
OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad	ASSTHO	A-4		
Aftamente Orgánico	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	SUCS	ML	



[Signature]
Ingeniero Civil
CIP. 11117



[Signature]
INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guido Porfirio Quintanilla
2018

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 46: Compactación PROCTOR Modificado



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.
 Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotécnica, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO										
MTC E 115 - 2000										
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACAMARCA APURIMAC-2022										
MUESTRA: -										
PROF.: -										
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC										
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUJAY										
FECHA: 44621										
Peso del Molde (gr.) : 2,950.00		Golpes por capa: 56.00								
Diámetro del molde (Cm) : 15.20		Altura (Cm) : 11.60		Volumen (c.c.) : 2105						
MOLDE No	1	2	3	4	5					
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6420	6740	7090	6960	6790					
Peso del Molde (gr)	2950	2950	2950	2950	2950					
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3470	3790	4140	4010	3840					
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105					
Densidad Humeda (Tn/m ³)	1.65	1.80	1.97	1.91	1.82					
CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	13.36	12.58	12.86	12.90	12.20	13.00	13.22	12.96	12.67	12.87
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	51.80	42.34	40.62	43.82	51.46	56.08	52.18	50.60	48.50	48.94
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	48.58	39.84	37.58	40.44	46.16	50.26	46.10	44.72	42.22	42.58
Peso Suelo Humedo (gr)	3.22	2.50	3.04	3.38	5.30	5.82	6.08	5.88	6.28	6.36
Peso Suelo Seco (gr)	35.22	27.26	24.72	27.54	33.96	37.26	32.88	31.76	29.35	29.71
Contenido de Humedad (w)	9.14	9.17	12.30	12.27	15.61	15.62	18.49	18.51	21.40	21.41
Contenido de Humedad real	9.16		12.29		15.61		18.50		21.40	
Densidad Seca (Tn/m ³)	1.51		1.60		1.70		1.61		1.50	
HUMEDAD OPTIMA (%) = 15.61										
DENSIDAD SECA MAXIMA (Mg/m³) = 1.70										



[Signature]
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 11117



[Signature]
 INGEOLAB S.R.L.
 Ing. Guillermina Quintanilla
 CIP. 11618
 GEOTECNICA

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 47: Valor Soporte de los Suelos



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000											
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACAMARCA APURIMAC-2022											
MUESTRA: -											
PROF.: -											
UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC											
SOLICITADO: MARICARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUIAY											
FECHA: 44621											
DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.70	Peso del martillo	10 lbs								
Humedad Optima	15.61%	Altura del martillo	18 pulg								
Humedad Natural	7.05%	Número de Capas	5 capas								
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Altura	11.70	11.70	11.70								
Diámetro	15.20	15.20	15.20								
Volumen	2123.10	2123.10	2123.10								
DATOS DE COMPACTACION											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.700	8.540	8.300								
Peso del Molde (gr)	4.527	4.558	4.454								
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.173	3.982	3.746								
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.97	1.88	1.76								
Densidad Seca (gr/cm3)	1.70	1.62	1.53								
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	23.60	23.36	23.84	23.52	23.52	23.54					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	54.86	57.28	56.12	57.80	56.68	55.72					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	50.64	52.70	51.76	53.18	52.20	51.38					
Peso del Agua (gr)	4.22	4.58	4.36	4.62	4.48	4.34					
Peso del Suelo Seco (gr)	27.04	29.34	27.92	29.66	28.68	27.84					
Contenido de Humedad	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%					
Contenido de Humedad Promedio	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%	15.6%					
DATOS DE ABSORCION											
	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3								
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.720	8.560	8.255								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.700	8.540	8.200								
Porcentaje de Absorción	0.48%	1.00%	1.47%								
ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION 0.001											
			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
01/02/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
02/02/2022	11.00	24 horas	35	0.035	0.76%	40	0.040	0.87%	60	0.060	1.30%
03/02/2022	11.00	48 horas	55	0.055	1.19%	85	0.085	1.85%	85	0.085	1.85%
04/02/2022	11.00	72 horas	75	0.075	1.63%	100	0.100	2.17%	120	0.120	2.61%
05/02/2022	11.00	96 horas	95	0.095	2.06%	140	0.140	3.04%	185	0.185	4.02%
ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 0.233"DIV+1.03											
AREA PISTON 3.0 Pulg. Cuadradas			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
	(mm)	(pulg)		Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	80.00	187	62	50	141	47	40	94	31
1.0 min	1.27	0.050	175.00	409	136	155	362	121	135	316	105
1.5 min	1.91	0.075	270.00	630	210	250	564	196	230	537	179
2.0 min	2.54	0.100	335.00	782	261	315	735	245	295	688	229
4.0 min	5.08	0.200	400.00	933	311	380	886	295	360	840	280
6.0 min	7.62	0.300	450.00	1050	350	430	1003	334	410	956	319
8.0 min	10.16	0.400	500.00	1166	389	480	1119	373	460	1073	358
10.0 min	12.70	0.500	540.00	1259	420	520	1213	404	500	1166	389



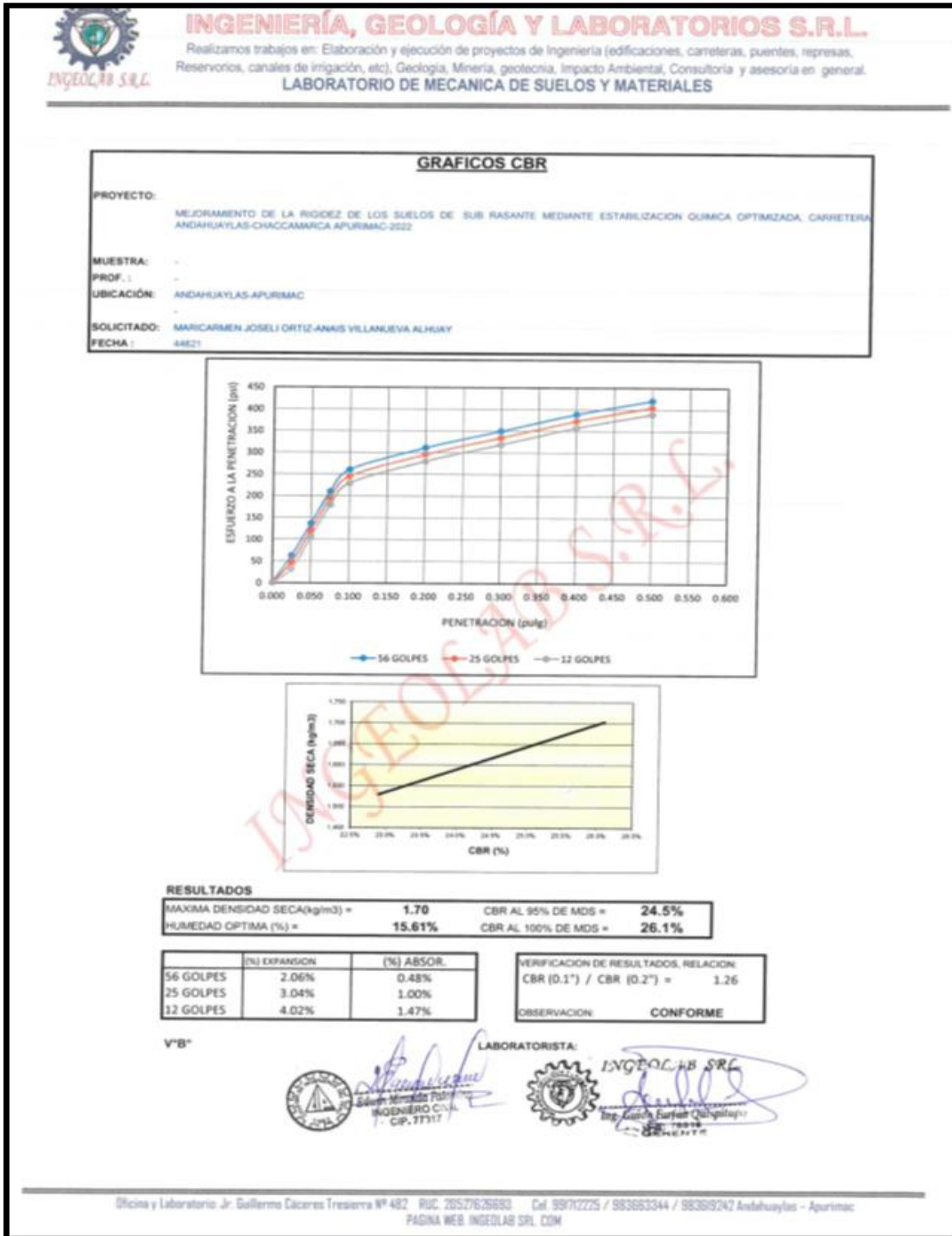
[Signature]
 Guisela Miranda Palomares
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317



INGEOLAB S.R.L.
[Signature]
 Ing. Guisela Farfán Quiñapilla
 CIP. 78016
 GERENTE

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 48: Gráficos CBR



Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Anexo 49: Ensayo de Absorción

DETERMINACION DE LA ABSORCION DE AGUA A PRESION ATMOSFERICA UNE-EN 13755:2008

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS SUELOS DE SUB RASANTE MEDIANTE ESTABILIZACION QUIMICA OPTIMIZADA, CARRETERA ANDAHUAYLAS-CHACCAMARCA APURIMAC, 2021"

UBICACIÓN: ANDAHUAYLAS-APURIMAC

SOLICITADO: MARYCARMEN JOSELI ORTIZ-ANAIS VILLANUEVA ALHUAY

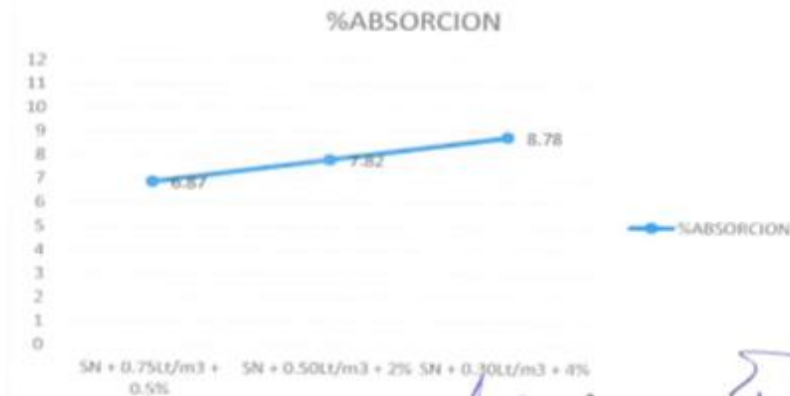
RESULTADOS DEL ENSAYO:

Dimensión de las Probetas (mm) 60x60x120

Fecha de recepción de probetas 07/03/2022

	Fecha de inicio	Fecha final
Fecha de realización del ensayo	08/03/2022	12/03/2022

Probeta N° 1	1	2	3
dosificación	SN + 0.75Lt/m ³ + 0.5%	SN + 0.50Lt/m ³ + 2%	SN + 0.30Lt/m ³ + 4%
Dimensiones(Lado)(mm)	60	60	60
Absorción de agua (%)	6.87	7.82	8.78
Absorción de agua media (%)	7.82		



Edwin Miranda Palomino
INGENIERO CIVIL
CIP. 77117



Marycarmen Joseli Ortiz-Anais Villanueva Alhuay
INGENIERO CIVIL
CIP. 79018

Anexo 50: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 136 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 101-2020
 Fecha de emisión : 2020-07-16

1. Solicitante : INGENIERIA GEOLOGIA Y LABORATORIOS S.R.L.

Dirección : JR. GMO.CECERES NRO. 482 CERCADO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRENSA DE COMPRESIÓN SIMPLE

Marca de Prensa : PINZUAR
 Modelo de Prensa : NO INDICA
 Serie de Prensa : 123

Marca de Celda : VECTOR
 Modelo de Celda : 101NH
 Serie de Celda : NO INDICA
 Capacidad de Celda : 50 kN

Marca de indicador : PINZUAR
 Modelo de Indicador : NO INDICA
 Serie de Indicador : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración
 JR. GMO.CACERES NRO. 482 CERCADO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC
 15 - JULIO - 2020

4. Método de Calibración
 La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales


	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,4	18,6
Humedad %	62	63

7. Resultados de la Medición
 Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 51: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 138 - 2020

Página : 1 de 3

Expediente : T 101-2020
Fecha de emisión : 2020-07-16

1. Solicitante : INGENIERIA GEOLOGIA Y LABORATORIOS S.R.L.

Dirección : JR. G.MO.CECERES NRO. 482 CERCADO -
ANDAHUAYLAS - APURIMAC

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE
DIRECTO

Marca de Celda : OAP
Modelo de Celda : NO INDICA
Serie de Celda : 5AK060
Capacidad de Celda : 500 kgf

Marca de Indicador : WEIGHING INDICATOR
Modelo de Indicador : X3A
Serie de Indicador : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. G.MO.CECERES NRO. 482 CERCADO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC
15 - JULIO - 2020

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,9	18,7
Humedad %	63	63

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 52: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 138 - 2020

Página : 2 de 3

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
50	50,15	50,30	-0,30	-0,60	50,23	-0,45	-0,30
100	100,50	100,75	-0,50	-0,75	100,63	-0,62	-0,25
150	150,25	150,60	-0,17	-0,40	150,43	-0,28	-0,23
200	200,65	201,05	-0,33	-0,53	200,85	-0,42	-0,20
250	252,25	251,85	-0,90	-0,74	252,05	-0,81	0,16
300	301,40	301,45	-0,47	-0,48	301,43	-0,47	-0,02
350	351,75	351,15	-0,50	-0,33	351,45	-0,41	0,17
400	402,90	402,70	-0,72	-0,67	402,80	-0,70	0,05

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

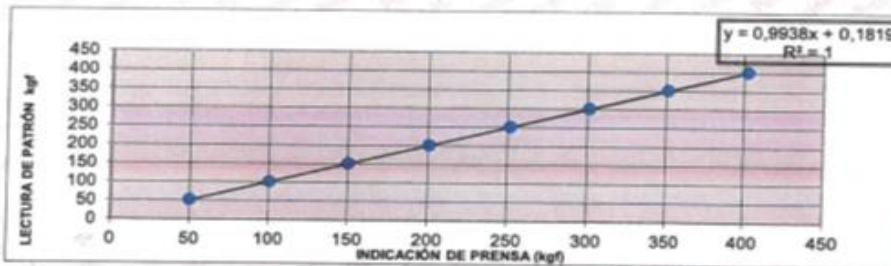
$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9938x + 0,1819$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)



[Firma]
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 53: Certificado de Calibración



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 138 - 2020

Página : 3 de 3

PESAS DE CORTE DIRECTO

IDENTIFICACIÓN	VALOR NOMINAL	VALOR DETERMINADO	CORRECCIÓN
	g	g	g
1	900	900,8	-0,8
2	900	901,5	-1,5
3	1800	1801,2	-1,2
4	1800	1802,6	-2,6
5	3600	3602,1	-2,1
6	3600	3600,3	-0,3
7	7200	7203,2	-3,2
8	7200	7202,2	-2,2

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 54: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 217 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : T 105-2020
Fecha de emisión : 2020-07-20

1. Solicitante : INGEOLAB S.R.L.

Dirección : JR. G.MO.CECERES NRO. 482 CERCADO -
ANDAHUAYLAS - ANDAHUAYLAS - APURIMAC

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : VIVISA
Modelo del Equipo : NO INDICA
Serie del Equipo : NO INDICA
Capacidad del Equipo : 150 L

Marca de indicador : AUTONICS
Modelo de indicador : TCN4S
Temperatura calibrada : 110 °C
Procedencia : NO INDICA

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración
PROLONGACION AYACUCHO NRO.199 - SAN MIGUEL - LIMA
20 - JULIO - 2020

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 270 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0564 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0565 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0566 - 2019	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,3	20,5
Humedad %	67	68


7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 55: Certificado de Calibración



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 217 - 2020

Página : 2 de 4

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom (°C)	ΔTMax - TMin (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110	110,5	112,0	114,2	115,2	113,2	110,6	111,7	111,2	110,5	113,6	112,3	4,7
2	110	110,6	112,5	114,5	115,2	113,5	110,4	111,2	111,2	110,2	113,6	112,3	5,0
4	109	110,3	112,3	114,3	115,3	113,6	110,2	111,3	111,3	110,3	113,2	112,2	5,1
6	110	110,2	112,6	114,5	115,2	113,2	110,3	111,5	111,5	110,2	113,3	112,3	5,0
8	110	110,5	112,4	114,2	115,3	113,6	110,2	111,0	111,2	110,3	113,2	112,2	5,1
10	110	110,3	112,5	114,3	115,4	113,5	110,5	111,2	111,4	110,2	113,0	112,2	5,2
12	110	110,2	112,5	114,2	115,2	113,5	110,3	111,3	111,2	110,0	113,2	112,2	5,2
14	110	110,1	112,3	114,5	115,6	113,6	110,2	111,5	111,3	110,2	113,4	112,3	5,5
16	109	110,2	112,5	114,3	115,2	113,3	110,6	111,3	111,2	110,3	113,2	112,2	5,0
18	109	110,5	112,4	114,2	115,4	113,4	110,2	111,4	111,3	110,2	113,5	112,3	5,2
20	109	110,3	112,5	114,6	115,2	113,2	110,4	111,3	111,5	110,3	113,3	112,3	4,9
22	110	110,5	112,3	114,5	115,6	113,2	110,3	111,6	111,6	110,3	113,6	112,4	5,3
24	110	110,2	112,4	114,3	115,5	113,3	110,2	111,2	111,2	110,4	113,2	112,2	5,3
26	110	110,6	112,3	114,4	115,3	113,6	110,3	111,5	111,3	110,2	113,2	112,3	5,1
28	110	110,3	112,3	114,6	115,2	113,0	110,2	111,5	111,1	110,3	113,0	112,2	5,0
30	110	110,5	112,5	114,2	115,4	113,6	110,5	111,3	111,0	110,2	113,2	112,2	5,2
32	109	110,6	112,3	114,5	115,2	113,7	110,3	111,4	111,0	110,3	113,2	112,3	4,9
34	109	110,6	112,5	114,3	115,3	113,5	110,2	111,5	111,2	110,2	113,5	112,3	5,1
36	109	110,8	112,5	114,5	115,2	113,6	110,3	111,3	111,5	110,6	113,2	112,4	4,9
38	109	110,5	112,6	114,3	115,3	113,4	110,4	111,2	111,3	110,2	113,3	112,3	5,1
40	110	110,6	112,5	114,3	115,6	113,2	110,2	111,3	111,3	110,3	113,2	112,3	5,4
42	110	110,5	112,4	114,6	115,4	113,3	110,5	111,2	111,2	110,3	113,2	112,3	5,1
44	109	110,7	112,5	114,3	115,3	113,6	110,3	111,3	111,3	110,5	113,5	112,3	4,9
46	110	110,5	112,3	114,5	115,3	113,3	110,3	111,6	111,5	110,8	113,6	112,4	5,0
48	109	110,6	112,5	114,3	115,2	113,5	110,2	111,2	111,3	110,3	113,2	112,2	5,0
50	109	110,2	112,3	114,2	115,6	113,4	110,4	111,3	111,3	110,2	113,2	112,2	5,4
52	110	110,5	112,6	114,6	115,4	113,2	110,3	111,2	111,2	110,3	113,3	112,3	5,1
54	110	110,6	112,4	114,4	115,6	113,3	110,3	111,3	111,2	110,4	113,2	112,3	5,3
56	110	110,6	112,5	114,5	115,2	113,4	110,1	111,3	111,4	110,3	113,3	112,3	5,1
58	109	110,9	112,3	114,3	115,4	113,5	110,5	111,4	111,5	110,5	113,2	112,4	4,9
60	110	110,5	112,5	114,3	115,6	113,3	110,3	111,5	111,4	110,3	113,4	112,3	5,3
T. PROM	109,6	110,5	112,4	114,4	115,3	113,4	110,3	111,3	111,3	110,3	113,3	112,3	
T. MAX	110,0	110,9	112,6	114,6	115,6	113,7	110,6	111,7	111,6	110,6	113,6		
T. MIN	109,0	110,1	112,0	114,2	115,2	113,0	110,1	111,0	111,0	110,0	113,0		
DTT	1,0	0,8	0,6	0,4	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,6		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	115,6	0,4
Mínima Temperatura Medida	110,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,8	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,0	0,3
Estabilidad Media (±)	0,4	0,02
Uniformidad Media	5,6	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 56: Certificado de Calibración

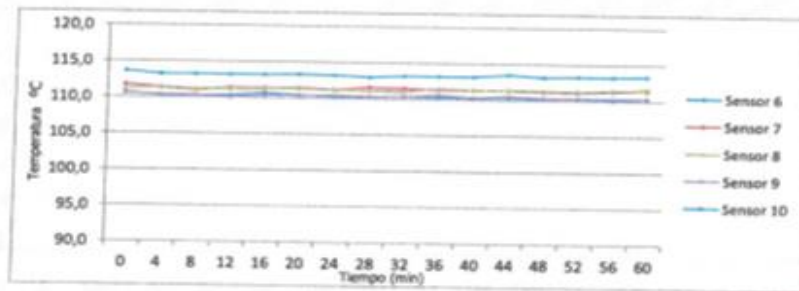
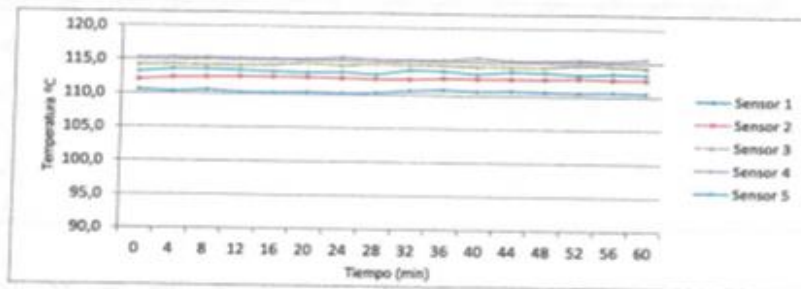


PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 217 - 2020

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 57: Certificado de Calibración

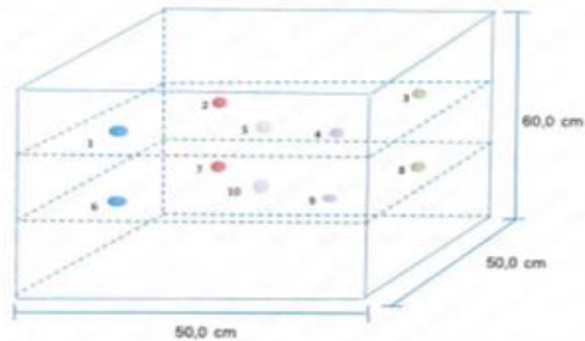


PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 217 - 2020

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 58: Certificado de Calibración

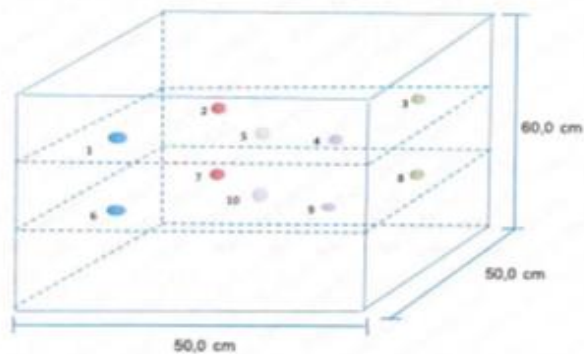


PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 217 - 2020

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 59: Certificado de Calibración



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 136 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" Kn	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
5	5,026	5,031	-0,52	-0,62	5,03	-0,57	-0,10
10	10,030	10,082	-0,30	-0,82	10,06	-0,56	-0,52
15	15,082	15,056	-0,55	-0,37	15,07	-0,46	-0,17
20	20,113	20,136	-0,56	-0,68	20,12	-0,62	-0,11
25	24,780	24,846	0,88	0,62	24,81	0,75	-0,26
30	29,810	29,776	0,63	0,75	29,79	0,69	0,11
35	34,785	34,682	0,61	0,88	34,74	0,75	0,27
40	39,795	39,671	0,51	0,82	39,73	0,67	0,31

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = [(A-B) / B] * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación: $R^2 = 0,9999$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0115x - 0,1772$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

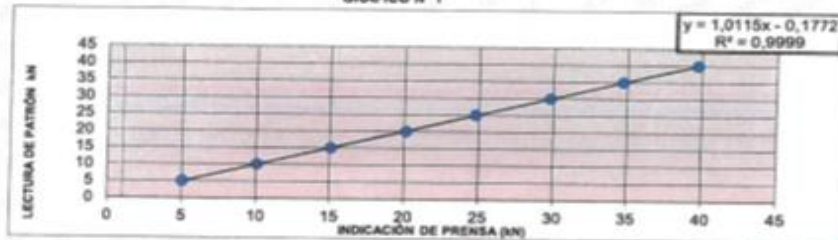


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 60: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 137 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 101-2020
Fecha de emisión : 2020-07-16

1. Solicitante : INGENIERIA GEOLOGIA Y LABORATORIOS S.R.L.
Dirección : JR. G.MO.CACERES NRO. 482 CERCADO -
ANDAHUAYLAS - APURIMAC

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL, y otros.

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : CCELL
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : 95084
Capacidad de Prensa : 100 t
Código de identificación : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Marca de indicador : CCELL
Modelo de Indicador : PAS101
Serie de Indicador : NO INDICA

Punto de Precisión 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.

Marca de Transductor : PRESSURE SENSOR
Modelo de Transductor : NO INDICA
Serie de Transductor : NO INDICA

Bomba Hidráulica : MANUAL

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. G.MO.CACERES NRO. 482 CERCADO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC
15 - JULIO - 2020

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2016	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales


	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,7	18,9
Humedad %	62	62

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 61: Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 137 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9966	9954	0,34	0,46	9959,8	0,40	0,12
20000	19960	19951	0,20	0,24	19955,8	0,22	0,04
30000	30015	30067	-0,05	-0,22	30040,7	-0,14	-0,17
40000	40138	40132	-0,35	-0,33	40135,2	-0,34	0,02
50000	50030	50051	-0,06	-0,10	50041,0	-0,06	-0,04
60000	60256	60358	-0,43	-0,60	60307,2	-0,51	-0,17
70000	70323	70388	-0,46	-0,55	70355,5	-0,51	-0,09

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma.
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9933x + 155,75$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

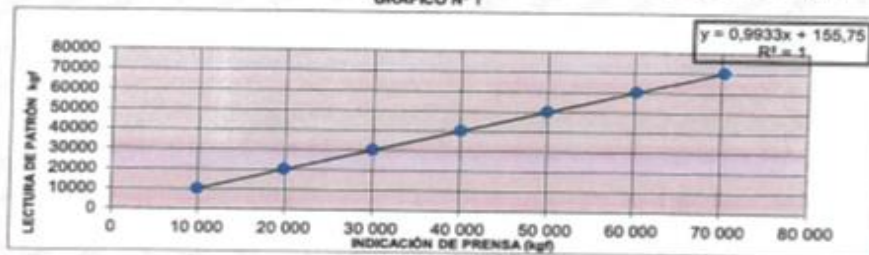
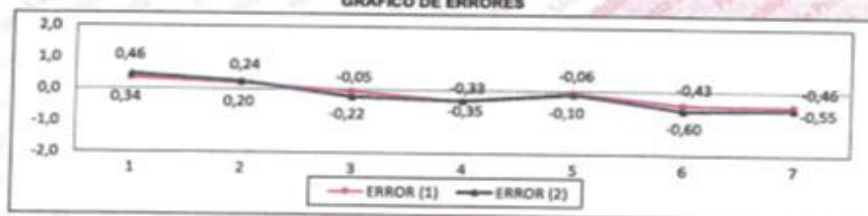


GRÁFICO DE ERRORES



FIR DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Fuente: Ficha de Calibración

Anexo 62: Recibo de laboratorio



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS
SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
INGEOLAB SRL

Realizamos trabajos en: Elaboración y Ejecución de Proyectos de Ingeniería (Edificaciones, Carreteras, Puentes, Represas, reservorios, Canales de irrigación, Etc.) Geología, Minería, Geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría, Asesoría en General y Otros

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Jr. Guillermo Cáceres N° 480 (482) - Andahuaylas - Andahuaylas - Apurímac
Cel. 983-619242 / 983-663344
www.ingeolabperu.com Email: ingeolab_srl@hotmail.com

RECIBO
001- N° 0000319

Señor (a): Mancarmen Joseli - Anais Villomiera

Direcc.: Andahuaylas Fecha: 21 / 03 / 22

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	IMPORTE
	Ensayo de suelos para el mejoramiento de la rigidez de los Suelos de Sub-solante mediante estabilización Química optimizada de la carretera Andahuaylas - Chaccamarca	2000.00	2000.00
	Apurímac - 2022		

ENTREGA: A cuenta SI TOTAL. SI 2000.00
NOTA: UNA VEZ CANCELADO CANJEAR POR BOLETA O FACTURA Saldo SI
..... FIRMA