

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Estabilización de subrasante del suelo natural con
adición de polímeros, en camino vecinal Maras
Moray, Cusco, 2021**

Keilich Patsy Laura Aguilar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a la Unidad del pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, por haber permitido realizar el curso de titulación con niveles de exigencia y docentes de excelencia, a los encargados de la gestión y de administración de la unidad de pregrado por la supervisión en el desempeño de los deberes y obligaciones.

Con mucha alegría al Señor Asesor, Dr. Ing. Abel Alberto Muñoz Paucarmayta, quien aparte de brindarme asesoría continua y preocupada, ha tenido paciencia motivadora, frente a las flaquezas, para el desarrollo y conclusión del estudio.

DEDICATORIA

A mis Queridos padres Baltazar Laura Yupanqui y Marleny Aguilar Aguilar, a mi querido hermano Paul Laura Aguilar; quienes me motivaron y ayudaron en este proyecto, a ellos les dedico la tesis con mucho amor y cariño.

ÍNDICE

RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XI
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	18
1.1.1. Problema general	20
1.1.2. Problemas específicos.....	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general.....	20
1.2.2. Objetivo específico	20
1.3. Justificación e importancia.....	21
1.3.1. Justificación teórica	21
1.3.2. Justificación práctica.....	21
1.3.3. Justificación metodológica.....	22
1.3.4. Importancia	22
1.4. Hipótesis y descripción de variables	22
1.4.1. Hipótesis	22
1.4.2. Descripción de variables.....	23

2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1.	Antecedentes del problema	26
2.1.1.	Antecedentes nacionales	26
2.1.2.	Antecedentes internacionales.....	29
2.2.	Bases teóricas	31
2.2.1.	Polímeros	31
2.2.2.	Estabilización de subrasante del suelo natural.....	32
2.2.3.	Clasificación de suelos.....	35
2.2.4.	Proctor Modificado	36
2.2.5.	Ensayo PDC	37
2.2.6.	Ecuación de correlación entre resultados de PDC y CBR	38
2.2.7.	Justificación del uso de ensayo PDC	38
2.3.	Definición de términos básicos	39
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	40
3.1.	Método y alcance de la investigación	40
3.1.1.	Método: Científico	40
3.1.2.	Tipo: Aplicada	40
3.1.3.	Nivel: Descriptivo y explicativo	41
3.2.	Diseño de la Investigación	41
3.3.	Población, Muestra y Muestreo.....	42

3.3.1.	Población.....	42
3.3.2.	Muestra	43
3.3.3.	Muestreo	43
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	43
3.4.1.	Técnica: Observación directa.....	43
3.4.2.	Instrumentos: Ficha de recopilación de información.....	44
3.4.3.	Validez	44
3.4.4.	Confiabilidad.....	45
3.5.	Procedimientos	45
3.6.	Método de Análisis de Datos	45
3.7.	Prueba de hipótesis.....	48
3.8.	Aspectos éticos.....	49
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS	50
4.1.	Descripción de la zona de estudio	50
4.1.1.	Ubicación	50
4.1.2.	Características de la zona de estudio	50
4.1.3.	Caracterización del material de subrasante.....	51
4.1.4.	Estudios de Campo	52
4.1.5.	Estudios de Laboratorio	54
4.2.	Análisis de información	55

4.2.1. Cálculo del cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.....	55
4.2.2. Determinación del cambio de CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.....	59
4.2.3. Análisis de la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.....	61
4.2.4. Determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros – camino vecinal.	63
4.3. Resultados de la investigación	64
4.3.1. Determinación del cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.....	64
4.3.2. Determinación del cambio del CBR de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros.....	67
4.3.3. Análisis de la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.....	69
4.3.4. Determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021.....	71
4.4. Prueba de hipótesis.....	72
4.5. Evaluación de la reducción del espesor con y sin polímero.....	73
4.6. Evaluación de la prueba estadística para probar hipótesis cuasi experimental	75
4.6.1. Análisis multivariante de varianza (MANOVA).....	75

5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	77
6.	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	80
7.	CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	82
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
9.	ANEXOS	88
9.1.	MATRIZ DE CONSISTENCIA (Anexo 1).....	88
9.2.	Instrumentos de validación (Anexo 2)	89
9.3.	Certificado de Laboratorio (Anexo 3).....	92
9.4.	Memorias de cálculo (Anexo 4).....	93
9.5.	Plano topográfico (Anexo 5)	132
9.6.	Panel Fotográfico (Anexo 6).....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Matriz operacional	24
Tabla 1.2. Cuadro comparativo de clasificación AASHTO-SUCS	35
Tabla 2.2. Métodos del Proctor Modificado de acuerdo al tamaño de la muestra	36
Tabla 2.3. Rango de validez.....	44
Tabla 3.3. Validez del instrumento de variables V1 y V2	44
Tabla 4.3. Rango de confiabilidad	45
Tabla 4.3. Resumen de la optimización.	46
Tabla 4.3. Información sobre las variables.	46
Tabla 4.3. Diseño codificado (Optimizado).....	47
Tabla 1.4. Contenido de humedad natural	51
Tabla 2.4. ubicación de muestra del suelo	54
Tabla 3.4. Combinaciones de polímeros.....	55
Tabla 4.4. Combinaciones de ensayos	56
Tabla 5.4. Ensayo Proctor	57
Tabla 6.4. Ensayo CBR-PDC de la Muestra 1	58
Tabla 7.4. Densidad Seca del suelo subrasante con adición de polímeros	59
Tabla 8.4. Ensayo CBR- PDC de la Muestra 2.....	60

Tabla 9.4. CBR del suelo subrasante con adición de polímeros	61
Tabla 10.4. Ensayo CBR – PDC de la muestra 3.....	62
Tabla 11.4. Ascensión Capilar del suelo subrasante con adición de polímeros.....	63
Tabla 12.4. Diseños de estabilización del suelo subrasante con adición de polímeros	63
Tabla 13.4. Densidad Seca del suelo subrasante con adición de polímeros	65
Tabla 14.4. Resultados de CBR%	67
Tabla 15.4. Resultados de ascensión capilar	69
Tabla 16.4. Resultados obtenidos para estabilización del suelo con adición de polímeros.	71
Tabla 16.4. Pruebas de normalidad aplicadas a los residuos de los modelos hallados.	72
Tabla 16.4. Análisis de varianza ANOVA de los ensayos.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Inicio del tramo de evaluación	19
Figura 2.1. Fin del tramo de evaluación	19
Figura 3.1. Tabla costo y valor de la medición.....	25
Figura 1.2. Consolid 444 nano estabilizador.	31
Figura 2.2. Ascensión capilar del agua.	35
Figura 3.2. Equipo PDC - ASTM D-6951-03.....	38
Figura 3.2. Equipo PDC - ASTM D-6951-03.....	46
Figura 1.4. Granulometría de la arena.	51
Figura 2.4. Diagrama de fluidez.	52
Figura 3.4. CBR natural superficial.	52
Figura 4.4. Extracción de muestras Copesco.	53
Figura 5.4. Variación de la densidad seca según la adición de Consolid C444 y Solidry.....	66
Figura 6.4. Variación de CBR según la adición de Consolid C444 y Solidry.	68

Figura 7.4. Variación de ascensión capilar según sus combinaciones de Solidry y Consolid C444.	70
Figura 8.4. Esquemmatización de la reducción del espesor de pavimento debido a la aplicación del polímero.	74
Figura 9.4. Esquemmatización de la reducción del espesor de pavimento debido a la aplicación del polímero.	74
Figura 1.10. Validación del Ing. Orlando Barreto Jara.....	89
Figura 2.10. Validación del Ing. Elver Bernardo Tairo Tapia.....	90
Figura 3.10. Validación del Ing. Cesar Edilberto Arbulu Jurado	91
Figura 4.10. Certificado de laboratorio.....	92
Figura 5.10. Levantamiento topográfico.....	138
Figura 6.10. Colocación de suelo para secado.....	138
Figura 7.10. Pesado de los materiales.....	139
Figura 8.10. Mezclado de pruebas.....	139
Figura 9.10. Ensayo de compactación y ensayo PDC.....	140
Figura 10.10. Muestras compactadas listas para la prueba de CBR con el ensayo PDC.....	140
Figura 11.10. Secado de muestras en horno.....	141
Figura 12.10. Muestras sumergidas en agua prueba de ascensión capilar.....	141
Figura 13.10. Muestras ya realizadas con el ensayo PDC.....	142
Figura 14.10. Muestras ya realizadas con el ensayo PDC.....	142

RESUMEN

La presente tesis titulada: “Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray, Cusco, 2021”, considerada en las líneas de investigación de la facultad de ingeniería, área de interés de infraestructura vial.

El objetivo de la presente tesis, fue determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros. Como metodología se aplicó el método experimental, de tipo aplicada, y de nivel explicativo causal; El diseño experimental para las dosis de Consolid y Solidry. Los resultados obtenidos fueron que al adicionar Consolid al 0.1% y 1.5% de Solidry, se tiene un incremento significativo de CBR hasta un 129%, disminución capilar hasta 56.8mm y aumento de densidad a 1.95gr/cm³, mejorando sus propiedades físico mecánicas de suelo.

La conclusión principal, es que la mejor dosificación fue al añadir Consolid al 0.10% ya que se notó que los porcentajes de CBR incrementaron; asimismo con 1.5% Solidry, estos valores crecieron de forma considerable; asimismo, la ascensión capilar del suelo ha sido disminuida significativamente, dándole de esta forma mayor resistencia, sin embargo, con las adiciones de Consolid al 0.50% fueron excesivas, apreciándose alteraciones en las propiedades de los suelos. Se concluye, propiedades del suelo natural mejoraron de forma significativa con la adición de polímeros, y se recomienda que se hagan más estudios en otras dimensiones del fenómeno.

Palabras claves: Estabilización de suelos, densidad seca, CBR, ascensión capilar, Consolid, Solidry y dosificación.

ABSTRAC

This present thesis entitled: "Stabilization of the natural soil subgrade with the addition of polymers, on the Maras-Moray neighborhood road, Cusco, 2021", considered in the lines of research of the engineering faculty, area of interest of road infrastructure.

The objective of this thesis was to determine the stabilization of the natural soil with the addition of polymers. As methodology, the experimental method was applied, of an applied type, and of a causal explanatory level; The experimental design for the doses of Consolid and Solidry. The results obtained were that by adding Consolid to 0.1% and 1.5% Solidry, there is a significant increase in CBR up to 129%, a capillary decrease up to 56.8mm and an increase in density to 1.95gr/cm³, improving its physical-mechanical properties of soil.

The main conclusion is that the best dosage was when adding Consolid at 0.10% since it was noted that the percentages of CBR increased; also with 1.5% Solidry, these values grew considerably; likewise, the capillary ascent of the soil has been significantly reduced, thus giving it greater resistance, however, with the additions of Consolid at 0.50% they were excessive, appreciating alterations in the properties of the soils.

It is concluded that the addition of polymers significantly improves the properties of the soil, and it is recommended that more studies be carried out in other dimensions of the phenomenon.

Keywords: Soil stabilization, dry density, CBR, capillary rise, Consolid, Solidry and dosage.

INTRODUCCIÓN

En un entorno global, teniendo en cuenta la necesidad de mantener las carreteras en buen estado, existe una búsqueda constante de materiales que puedan darle al suelo la resistencia necesaria para soportar cargas repetidas y otros fenómenos para dar mayor resistencia a las carreteras; por otro lado, el desarrollo La necesidad de este tipo de tema es promover el descubrimiento de los aspectos fundamentales de los polímeros Consolid y Solidry para mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

La presente investigación titulada “Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray, Cusco, 2021”, busca ofrecer solución al problema de estabilización de los suelos; resultando más ventajoso la utilización del polímero Solidry y Consolid. En su desarrollo se revisa teorías de los ensayos normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ASTM y AASTHO en sus diferentes acápite, los cuales están relacionadas con las dosificaciones de polímeros Consolid C444 al 0.04%, 0.10% y 0.5% y Solidry 0.5%, 1% y 1.5% porcentajes que van con respecto al peso del suelo para la estabilización de subrasante del suelo natural de la presente investigación.

En su desarrollo se fijó como objetivo determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021, con el cual se obtiene los siguientes resultados para una adición de Consolid al 0.1% y 1.5% de Solidry, se tiene un aumento significativo de CBR hasta un 129% y una disminución capilar hasta un 56.8mm; sin embargo, la densidad crece en un 1.95gr/cm³. Finalmente, se llega a la conclusión que la mejor dosificación óptima de Consolid C444 es 0.10% respecto al peso del suelo natural, debido a que los porcentajes de CBR incrementaron ; así mismo, al añadir el 1.5% de Solidry estos valores aumentaron y la ascensión capilar del suelo fue disminuida significativamente, aumentando así la resistencia de la muestra de suelo, sin embargo con las adiciones de 0.04% de Solidry no presento mucha variación y al usar la dosificación 0.50% de Consolid C444 siendo excesiva, apreciándose alteraciones en las propiedades de los suelos.

Este trabajo de investigación está compuesto por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Contiene el planteamiento del problema, en el cual se evidencia la importancia del mejoramiento del terreno natural de la vía, razón de esta tesis. Se hace la formulación de pregunta de investigación ¿Cuánto se estabiliza la subrasante del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray cusco, 2021? Se justifica de manera práctica, social y metodológica. Este capítulo hace referencia a los objetivos, tanto general, como específicos: Determinar la estabilización de la subrasante del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021. Los objetivos específicos son: Cuantificar el cambio de la densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021. Determinar el cambio del CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021. Estimar la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021. La hipótesis general y específicas y por último se consideró la definición conceptual y operacionalización de variables.

Capitulo II: Contiene el Marco teórico donde se presentan los antecedentes internacionales y nacionales: Copa y Fernández (2018), Díaz García. (2018), Ramos Hinojosa (2014), Villalobos y Guevara (2020), Condor y Huamancayo (2016), entre otros. Se desarrolla también el marco conceptual: Los polímeros, el Consolid, la estabilización de sub rasantes, las definiciones de términos: Los ensayos de CBR y clasificación de suelos.

Capitulo III: Contiene la Metodología, donde se determinó el método que es experimental, nivel explicativo y el diseño de investigación. La población es el suelo de la vía, mientras que la muestra la constituye el suelo extraído de las calicatas. El muestreo fue guiado por los manuales del MTC; asimismo, se dio a conocer las técnicas e instrumentos de recolección de datos que son los formatos de laboratorio para la determinación de la densidad, CBR y ascensión capilar. Las técnicas de procesamiento y análisis de los datos fueron explicadas por el uso del software XLStat y de hojas de cálculo electrónicas tipo Excel.

Capítulo IV: Contiene el desarrollo y obtención de los ensayos respectivos para conseguir el CBR del suelo natural reforzadas con los polímeros Consolid y Solidry. Contiene la caracterización de la zona de estudio, la descripción de las exploraciones, los cálculos para determinar el cambio en la densidad, los cálculos de los ensayos de CBR. Así como una copiosa descripción del análisis de varianza de los experimentos.

Capítulo V: Contiene la discusión de los resultados y el análisis correspondiente para poder determinar el análisis comparativo de los polímeros Consolid y Solidry en la capacidad de soporte de la subrasante, con el fin de formular las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, finalizando con las referencias bibliográficas.

En la parte final se muestra los anexos que contienen las fichas de análisis de datos y panel fotográfico.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

En la actualidad se vienen empleando productos industriales en los países de Europa, Estados Unidos, Sudamérica, África del Sur, India, Australia y muchos otros países. El Consolid es una nanotecnología que puede reducir el costo inicial y de mantenimiento, garantizar la durabilidad y no tener efectos de contaminación ambiental en el sistema. Nace la necesidad de tratar con suelos cohesivos con la idea de estabilizarlos. Larry D. et al (2016)

En lo concerniente a lo nacional, en la tesis de pregrado titulado “Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el sistema Consolid en la carretera Ollantaytambo, en el tramo 0+000 a 1+000 distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, región Cusco, 2018” incrementar la capacidad portante de la carretera, obteniendo como resultado aumento de forma considerable de CBR y disminución de la permeabilidad. Copa y Fernández (2018)

En el camino vecinal que une el Distrito de Maras con el centro arqueológico de Moray, se viene presentando el problema de tener una vía lastrada en regulares condiciones de conservación, en el total del tramo, la vía presenta una plataforma de tierra afirmado afectando el desarrollo potencial del sector especialmente cuando la productividad y turismo del sector; por lo que se encuentra estancada. La solución es la estabilización por medios químicos tales como los polímeros bicomponentes, que es precisamente la propuesta de la presente tesis; obteniendo así el aumento

del CBR, utilizar el suelo natural como material de construcción evitando su eliminación y la explotación adicional de canteras que hacen un impacto nocivo al medio ambiente.

Por lo anteriormente expuesto, se tiene como el principal problema de investigación el de determinar el comportamiento del suelo en la carretera de maras ante la adición de distintas dosis de polímero, con la finalidad de incrementar el CBR y de esta manera utilizar el suelo natural como material de construcción, evitando su eliminación y la explotación adicional de canteras que hacen un impacto nocivo al medio ambiente.



Figura 1.1. Inicio del tramo de evaluación



Figura 2.1. Fin del tramo de evaluación

1.1.1. Problema general

¿Cuánto se estabiliza la subrasante del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray cusco, 2021?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuánto cambia la densidad seca de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?

¿Cuánto cambia el CBR de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?

¿Cuánto varía la ascensión capilar de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la estabilización de la subrasante del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021.

1.2.2. Objetivo específico

Cuantificar el cambio de la densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

Determinar el cambio del CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

Estimar la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

Respecto de este último objetivo, cabe recordar que: Al aumentar el número de días de remojo, la CBR disminuye debido a una mayor entrada de agua. Se observa una pérdida dramática de resistencia cuando el suelo no humedecido se empapa durante 1 día bajo el agua y luego se prueba para determinar su resistencia CBR. Cuanto más sean días de remojo, se observa una pérdida de fuerza gradual y no dramática. Por lo tanto, el gráfico (CBR Vs días de remojo) comienza con una caída pronunciada y luego continúa con caídas débiles.

La tasa de entrada de agua, disminuye con los días de remojo porque se acerca a la saturación. La mayor parte de la cantidad de agua se empapa el primer día, por lo tanto, representa la mayor caída en la resistencia CBR de la muestra de suelo (Biswajeet, y otros, 2009).

Aunque la ascensión capilar no se utiliza en un cálculo directo para el pavimento, es una ligereza técnica decir que no es significativo su conocimiento, pues ayuda a determinar si una solución de impermeabilización es eficiente y en que grados, esto es precisamente lo que ofrece un producto comercial como el Consolid, el cual se vende más que como mejorador de CBR, como impermeabilizante de bases y subbase; por lo tanto, no hay otra forma de medir esta propiedad más que a través de la estimación de la ascensión capilar.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

El propósito de esta investigación fue ayudar a cuantificar los límites hasta los cuales los polímeros Consolid y Solidry pueden ayudar a reducir los costos de ingeniería y confirmar cómo y bajo qué otras condiciones funcionan.

1.3.2. Justificación práctica

El desarrollo de esta tesis tiene como finalidad dar solución a un problema práctico, el cual es mejorar la resistencia del suelo aprovechando la nueva tendencia de utilizar polímeros como estabilizadores del suelo, así como reducir los costos de mano de obra. El estudio contribuirá a la optimización del diseño de resistencia del suelo para base y subbase de carreteras, ahorrando así el uso de recursos naturales no renovables, como materiales seleccionados extraídos de canteras de la ciudad del Cusco.

1.3.3. Justificación metodológica

La presente tesis presenta un enfoque para que otros investigadores adapten la solución propuesta a su propia área de investigación, es decir, para optimizar la base y el diseño de la base de otras carreteras utilizando las diferentes dosificaciones e información de este estudio en la presente investigación.

1.3.4. Importancia

El mejoramiento de la carreta Maras-Moray con estabilización de polímeros, no solo mejoraran el desarrollo potencial del sector, sino que también incrementara el CBR.

Esta investigación es práctica porque permite reutilizar el material in situ en condiciones técnicas y prácticas, donde el polímero bicomponente actúa para estabilizar el suelo, lo que reducirá los costos de construcción y mantenimiento.

Asimismo, se incrementará la vida útil de la carretera con o sin mantenimiento, debido a que los polímeros tienen baja capilaridad.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

1.4.1.1. Hipótesis general

La subrasante del suelo natural con adición de polímeros se estabiliza significativamente - camino vecinal Maras- Moray Cusco 2021

1.4.1.2. Hipótesis específicas

La máxima densidad seca subrasante del suelo natural con adición de polímeros se incrementará de forma significativa - camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

El CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros tendrá un crecimiento significativo - camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

La ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros disminuirá significativamente- camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

1.4.2. Descripción de variables

1.4.2.1. Polímeros

Definición conceptual

Los polímeros son aditivos ofrecidos en la industria de construcción de carreteras, los cuales tienen la misma fórmula que los jabones en polvo, los polímeros ayudan a lograr una máxima densidad en el suelo. En la presente tesis se usan dos polímeros el Consolid (polímero líquido) que es un catalizador acelerador de penetración y el Solidry (polímero sólido) que es un catalizador e intercambiador iónico; ambos polímeros estabilizarán el camino vecinal Maras- Moray. Agredid (2021) (p. 1)

Definición operacional

Los polímeros se operacionalizarán con el Consolid C444 y el Solidry, son componentes que se adicionarán durante el mezclado del suelo subrasante, esta nanotecnología ampliará la resistencia mecánica del suelo e impermeabilidad.

1.4.2.1. Estabilización de suelo subrasante del suelo natural

Definición Conceptual

Es el proceso de incorporación de un aditivo a la subrasante cuando este no cumple por su baja resistencia portante o su alta expansión, con el objetivo de darle al suelo natural la suficiente resistencia al desgaste, al esfuerzo portante y permanencia de este estado a través del tiempo. Cueva del Ingeniero (2010) (p. 1)

Definición Operacional

La estabilización de suelo subrasante del suelo natural, se operacionalizará con las siguientes dimensiones: Ensayos PDC, Proctor y ascensión capilar en cada una de las muestras.

1.4.2.1. Operacionalización de variables

Matriz operacional

Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal

Maras- Moray, Cusco, 2021

Tabla 1.1. Matriz operacional

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Adición de Polímeros	Los polímeros ayudan a lograr una máxima densidad en el suelo Consolid (2021)	La variable uno se operacionalizará con las dosis de polímeros que se adicionaran durante el mezclado del suelo subrasante	D1: Consolid D2: Solidry	I1: 0% I2:0.04% I3:0.1% I4:% I1:0% I2:0.5% I3:1% I4:1.5%	Formatos de observación estructurada durante los ensayos	Todas las escalas son de tipo intervalo
V2: Estabilización de Subrasante del suelo natural	Es la capacidad del suelo a resistir fuerzas de penetración, la resistencia cortante y otras. Cueva del Ingeniero (2010)	La estabilización del suelo se operacionalizará con ensayos PDC, Proctor, humedad y ascensión capilar	D1: Densidad Seca D2: CBR D3: Ascensión Capilar	I1:gr/cm3 pesando el suelo y el volumen que ocupa I1: CBR% medido por el PDC I1: Altura después de una hora (en mm)		

Fuente: Elaboración propia

Justificación de las dimensiones estudiadas.

En principio se debe mencionar que la resistencia CBR de un material está controlada por dos factores fundamentales, la densidad y la humedad del suelo. Si mantenemos invariantes estas dimensiones, entonces podremos estudiar el efecto de un tercer factor, tal como la inclusión de un polímero en el suelo; esto es posible a través de un diseño experimental fraccional factorial. En este sentido, tomando en consideración que el polímero materia de la presente tesis, tienen como componentes principales de acción: Primero, elevar el CBR y segundo, impermeabilizar la base. Se ha visto por conveniente las dimensiones estudiadas en el cuadro precedente, no siendo necesarias otras dimensiones según otros expertos geotecnistas; además, cabe mencionar que las facilidades de laboratorio no son adecuadamente brindadas por las universidades en el interior del Perú, cosa que si ocurre en la capital del país.

Lo anteriormente expresado se muestra en la siguiente gráfica:

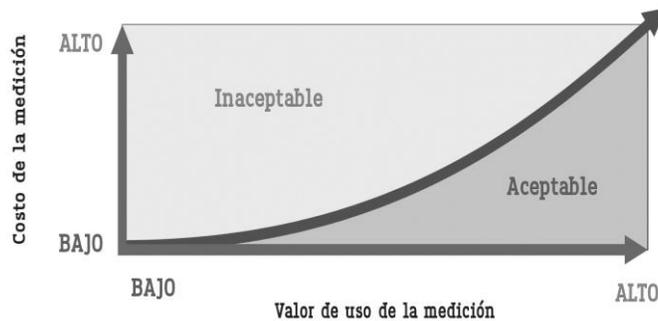


Figura 3.1. Tabla costo y valor de la medición.

Cabe recordar que, mientras más dimensiones se estudien, más elevado es el costo de la investigación, este costo suele incrementarse exponencialmente debido a las interacciones de las variables.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

A continuación, se detallan los antecedentes de la presente tesis, haciendo énfasis en la metodología, resultado y conclusiones de cada uno. Se incluyen además artículos científicos internacionales.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Copa y Fernández (2018) en la tesis de pregrado **titulada** : “Análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas de un suelo natural, comparado con un suelo estabilizado con el sistema Consolid en la carretera Ollantaytambo, en el tramo 0+000 a 1+000 distrito Ollantaytambo, provincia Urubamba, región Cusco, 2018” fijo como **objetivo**: Determinar en qué medida varían la propiedades físico mecánicas del suelo natural al estabilizarlo con el sistema Consolid en dosis de 0.04%,0.01% y 0.50% de Consolid C444,de igual forma se adiciono el Solidry al 1.5%, buscando mejorar sus características físico mecánicas del suelo con el uso del sistema Consolid, impermeabilizándolo, dándole una larga duración y siendo amigable con el ambiente.

Aplicando una metodología: Cualitativa de alcance descriptivo, obtuvo los siguientes resultados: Que las dosificaciones de C444 de 0.04% y 0.10% respecto al peso del suelo debido a que aumento el CBR, considerando una inflexión con la dosificación de 0.50% de C444 debido a que presento mucha variación del material, volviéndolo poco trabajable. Consecuentemente, se añadió Solidry en dosificaciones de 1.5% impermeabilizando el suelo en su totalidad, cabe aclarar que la disminución de permeabilidad en las calicatas es significativa con dosificaciones de 1.5% de Solidry, debido a que eludió el contacto con el suelo evitando la saturación de las muestras. Finalmente, fija como conclusiones: Que la dosificación más óptima fue la de 0.10% de C444 lo que hizo que el CBR incremente dándole calidad a los ensayos y un Solidry al 1.5% donde el CBR y la permeabilidad muestran progreso.

Díaz García. (2018) en la tesis de pregrado **titulada** “Estudio de estabilización de suelos con el sistema Consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín, 2016”, fijó como **objetivo** la estabilización del suelo a nivel de subrasante y la influencia del aditivo con encimas orgánicas usándolas como estabilizador, mejorando la estabilidad del suelo de baja plasticidad (CL) y suelos de mediana plasticidad (CL-CM) incrementando de manera significativa de CBR, asimismo, reduce el costo y los tiempos.

Aplicando una **metodología** cualitativa de alcance descriptivo, obtuvo los **resultados** siguientes: La zona de estudio el 90% de baja plasticidad (CL) y el 10% arcilla de mediana plasticidad (CL-ML), con índices de plasticidad menores a 20 y CBR de 6.75% a 6.97%; llegando a un CBR de 13.57 % con el incremento de 0.007 Lt de Consolid por metro cuadrado.

Finalmente, fija como **conclusiones** que, para suelos con baja plasticidad, se recomienda en términos de costo porque es ventajoso porque reduce el costo de préstamo de materiales para relleno, afirmado, eliminación de material sobrante y depósitos de material sobrante; costos adicionales de mantenimiento actuales y planificados.

Ramos Hinojosa (2014) en la tesis de pregrado **titulada** “Mejoramiento de Subrasantes de baja Capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica 2014” fijo como **objetivo** darle un valor añadido utilizando un polímero obtenido del reciclado de botellas descartables para su uso; con el fin de incrementar la baja capacidad portante del suelo y así garantizar la estabilidad y durabilidad con la metodología de incrementar material reciclable de botellas reciclables.

Aplicando una **metodología** cualitativa de alcance descriptivo, obtuvo los siguientes **resultados**, el CBR del suelo natural sin adición de polímeros es de 3.27%, incrementándose con la adición del polímero a 4.85%, al añadir al suelo natural la cal, este aumenta al 16.89% y para mejor resultado se usó cal con el polímero reciclado en cual ascendió a 18.20% de CBR.

Finalmente, fija como **conclusiones** que al usar este método solo se mejora las características físico y mecánicas de suelo, y sea utilizado en un suelo con baja capacidad portante mayores a 4.85% de CBR; por lo cual, el polímero reciclado al 1.5% con respecto al peso del suelo, con dimensiones de 5 y 10 mm de forma rectangular, se observa el incremento del CBR AL 26%, debido a que el suelo tiene mayor fricción lo que lleva a mayor resistencia al corte.

Villalobos y Guevara (2020) en la tesis de pregrado **titulada** “Análisis de los estabilizadores químicos Consolid, proes y Conaid en resistencia y economía empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho- Chosica”, con el **objetivo** principal de analizar los estabilizadores químicos Consolid, proes y con-aid apoyados en investigaciones aplicados en suelos arcillosos de baja plasticidad como propuesta para la mejora de la subrasante de suelo natural verificando como influye en su resistencia y economía en las vías de acceso Asoc. María Magdalena, Lurigancho – Chosica.

Aplicando una metodología cualitativa de alcance descriptivo, obtuvo los **resultados** siguientes, que las propiedades del suelo mejoran al usar el aditivo proes con cemento Portland obteniendo un CBR del 75%, la adición de 0.045% Consolid C444 y 2.0% de Solidry obtuvieron un CBR DE 36.20% y finalmente la adición de 0.05lt/m³ de Conaid mas 50kg/m³ de cemento alcanzaron hasta un 52% de CBR.

Finalmente, fija como conclusiones: Cada aditivo mejoro las características del suelo, pero entre los más económicos está el aditivo proes.

Condor y Huamancayo (2016), en la tesis de pregrado **titulada** “Comparación Económica del resultado y el Mantenimiento entre los estabilizadores Proes y Consolid para el mejoramiento de suelos blandos para las carreteras no pavimentadas de la selva peruana”. fijo como **objetivo**: La comparación de los estabilizadores proes y Consolid de forma económica aplicados en carreteras no pavimentadas de suelos blandos, asimismo recomendar el mantenimiento.

Aplicando una **metodología** cuantitativa en base a medición numérica, obtuvo los **resultados**, donde se muestra que el grado de compactación es favorable, pues están entre 96.8% al 99.4%, demostrando que la capa estabilizada no se expande ni disgrega después de los 3 años transcurridos, asimismo, se observa que el CBR ha bajado valores no permitidos menores a 80%.

Finalmente, fija como **conclusiones** que el estabilizador químico aumenta su resistencia y mejora la comodidad de transporte, comprobando también que se deberá hacer el mantenimiento periódico al tercer año, garantizando el cómodo transito durante el periodo de vida.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Larry D. et al (2016) En la investigación **titulada** “EVALUATION OF CONSOLID SOIL STABILIZATION SYSTEM”, fijo como **objetivo** la mejora de rendimiento y longevidad de la carretera aplicando una metodología usando el sistema CONSOLID.

Aplicando una **metodología** cualitativa desde un punto de vista de factores estudiados, obtuvo los **resultados** , un producto de dos partes que consiste en un material seco (SOLIDRY) y un polímero liquido concentrado (CONSOLID 444), en las muestras de suelo, las de CONSOLID tenían una resistencia significativa a la carga con una baja permeabilidad, excepto las mezclas de arena limpia y 1% CONSOLID, asimismo, las mezclas de arena, piedra caliza y CONSOLID al 3% eran tan duras que rompieron el pasador de seguridad en la máquina de compresión.

Finalmente, se tiene como **conclusiones** que la resistencia del suelo incrementa de 2 a 4 veces la resistencia inicial; asimismo, la permeabilidad y capilaridad reducida es muy evidente, cabe aclarar que las carreteras estabilizadas con CONSOLID, si la resistencia es de 20 años, puede continuar brindando un servicio excelente con poco o ningún mantenimiento.

Ujival J. et al (2012) En la investigación **titulada** “A Study on Soil Stabilization through Innovative Material for Construction of Rural Roads”, fijo como **objetivo** el incremento del suelo in situ de los materiales de base y sub base de la carretera, aplicando la metodología CONSOLID para estabilización del suelo cohesivo, los materiales tratados aumentan su resistencia y el contenido de humedad se mantiene bajo, y los límites de Atterberg no son relevantes.

Aplicando una **metodología** cualitativa, interpretando datos y la información, obtuvo los **resultados** el CBR de remojo se mejora en un 18.55% desde un 3.2%, asimismo, la mejora del suelo tratado es sustancial y permite incorporar un 50% a 70% de arcillas.

Finalmente, fija como **conclusiones** que el sistema Consolid mejora el CBR de 4 a 5 veces y aumenta la cohesión entre el suelo y las partículas y mejora la resistencia al cizallamiento del suelo. Asimismo, el efecto de impermeabilización controla la sensibilidad del suelo, así como el remojo de agua como uno de los principales supuestos para la estabilidad.

Aguirre y Prado (2012) en la investigación **titulada** “Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del km 32 al km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema Consolid” fija como **objetivo** plantear una solución técnica para la estabilización de un

suelo trópico-andino de la Via Cuicocha - Apuela, con la finalidad de optimizar las propiedades y comportamientos mecánicos del suelo de la subrasante; con el objetivo de transformarlo en un material apto para el diseño y colocación de la capa de rodadura, eliminando únicamente las capas de sub-base y base granular que se colocan usualmente para así estimar y cuantificar la variación en el valor del CBR y el índice de plasticidad, entre el suelo natural y el suelo tratado con el sistema CONSOLID; ya que la importancia radica en el suelo y la estratigráfica que este posee y la calidad del suelo.

Aplicando una **metodología** cualitativa de forma que estima y cuantifica el CBR y el índice plástico

Finalmente, fija como **conclusiones** que las variaciones en los diferentes ensayos son significativas al ser tratados con el Sistema CONSOLID mejoran hasta en 40% más, realizada a nivel de sub – rasante. Ya que no solo mejora las propiedades mecánicas del suelo sino el comportamiento al añadirse dicho sistema al reemplazar la capa subrasante.

Gunther A. (1960) La empresa **titulada** “Consolid, la mejor solución para las carreteras del futuro”, fija como objetivo crear un producto de estabilización de suelos cohesivos aplicando la metodología CONSOLID que permite la mejora de resistencia de cualquier tipo de suelo, impermeabilizando, aumentando la capacidad portante, económico, reutilizable y eco amigable. Finalmente, fija como conclusiones que este método es un catalizador de petrificación, los cuales han sido certificados por OHSAS 18001-2007, ISO 14001:2015, ISO 9001-2015, ISO 1002:2018, ISO 45001:2018 y con testimonios y reconocimientos, esta nanotecnología se está implementando de forma reciente en el Perú.

Eren M. Filiz (2009) El artículo científico **titulado** “Comparación de los métodos convencionales de estabilización de suelos con el sistema de consólido, utilizado como aditivo alternativo en el material Isparta Daridere.”, fija como objetivo mejorar el suelo local pobre existente sin excavarlo, utilizando un método de estabilización mixto para la estabilización del suelo. Aplicando la metodología: Cualitativa, estudio de caso.

Finalmente, fija como conclusiones que todos los aditivos añadidos al material de suelo natural de Isparta Daridere, que no es apropiado para usarse como subrasante en cualquier construcción de

carreteras, aumentaron significativamente la capacidad de carga de este material y permitieron que se utilizara como material de base y cimentación en una construcción de carreteras.

Eren (2009) en su artículo científico: “Comparing the conventional soil stabilization methods to the Consolid system used as an alternative admixture matter in Isparta Daridere material” tuvo como objetivo mejorar el suelo natural evitando la explotación de canteras y aplicando el sistema Consolid. Su metodología fue de análisis comparativo y su conclusión es que el Consolid incrementa significativamente la resistencia del suelo de Isparta Daridere.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Polímeros

Tienen la misma fórmula que los jabones en polvo, su función es lubricar logrando una máxima densidad al momento de compactación, estos requieren gran contenido de arcilla para proporcionar propiedades vinculantes para la construcción de una carreta de forma exitosa. (ESTABILIZACION DEL SUELO, 2021).

Consolid. – es un producto estabilizador que permite corregir sus propiedades geotécnicas, la mezcla de monómeros y polímeros de consistencia semiviscosa (polímero líquido), que acelera el proceso de penetración mejorando la unión de suelos finos, tiene la capacidad de inhibir la absorción de agua y aumentar la densidad de suelos tratados. (CONSOLID, la mejor solución para las carreteras del futuro, 1973).

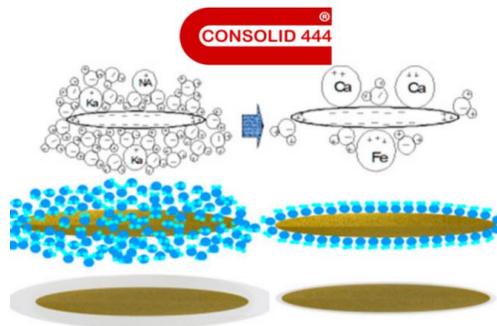


Figura 1.2. Consolid 444 nano estabilizador.

Solidry. - es un aditivo seco e inorgánico de color grisáceo compuesta por 63.5% de cemento (calidad 42.5), 32.5% de cal hidratada y un 4% de Solidry concentrado, la combinación de estos componentes tiene un efecto sinérgico. Esta mezcla se convierte en un intercambiador iónico, que recoloca los iones que se atraen, impregnando todas las partículas del suelo e inhibiendo la entrada del agua creando así un efecto de repelencia. (CONSOLID, la mejor solución para las carreteras del futuro, 1973).

Los beneficios de ambos polímeros son:

- Reducción del IP, mediante la reducción del L.L. (15% a 40%)
- Reducción del hinchamiento (50% a 100%).
- Aumento de CBR.

2.2.2. Estabilización de subrasante del suelo natural

La estabilización es un proceso de mejoramiento del comportamiento del suelo, con la reducción de influencia al agua, asimismo acrecentar su estabilidad y resistencia a largo plazo.

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo se mejoran mediante la adición de productos químicos para aumentar su resistencia mecánica y durabilidad.

Se debe considerar estabilizar subrasantes de suelos con $CBR \geq 6\%$, zonas húmedas o blandas ya sea con estabilización mecánica, remplazo de cimentación, estabilización con aditivos o con geo sintéticos, para lo cual, se deberá identificar el tipo de suelo y escoger el tipo de estabilización. (MTC, 2013).

2.2.2.1. Tipos de Estabilización

Estabilización mecánica: La estabilización mecánica es una técnica de mejora basada en la mezcla de diferentes materiales con propiedades adicionales para obtener nuevos materiales de alta calidad que cumplan con los requisitos necesarios. Las propiedades típicamente mejoradas por este tipo de estabilización son plasticidad y/o tamaño de partícula; el primero afecta la sensibilidad del material al agua y su capacidad de drenaje; el otro afecta la durabilidad, la maniobrabilidad y, en última instancia, la compacidad. El trabajo del ingeniero es concentrarse en determinar la relación mezclando dos (o tres) materiales disponibles en base a pruebas anteriores y usando un diagrama de triangulación con tres materiales diferentes. Actualmente existen herramientas

informáticas de análisis que pueden resolver fácilmente cálculos que solo limitan los parámetros de calidad que los ingenieros necesitan determinar. García y Blázquez (2000).

Estabilización química: La estabilización química del suelo es una tecnología basada en la aplicación de productos químicos denominados estabilizadores químicos, que deben mezclarse de forma uniforme y homogénea con el suelo a tratar y curar según las especificaciones técnicas del propio producto. El propósito principal del uso de estabilizadores químicos es impartir ciertas propiedades al suelo tratado en ciertos espesores que mejoren su desempeño durante las fases de construcción y/u operación. Las propiedades de comportamiento dependen de muchos factores, como la ubicación geográfica y las condiciones climáticas (temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, etc.). Además, depende de diferentes factores externos como los producidos por el tránsito de los vehículos (velocidad, configuración de ejes, neumáticos, sistemas de suspensión, y otros). Estas propiedades deben medirse in situ, utilizando estándares o métodos derivados de la experiencia de expertos en el campo, en condiciones reales de uso antes y después de la aplicación de estabilizadores químicos. Para evaluar la persistencia de la estabilización química en el campo, se debe tener en cuenta un período de análisis suficientemente largo, durante el cual se toman medidas para recopilar los datos necesarios para este propósito. MTC E 1109 – 2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos. (2004).

Estabilización física: Se utiliza para mejorar el suelo haciendo cambios físicos. Hay varios métodos como: Mezcla de suelo: este tipo de estabilización es muy utilizado, pero no puede producir el efecto deseado por sí mismo y siempre requiere al menos una compactación adicional. Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna, lo que hace que soporten grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme a una carretera; ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y pueden separarse e incluso salirse del camino con el paso de los vehículos. Por otro lado, las arcillas tienen una fuerte fuerza cohesiva y baja fricción, lo que puede hacer que pierdan estabilidad en condiciones de alta humedad. La combinación correcta de estos dos suelos puede crear un material que puede aprovechar la alta fricción interna de un suelo y la cohesión del otro, para que las partículas se peguen entre sí. Geotextiles, Vibro flotación (Mecánica de Suelos), Consolidación Previa. García y Blázquez (2000).

2.2.2.2. Densidad Seca

La densidad seca del suelo es la relación entre los sólidos y el volumen total del suelo, y debido a que la humedad del suelo puede variar, la densidad seca se usa para comparar el suelo compactado con los valores de densidad máxima. En las carreteras se medirá la densidad seca (Ec.1.2) in situ con la densidad seca de los ensayos de Proctor modificado (Densidad, humedad y parametros, 2012)

$$\gamma_d = W_s / V \quad (\text{Ec.1.2})$$

γ_d : Densidad seca

W_s : Peso de suelo

V : Volumen de suelo

2.2.2.3. CBR (California Bearing Ratio, CBR)

ASTM D-1883 & AASHTO. (2006) Este ensayo se puede realizar in situ o con muestras alteradas, generalmente se realizan en lavatorios, sirve para evaluar la capacidad portante del suelo, determinara la expansión del material, la resistencia a penetración, es una forma de clasificar un suelo para ser utilizado como subrasante, ya que este es un material base para la construcción de carreteras. (p. 1)

2.2.2.4. Ascensión Capilar

Los espacios que se encuentren en el suelo son como tubos capilares, estos tubos se conectan entre sí, en distintas direcciones construyendo un enrejado de vacíos, la altura capilar (Ec.2.2) en el suelo se puede estimar en h_c centímetros, en función a la relación de vacíos y diámetro efectivo de partículas. Laureate (2015)

$$h_c = \frac{c}{eD_{10}} \quad (\text{Ec.2.2})$$

C : constante que varía de 0.1 a 0.5

e : relación de vacíos

D_{10} : tamaño efectivo

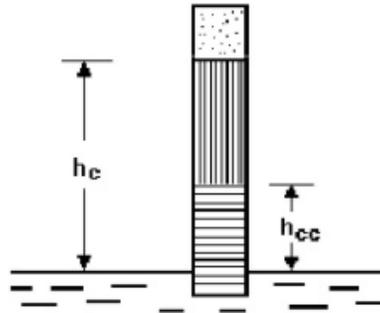


Figura 2.2. Ascensión capilar del agua.

2.2.3. Clasificación de suelos

Las propiedades del suelo se puede realizar sistemáticamente en cada uno de estos suelos para predecir el comportamiento aproximado de los suelos utilizados para delimitar sectores homogéneos. (Manual de carreteras suelos, geología, geotécnica y pavimentos). Cuadro correlación de tipos de suelos AASHTO. SUCS. Manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimento (2013)

Tabla 1.2. Cuadro comparativo de clasificación AASHTO-SUCS

Clasificación De Suelos AASHTO	Clasificación De Suelos SUCS
A-1-a	GW,GP,GM,SW,SP,SM
A-1-b	GM,GP,SM,SP
A-2	GM,GC,SM,SP
A-3	SP
A-4	CL,ML
A-5	ML,MH,CH
A-6	CL,CH
A-7	OH,MH,CH

Fuente: Ensayo de laboratorio de suelos MTC -2016.

2.2.4. Proctor Modificado

Existen el ensayo Proctor estándar y Proctor modificado, ambos ensayos determinan la densidad seca del suelo, una vez compactados se enrasan y luego se mide su densidad y humedad, los cuales se miden a través de la curva de saturación de cada espécimen. (Ensayo Proctor normal y Modificado) (p.1)

Esta prueba cubre los procedimientos de compactación utilizados en los laboratorios, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una energía de compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)). Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾" pulg). Mediante el cual se proporciona 3 métodos, el método debe ser indicado en cada ensayo, la elección se basa en la gradación del material. La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximado 16 kg y para el Método C es aproximado 29 kg de suelo seco, entonces la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg y 45 kg respectivamente. (MTC, 2013).

Tabla 2.2. Métodos del Proctor Modificado de acuerdo al tamaño de la muestra

Método A	Método B	Método C
<p>Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg) Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4). Número de capas: 5 Golpes por capa: 25 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4). Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.</p>	<p>Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg) Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4). Número de capas: 5 Golpes por capa: 25 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4). Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.</p>	<p>Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg) Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4). Número de capas: 5 Golpes por capa: 25 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4). Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.</p>

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales., MTC-2013

Luego de compactada la muestra se retira del molde y desbaratada nuevamente hasta que se obtiene grumos de tamaño aproximado del tamiz N°4 de acuerdo con estimación visual, se toman muestras para contenido de humedad, se añade más agua, se mezcla cuidadosamente el suelo, y se procede a compactar nuevamente el suelo en el molde. Esta secuencia se realizará el número de veces suficiente para obtener datos que permitan trazar la curva de densidad seca versus el contenido de humedad con un punto de pendiente o (un valor máximo) y suficientes puntos alrededor de ese máximo para confirmar la posición con precisión.

La ordenada de este diagrama es la densidad seca, se conoce como la densidad máxima, y el contenido de humedad al cual se presenta, esta densidad se denomina contenido de humedad óptimo (CHO). Para que un ensayo sea, estándar, los resultados deben ser reproducibles y deben usarse muestras nuevas cada vez o la muestra comprimida en el siguiente punto.

Si el cilindro de suelo no se compacta en tres incrementos aproximadamente iguales, los puntos de la curva también se verán inestables. Es decir, no caerán en una curva continua a cada lado del óptimo.

2.2.5. Ensayo PDC

El ensayo de penetración dinámica de cono, mide la penetración dinámica por golpes, es un método no destructivo, con este ensayo se mide la capacidad estructural del suelo; este método está normado por la ASTM-D 1883. tupia y Alva (2001)

El penetrometro dinámico mide la penetración dinámica por golpes. Es un método no destructivo que se utiliza en terrenos naturales o en el laboratorio para medir la capacidad estructural de los suelos. El dispositivo consta de una varilla de acero de penetración de 16mm de diámetro, con un cono de acero templado de 60 grados y 20mm de diámetro en su extremo inferior, un martillo deslizante de 8kg que cae desde una altura de 575mm y para realizar las lecturas consta de una regla unido a la barra de penetración.

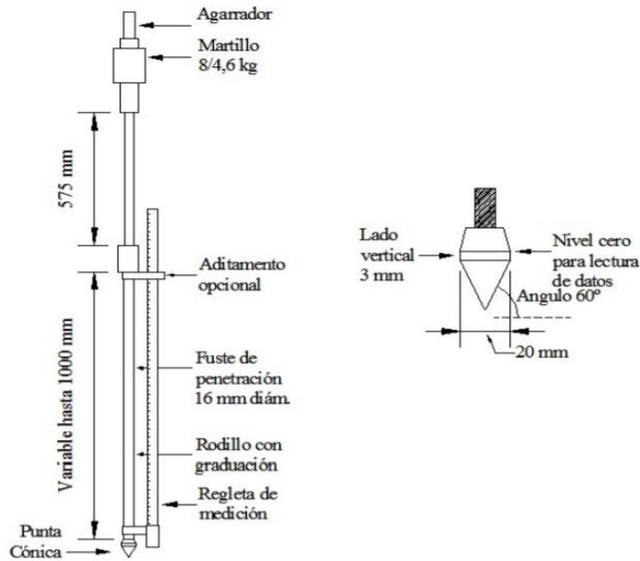


Figura 3.2. Equipo PDC - ASTM D-6951-03.

2.2.6. Ecuación de correlación entre resultados de PDC y CBR

$$CBR_{Natural} = 292 / DPI^{1.12} \rightarrow CBR_{PDC \text{ ASTM D6951 (USACE)}} (\%) \quad (\text{Ec.3.2})$$

$$CBR_{sumergido} = 10^{-(500 * LOG_{10}(DPI) - 1219) / 825} \rightarrow CBR_{LAB \text{ SUMERGIDO ASTM D1883}} (\%). \quad (\text{Ec.4.2})$$

Donde:

DPI: Altura de penetración del instrumento en mm para cada golpe.

2.2.7. Justificación del uso de ensayo PDC

El ensayo PDC empleado en la presente tesis tiene tres justificaciones: Primero, la económica, pues el costo de uso es una fracción del costo del uso de CBR in tradicional in situ, llegando a ser hasta una décima parte del mismo. Segundo, una justificación académica: no todas las universidades brindan las facilidades a todos los tesisistas para acceder a equipos en campo durante sus investigaciones. Finalmente, la facilidad de uso y rápido procesamiento de datos con alta correlación de resultados es una justificación técnica muy importante.

2.3. Definición de términos básicos

Capacidad Portante de Suelo. - Capacidad del suelo a soportar cargas, técnicamente es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el suelo que no se produzcan problemas por cortante del suelo o asentamiento. K. Terzagui (1943) p (274)

Estabilización. - Proceso físico o químico que mejora y controla la estabilidad volumétrica del suelo mejorando así su permeabilidad y durabilidad reduciendo la susceptibilidad al agua, se aprovecha la material in situ incrementando su resistencia a erosión, helada y otros agentes climáticos; este proceso proporciona una nueva reordenación de la estructura de este. Piqueras (2014) p. (145)

Estabilización granulométrica de suelos. - Este es un método que consiste en combinar y manipular de suelos en proporciones adecuadas y compactarlos, con el objetivo darles mayor estabilidad a los suelos naturales. Santos, Cardoso, Sant, Gomez y Araujo (2016)(p.6)

Estabilización Química del Suelo

Es el método por el cual se modifica las propiedades físicas y químicas del suelo, el químico añadido hará que el material reaccione como impermeabilizante, dispersante, floculante o aglutinante como se citó en Santos, Cardoso, Sant, Gomez y Araujo (2016) (p.7)

Subrasante.

Es la capa de 30 cm de espesor mínimo, que está en la parte superior de un terraplén o en corte, generalmente formada con el suelo natural. Moncayo (1985) (p. 20)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método: Científico

Según Hernández et al (2017) El método científico se basa en la observación, la experimentación, la medición, etc. utilizar para resolver o probar un conjunto de problemas para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados. (p.101)

La investigación se realizará con la observación directa sobre las muestras obtenidas con la adición de los polímeros, esta investigación busca conocer e interpretar los ensayos por su medición, dando las siguientes soluciones: Aumento de CBR, incremento de la densidad seca, disminución de ascensión capilar, del material in situ, según estas indicaciones se aplicará el método *científico*.

3.1.2. Tipo: Aplicada

Para Jiménez (1998), consiste en generar resultados que pueden aplicarse en el ámbito donde se realizan. Necesariamente no tiene que ser directo en el lugar de estudio, producción o servicio, pero si los resultados tienen que ser claros, confiables y verídicos para poder aplicar en la práctica. (p. 14)

Para el análisis del suelo en la presente tesis se evaluarán 12 tipos de mezclas con los polímeros, que se repetirán tres veces. Por lo que los resultados obtenidos serán claros, confiables y verídicos. De acuerdo a la teoría analizada y revisada, podemos decir que esta investigación es de tipo *aplicada*.

3.1.3. Nivel: Descriptivo y explicativo

Según Dr. Ramon E. (2018) “implica la búsqueda de aspectos no tan evidentes en el evento del estudio, de aquello que aparece oculto y subyace a la organización interna del evento, por ejemplo, analizar y comparar”.

El nivel que se considera en la investigación es aprehensivo, porque analizara y compara resultados de laboratorio y así saber si sus indicadores mencionados de la variable hacen que este varié.

De acuerdo a este análisis la investigación es de nivel *explicativo*.

3.2. Diseño de la Investigación

Baena (2017) “considera que el nivel experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de que método o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular” (p. 33)

El diseño mostrara la manipulación, de la variable suelo natural de subrasante con adición de los polímeros, se estudiará su capacidad portante, densidad seca y ascensión capilar en condiciones controladas, con el fin de describir que es lo que variara.

De acuerdo al análisis realizado en esta investigación será de diseño *experimental*, para determinar el modelo matemático lineal del tipo: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_2^2 + \epsilon$ (pág. 5)

Tabla 1 .3

Tabla de tratamientos y muestras según un diseño experimental D-optimizado.

Nombre y orden		Proporciones del tratamiento				
Nombre del tratamiento	Orden de ejecución	Caolinita (%)	Grava (%)	Consolid (%)	Solidry (%)	Tiempo (horas)
N1	1	15	30	0.1	1.5	1
N2	2	8	20	0.1	1	1
N3	3	15	30	0	1	8
N4	4	0	0	0.1	0.5	8
N5	5	15	0	0.5	0	1
N6	6	0	20	0.5	1.5	8
N7	7	0	30	0.04	0	8
N8	8	8	0	0.04	1.5	8
N9	9	15	20	0.04	0.5	1

Nombre y orden		Proporciones del tratamiento				
Nombre del tratamiento	Orden de ejecución	Caolinita (%)	Grava (%)	Consolid (%)	Solidry (%)	Tiempo (horas)
N10	10	8	20	0	0	1
N11	11	0	0	0	1.5	1
N12	12	8	30	0.5	0.5	1
N13	13	15	30	0.1	1.5	1
N14	14	15	20	0.04	0.5	1
N15	15	15	0	0.5	0	1
N16	16	8	0	0.04	1.5	8
N17	17	8	20	0	0	1
N18	18	0	0	0	1.5	1
N19	19	8	30	0.5	0.5	1
N20	20	8	20	0.1	1	1
N21	21	0	0	0.1	0.5	8
N22	22	0	20	0.5	1.5	8
N23	23	0	30	0.04	0	8
N24	24	15	30	0	1	8
N25	25	15	30	0.1	1.5	1
N26	26	15	20	0.04	0.5	1
N27	27	15	0	0.5	0	1
N28	28	8	0	0.04	1.5	8
N29	29	8	20	0	0	1
N30	30	0	0	0	1.5	1
N31	31	8	30	0.5	0.5	1
N32	32	8	20	0.1	1	1
N33	33	0	0	0.1	0.5	8
N34	34	0	20	0.5	1.5	8
N35	35	0	30	0.04	0	8
N36	36	15	30	0	1	8

Fuente: fuente propia.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

3.3.1. Población

Para Arias, et al (2016), “la población consiste en un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de

criterios predeterminados” (p. 202). La población está conformada por el camino vecinal del distrito Maras - Moray, que tiene un recorrido de 7.854 km y ancho de 8 metros aproximadamente.

3.3.2. Muestra

Según Ñaupas, et al (2018), “se define como una porción representativa de la población, que tienen las características y propiedades necesarias para la investigación, es suficientemente clara para no tener confusión alguna” (p.334). El marco muestral está conformado por el tramo del camino vecinal Maras- Moray, con un recorrido del 0+000km al 0+500km. Además, se ha considerado la unidad de análisis como la calicata donde se obtuvieron los 500 kilogramos de muestra para los experimentos.

3.3.3. Muestreo

Según Cuesta (como se cito en Garcia Gonzales) (2017), es una técnica de muestreo que recolecta muestras usando un proceso que no da a todos los mismos individuos en un grupo la misma oportunidad de ser seleccionados.

En este caso se escogerán muestras de la calicata ubicada en la progresiva 0+250 km de las que se obtendrán muestras de la subrasante de forma aleatoria. (p.1)

El muestreo de la presente tesis será probabilístico.

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

3.4.1. Técnica: Observación directa

Según Martínez (2020) Es un método para recopilar datos sobre un individuo, fenómeno o situación particular, los cuales son documentos teóricos para teóricos para investigaciones similares. (p.48)

Se utilizará la técnica de observación plasmada con protocolos de medición en cada ensayo realizado se anotará los resultados obtenidos para poder analizarlos después.

3.4.2. Instrumentos: Ficha de recopilación de información

Según Mejía (2005) son herraminetas que permiten la recopilacion de datos, pueden ser de diferentes tipos: La medicion, de constatacion, de acopio de informacion, etc. (p.13).

En la presente se utilizaron las técnicas de análisis estadístico, instrumentos de laboratorio, y fichas de observación.

3.4.3. Validez

Según Martínez (2006) Comentó que la validez debe reflejar clara y completamente las circunstancias investigadas respondiendo a las preguntas formuladas (p.5)

Tabla 2.3. Rango de validez

Rango de validez	Interpretación
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: Ruiz (2002)

Tabla 3.3. Validez del instrumento de variables V1 y V2

N°	Grado académico	Nombres y Apellidos	CIP	Validez
1	Mg.	Cesar Edilberto Arbulú Jurado	115754	1
2	Mg.	Orlando Barreto Jara	30193	0,83
3	Ing.	Elver Bernardo Tairo Tapia	53087	0,83

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Confiabilidad

Según Briones (1995) “la confiabilidad muestra el grado de confianza o validez en los procedimientos desarrollados para efectuar su estudio” (p.59)

Tabla 4.3. Rango de confiabilidad

Rango de confiabilidad	Interpretación
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

Para cada ensayo realizado en el proyecto, será muy importante la información, al momento de los ensayos de CBR con la utilización del PDL (penetración dinámica de cono), con la utilización de fichas exel y obtención de resultados de laboratorio.

3.6. Método de Análisis de Datos

Se analizarán los datos de cada muestra al momento del ensayo, Proctor (humedad y densidad), ensayo PDC (penetración dinámica de cono), midiendo la penetración en cada espécimen con los datos recolectados en tablas de laboratorio.

Diseño de tipo screening o tamizado.

En las primeras etapas del estudio de un proceso o fenómeno, se identifica una lista de factores que potencialmente afectan su respuesta o respuestas (variables dependientes). Un diseño screening está interesado en identificar los factores activos, es decir, los factores que realmente afectan su respuesta o respuestas. Un diseño de screening ayuda a determinar qué factores probablemente estén activos. Una vez que se identifican los factores activos, puede construir diseños más

sofisticados, como diseños de superficie de respuesta, para modelar las interacciones y la curvatura.

Los diseños de screening construidos con algún software (p.e. XLStat) de diseño personalizado suelen ser equivalentes a los diseños clásicos proporcionados en la plataforma de diseño de screening. Sin embargo, la plataforma de diseño personalizado construye diseños de cribado utilizando el criterio D-optimizado, éste minimiza el determinante de la matriz de covarianza de las estimaciones del coeficiente del modelo. De ello se deduce que D-optimizado se centra en estimaciones precisas de los efectos.

La presente tesis utiliza un diseño experimental tipo screening con matriz D-optimizada. Los pormenores del diseño detallan en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 4.3. Resumen de la optimización.

Número de experimentos	$\text{Log}(1/n \cdot I ^{1/p})$	$\text{Log}(I)$	$\text{Log}(I ^{1/p})$
12	-0.339	8.883	5.499

Fuente: Elaboración propia.

Donde: I la matriz de información, n representa el número de experimentos y p el número de variables desconocidas. Este algoritmo convergió en promedio después de 4 iteraciones.

A continuación se detallan los resultados Burt para el diseño experimental.

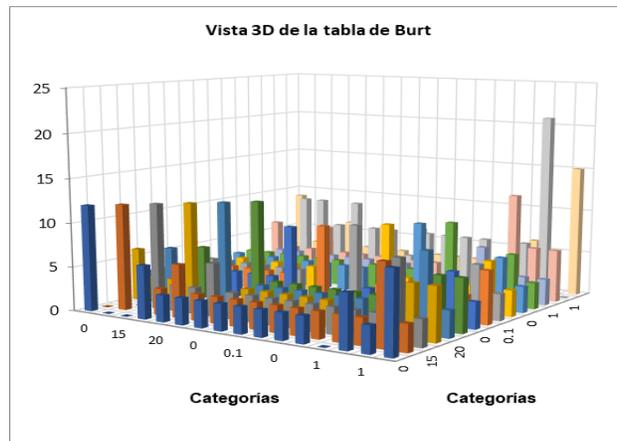


Figura 3.2. Equipo PDC - ASTM D-6951-03.

Tabla 4.3. Información sobre las variables.

Nombre corto	Nombre largo	Unidad	Unidad (símbolo)
CL_Cao	Contenido de arcilla caolinita	Porcentaje	%
G34	Grava	Porcentaje	%
C444	Dosis estabilizante Consolid	Porcentaje	%
Solidry	Dosis estabilizante Solidry	Porcentaje	%
T Mezcla	Tiempo de mezclado	Minutos	Min

Fuente: Elaboración propia.

Luego se transcribe la matriz de diseño codificado que se muestra a continuación.

Tabla 4.3. Diseño codificado (Optimizado).

Observación	Constante	Contenido de arcilla caolinita-1	Contenido de arcilla caolinita-2	Grava-1	Grava-2	Dosis estabilizante Consolid-1	Dosis estabilizante Consolid-2	Dosis estabilizante Consolid-3	Dosis estabilizante Solidry-1	Dosis estabilizante Solidry-2	Dosis estabilizante Solidry-3	Tiempo de mezclado-1	
Obs1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	-1
Obs9	1	1	0	-1	-1	1	0	0	0	0	0	1	1
Obs5	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	-1
Obs8	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	-1
Obs10	1	0	1	0	1	-1	-1	-1	0	1	0	0	1
Obs11	1	1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Obs12	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	1	-1
Obs2	1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	1	0	0	0	1
Obs4	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	-1
Obs6	1	0	1	-1	-1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1
Obs7	1	-1	-1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Obs3	1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	1

Fuente: Elaboración propia.

Con lo anterior se determina el número de ensayos y las dosificaciones para cada ensayo.

Observación	Orden de clasificación	Orden de ejecución	Repetición	Contenido de arcilla caolinita (%)	Grava (%)	Dosis estabilizante Consolid (%)	Dosis estabilizante Solidry (%)	Tiempo de mezclado (minutos)
Obs1	1	1	1	15	30	0.1	1.5	1
Obs9	2	9	1	8	20	0.1	1	1
Obs5	3	5	1	15	30	0	1	8
Obs8	4	8	1	0	0	0.1	0.5	8
Obs10	5	10	1	15	0	0.5	0	1
Obs11	6	11	1	0	20	0.5	1.5	8
Obs12	7	12	1	0	30	0.04	0	8
Obs2	8	2	1	8	0	0.04	1.5	8
Obs4	9	4	1	15	20	0.04	0.5	1
Obs6	10	6	1	8	20	0	0	1
Obs7	11	7	1	0	0	0	1.5	1

Observación	Orden de clasificación	Orden de ejecución	Repetición	Contenido de arcilla caolinita (%)	Grava (%)	Dosis estabilizante Consolid (%)	Dosis estabilizante Solidry (%)	Tiempo de mezclado (minutos)
Obs3	12	3	1	8	30	0.5	0.5	1
Obs13	1	1	2	15	30	0.1	1.5	1
Obs16	2	4	2	15	20	0.04	0.5	1
Obs22	3	10	2	15	0	0.5	0	1
Obs14	4	2	2	8	0	0.04	1.5	8
Obs18	5	6	2	8	20	0	0	1
Obs19	6	7	2	0	0	0	1.5	1
Obs15	7	3	2	8	30	0.5	0.5	1
Obs21	8	9	2	8	20	0.1	1	1
Obs20	9	8	2	0	0	0.1	0.5	8
Obs23	10	11	2	0	20	0.5	1.5	8
Obs24	11	12	2	0	30	0.04	0	8
Obs17	12	5	2	15	30	0	1	8
Obs25	1	1	3	15	30	0.1	1.5	1
Obs28	2	4	3	15	20	0.04	0.5	1
Obs34	3	10	3	15	0	0.5	0	1
Obs26	4	2	3	8	0	0.04	1.5	8
Obs30	5	6	3	8	20	0	0	1
Obs31	6	7	3	0	0	0	1.5	1
Obs27	7	3	3	8	30	0.5	0.5	1
Obs33	8	9	3	8	20	0.1	1	1
Obs32	9	8	3	0	0	0.1	0.5	8
Obs35	10	11	3	0	20	0.5	1.5	8
Obs36	11	12	3	0	30	0.04	0	8
Obs29	12	5	3	15	30	0	1	8

Así, quedan determinadas las mezclas a realizar en el laboratorio.

3.7. Prueba de hipótesis.

Análisis ANOVA

Según Minitab, Prueba ANOVA vs Prueba t de Student. A diferencia de la prueba t de Student, que solo se muestra cuando no hay variaciones significativas, ANOVA compara las variaciones entre poblaciones. Técnicamente, se puede ejecutar una serie de pruebas t en sus datos. Sin embargo, a medida que los grupos aumentan, es necesario realizar muchas comparaciones por pares lo cual no es práctico (2022). Si hay más de dos grupos, se debe usar otra técnica como ANOVA o su equivalente no paramétrico para determinar si las diferencias en las medias entre

tres o más grupos se deben al azar o a diferencias significativas. Este método es particularmente útil cuando se analizan escalas para varios temas de investigación comunes.

Para la prueba de hipótesis de la presente tesis, se hace uso del análisis de varianza o ANOVA múltiple, estableciéndose un nivel de significancia de 10% según recomendación de un experto ingeniero estadístico. A través de este valor se comprobará la significancia del efecto de los factores (variables independientes) estudiadas.

$$\alpha = 0.10$$

3.8. Aspectos éticos

“Describe los criterios nacionales e internacionales que se utilizan para garantizar la calidad ética de la investigación, explicando la aplicación de los principios éticos de beneficiar, autonomía, no maleficencia y justicia según corresponda”

“La validez de los resultados, los derechos de propiedad intelectual de los autores, la confiabilidad de la información y la identidad de las personas que participaron en el estudio se consideran estándares éticos: confidencialidad, objetividad, originalidad y consentimiento.”

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS Y RESULTADOS

9.1. Descripción de la zona de estudio

9.1.1. Ubicación

La Carretera Maras - Moray pertenece al Ramal PE-1N de la Red Vial Nacional, se encuentra ubicado en el Distrito de Maras, Provincia de Urubamba del departamento del Cusco. Sus coordenadas UTM en el inicio por el este 157447.625 y por el norte con 8523320.082 y al final por el este con 157057.290 y por el sur con 8523018.566 en el Datum WGS84-19S, su altitud media de 3420 msnm.

9.1.2. Características de la zona de estudio

A la fecha, la carretera Maras - Moray, se encuentra en servicio, tiene una vía lastrada en regulares condiciones de conservación, en el total del tramo la vía presenta una plataforma de tierra afirmado, en dichas condiciones con una longitud horizontal de 7.854 Km y un ancho promedio de plataforma de 8 metros, construida con fondos vecinos que es una plataforma de dos carriles, Carretera a nivel de subrasante donde la superficie de rodadura ha perdido afirmado, los tramos con pendientes suaves < 3%, velocidad de diseño de 30km/h, con un radio de curvatura de 15.00m, con una calzada de 20cm para que la vía sea uniforme, la vía cuenta con dos carriles con un ancho de carril de 3.00 m y cuneta de tierra, asimismo se indica que este camino está clasificado por el MTC como CU-1166. Estudios previos

9.1.3. Caracterización del material de subrasante

El material de sub rasante tiene las siguientes características cuando se encuentra en estado natural:

Tabla 1.4. Contenido de humedad natural

Muestra	Profundidad (cm)	Peso Cap.	Cap. SH	Cap. + SS	w%
1	100	47.7	373.5	335.0	13.4
2	40	47.8	397.5	365.5	10.1
3	60	47.4	416.5	381.5	10.5
4	80	47	447	404.0	12.0
5	120	47.7	440	366.0	23.2

Fuente: Informe de laboratorio de especialista externo.

Granulometría arroja una arena pobremente graduada

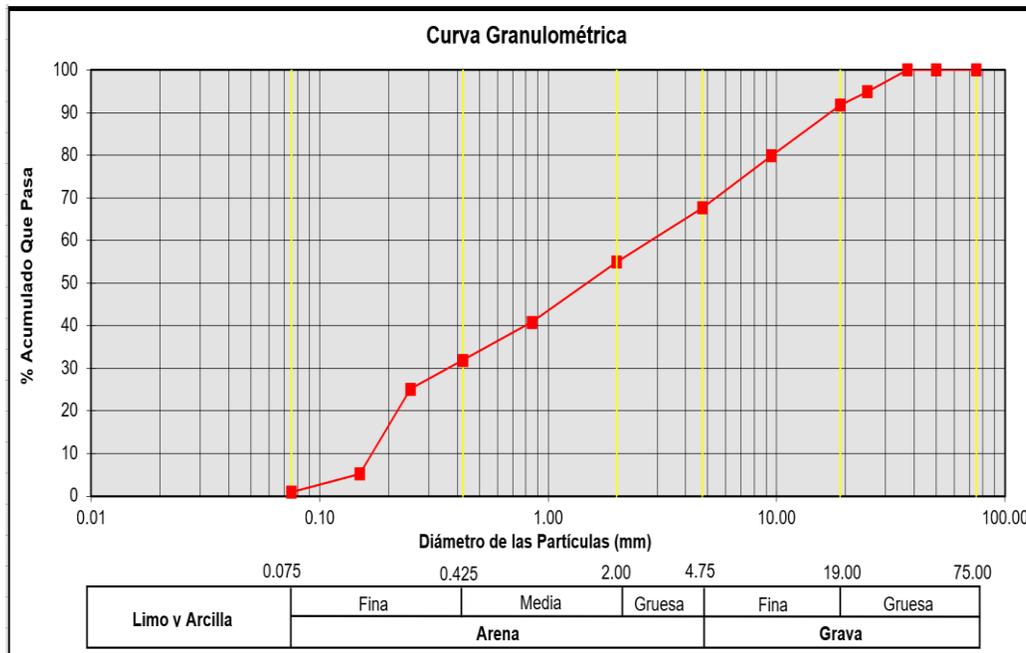


Figura 1.4. Granulometría de la arena.

Diagrama de fluidez arroja un límite de 27.37%

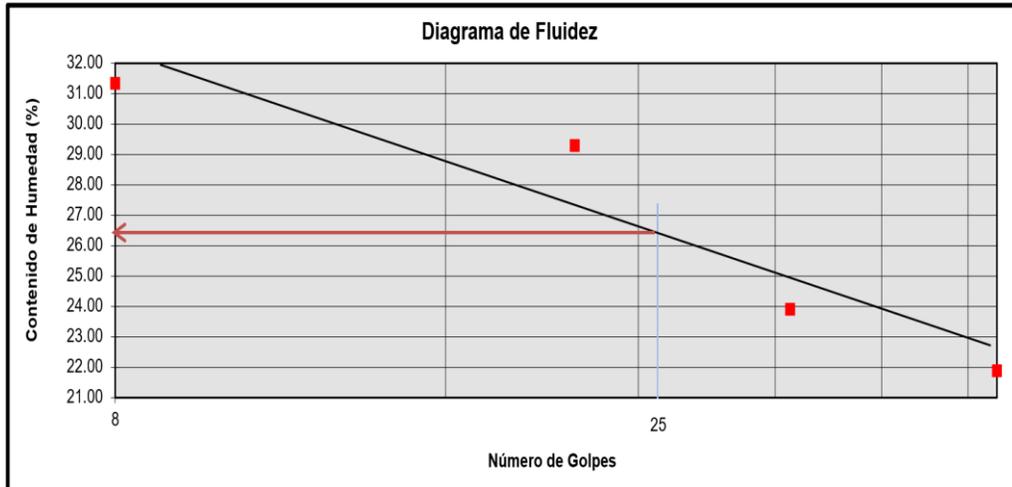


Figura 2.4. Diagrama de fluidez.

El CBR natural a 50 centímetros de profundidad está entre 20.6% y 81.3% y se distribuye superficialmente conforme se ve en la siguiente figura:

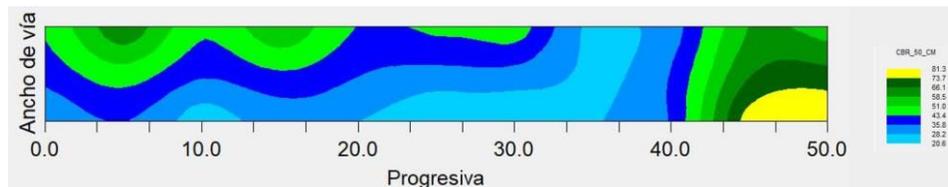


Figura 3.4. CBR natural superficial.

Cabe mencionar que de lo evidenciado anteriormente la mayor parte del CBR de la vía esta entre 20.6% y 35.8%.

9.1.4. Estudios de Campo

9.1.4.1. Estudios Topográficos

Para iniciar el levantamiento topográfico se realizó el recorrido del tramo de prueba del camino vecinal Maras-Moray, el que mide 500m con el objetivo de tener un panorama de las

características, cabe mencionar que de lo evidenciado anteriormente la mayor parte del CBR de la vía esta entre 20.6% y 35.8% y accesos que lo componen.

El levantamiento topográfico se realizó tomando puntos de control horizontal y vertical en la carretera Maras-Moray; asimismo, se tomará en cuenta una cantidad adecuada de puntos con el fin de representarlo en el plano topográfico, el método utilizado es el planímetro. (anexo 4).

Los instrumentos que se utilizaron son una estación total Leica modelo TCR405 Power R100 Serie 847205 y se estaciono el control horizontal con el GPS diferencial, las características y ultima calibración se muestran en el (anexo 5)

La información de campo se muestra en la libreta electrónica, los cuales fueron exportados y procesados con el programa Civil 3D (libreta electrónica Anexo 6).

Las muestras para la presente investigación fueron extraídas bajo la supervisión del consultor Ing. CIP César Arbulú Jurado (cel. 984685155) y luego entregadas a la autora de la tesis, como evidencia se adjunta la siguiente imagen.



Figura 4.4. Extracción de muestras Copesco.

9.1.4.2. Pozo exploratorio

En la presente investigación se realizó 01 calicata de 1.50m de profundidad, tomando como referencia lo que indica el “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos” en el tramo de prueba del camino vecinal Maras – Moray en la progresiva 0+250m.

Tabla 2.4. Ubicación de muestra del suelo

CALICATA	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	PROGRESIVA
1	8523589.0071	807292.5668	3447.7736	0+250.0000

Fuente: Elaboración propia.

En el perfil estratigráfico de la calicata se aprecia en los primeros 0.30m el tipo de suelo GP (grava mal graduada), que fue un material de pavimentación antigua y en los siguientes 1.20m el tipo de suelo SP (arena mal graduada con grava con poco o nada de material fino), como se muestra Anexo6.

En el tramo de prueba se midió la densidad de campo in situ con el método de cono de arena y la humedad, esto se realizará con el objetivo de verificar la compactación del suelo en campo; asimismo, se realizó ensayos de PDC in situ con la finalidad de verificar si se trataba del mismo suelo.

De la calicata realizada se extrajo 150kl de muestra de suelo con el objetivo de verificar cuanto mejoraría el suelo con los polímeros.

9.1.5. Estudios de Laboratorio

Para la muestra extraída del tramo de prueba con la adición de polímeros, se determinarán sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos estándar y ensayos especiales que se mencionan a continuación.

ENSAYOS ESTANDAR-NORMA USADA

- Análisis Granulométrico-NTP 339.128 ASTM D422.
- Clasificación unificada de suelos-NTP 339.134 ASTM D2487.
- Gravedad específica de solidos (anexo 9)

ENSAYOS ESPECIALES-NORMA USADA

- Relaciones Humedad Densidad (Proctor)-NTP 339 MTC E 115-2000.
- CBR-NTP 399 ASTM D6951.

9.2. Análisis de información

Objetivo 1: Cuantificar el cambio de la densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

9.2.1. Cálculo del cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.

Para la elaboración de los cálculos se hizo una tabla de proporciones de Consolid C444 y Solidry, obtenidas del antecedente nacional y del producto del fabricante.

Copa y Fernández (2018) usaron las proporciones de Consolid C444 en 0%, 0.04%, 0.1% y 0.5% y de Solidry al 1.5%, las cuales se usaron también en la presente tesis.

Por lo anteriormente expuesto se toma en cuenta las proporciones de Consolid y Solidry, a lo que se le agrego de forma proporcional el Solidry menores o igual al 1.5%.

De lo expuesto, se tienen 4 dosis de polímero sólido Consolid C444 y 4 dosis del polímero líquido Solidry, las cuales fueron combinadas de forma aleatoria de manera que no se repitan de la operación 4 por 4, haciendo un total de 16 combinaciones con relación a las proporciones de los polímeros.

Tabla 3.4. Combinaciones de polímeros

COMBINACIONES	DOSIS	DOSIS
	ESTABILIZANTE CONSOLID %	ESTABILIZANTE SOLIDRY %
COMB1	0.1	1.5
COMB2	0.04	1.5
COMB3	0.5	0.5
COMB4	0.04	0.5
COMB5	0	1
COMB6	0	0
COMB7	0	1.5
COMB8	0.1	0.5
COMB9	0.1	1
COMB10	0.5	0
COMB11	0.5	1.5
COMB12	0.04	0
COMB13	0.1	0
COMB14	0.04	1
COMB15	0.5	1
COMB16	0	0.5

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3.4 donde se muestran 16 combinaciones, se redujo a 12 combinaciones debido a que: Copa y Fernández (2018) recomienda usar 0.1% de Consolid C444 y 1.5% de Solidry, asimismo sostuvo que el Consolid al 5% tiende a cambiar las propiedades de suelo, pero con la adición del Solidry al 1.5% esta mejora las características físicas; dicho esto, con las conclusiones y recomendaciones del antecedente esta se reduce a 12 combinaciones como se muestra la tabla 4.4.

Entonces, se tiene que debido al antecedente nacional se redujeron a 12 combinaciones las cuales se repetirán tres veces, asimismo, estas combinaciones irán acompañadas por los porcentajes de arcilla debido a que el suelo tiene muy poco porcentaje de arcilla, el tiempo está determinado por el fabricante y la grava determinado por el ministerio de trasportes y comunicaciones:

Tabla 4.4. Combinaciones de ensayos

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID %*	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY %*	CONTENIDO DE ARCILLA CAOLINITA %*	GRAVA %*	TIEMPO DE MEZCLADO min
COMB1	0.1	1.5	15	30	1
COMB2	0.04	1.5	8	0	8
COMB3	0.5	0.5	8	30	1
COMB4	0.04	0.5	15	20	1
COMB5	0	1	15	30	8
COMB6	0	0	8	20	1
COMB7	0	1.5	0	0	1
COMB8	0.1	0.5	0	0	8
COMB9	0.1	1	8	20	1
COMB10	0.5	0	15	0	1
COMB11	0.5	1.5	0	20	8
COMB12	0.04	0	0	30	8

*Este porcentaje está referido al volumen de peso de suelo

Para el cálculo de la densidad seca, se realizó el ensayo del penetrometro dinámico de cono PDC, con el que se obtuvo las diferentes densidades de cada combinación repetida tres veces para una respuesta más óptima, se muestra uno de los ensayos en la tabla 4.4 y los siguientes 35 ensayos se encuentran en la memoria de cálculo, asimismo en tabla 5.4 mostrando un resumen de los resultados obtenidos de densidad.

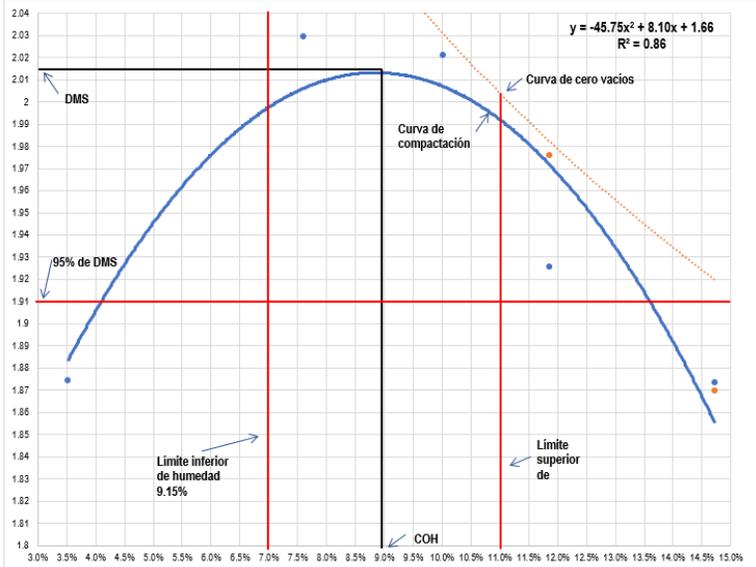
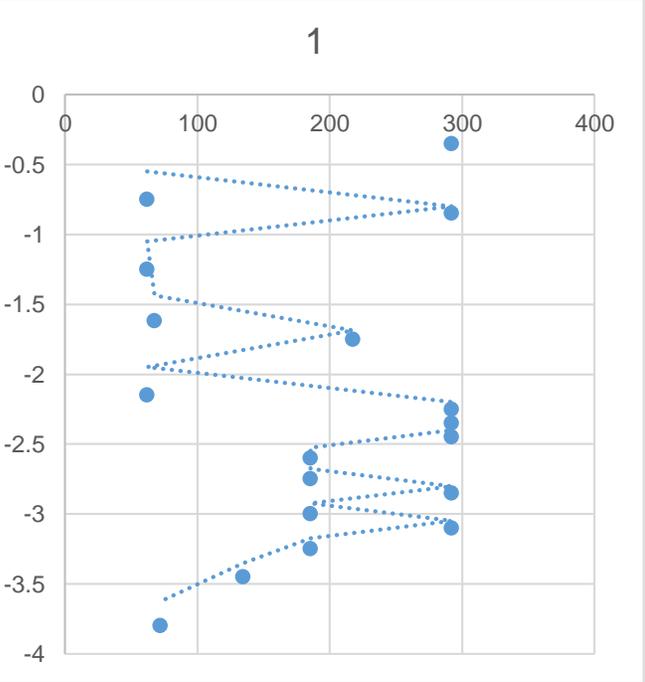
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"															
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar															
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray															
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú															
MUESTRA					DATOS DE MOLDE											
Numero de muestra	1				Altura del molde (cm)					11.818						
Ensayo	Proctor Modificado				diámetro del molde (cm)					15.209						
Norma de referencia	MTC E 115-2000				volumen del molde (cc)					2147.02						
DATOS DE DENSIDAD																
Ensayo	Nº	1			2			3			4			5		
Peso del Molde y Muestra	gr	10124			10646			10732			10584			10574		
Peso del Molde	gr	5958			5958			5958			5960			5960		
Peso de la Muestra Compactada	gr	4166			4688			4774			4624			4614		
Densidad Húmeda	gr/cm3	1.9403			2.1835			2.2236			2.15369			2.149		
Densidad Seca	gr/cm3	1.8744			2.0294			2.0212			1.9254			1.8732		
DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																
Capsula	Nº	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3*	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c
Peso de Capsula	gr	21.9	20.4	21.6	20.6	17.3	20.8	21	20.7	20.7	20.7	21	21.9	20.6	20.3	22
Peso de Cap+Suelo Húmedo	gr	201.9	200.6	229.4	150.6	102.3	157.7	172.3	191.9	172.7	174.9	218.15	189.1	221.1	200.9	193.8
Peso de Cap + Suelo Seco	gr	195.4	194.6	222.4	141.6	96.9	146.9	160.3	176	157.5	158.2	198.4	170.8	194	178.5	175.2
Peso del Agua	gr	6.5	5.8	7.0	9.0	5.4	10.8	12.1	15.9	15.2	16.7	19.8	18.3	27.01	22.4	216
Peso del Suelo Seco	gr	173.5	174.4	200.8	121.0	79.6	126.1	139.2	155.3	136.8	137.5	177.4	148.9	173.4	158.2	150.2
Contenido de Humedad	gr	3.7%	3.3%	3.5%	7.4%	6.8%	8.6%	8.7%	10.2%	11.1%	12.1%	11.1%	12.3%	15.6%	14.2%	14.4%
Contenido de Humedad prom	%	3.5%			7.6%			10.0%			11.9%			14.7%		
TABLA RESUMEN																
Nº del ensayo Proctor	w	g														
1	3.5%	1.8744														
2	7.6%	2.02936														
3	10.0%	2.02115														
4	11.9%	1.92541														
5	14.7%	1.87323														
DMS	2.012															
COH	8.85%															
R2	0.8600															
BANDAS DE CONFIANZA																
Límite superior de la DMS	2.012															
Límite inferior de la DMS	2.012															
Porcentaje de la DMS en exp Tec	95%															
Mínimo minorum de la DMS	1.91															
Tolerancia de Humedad	2%															
Límite superior de la Humedad	10.85%															
Límite inferior de la Humedad	6.85%															
CURVA DE CERO VACIOS																
Gs	2.58															
W	7															
2.0%	2.45															
3.5%	2.37															
7.6%	2.16															
10.0%	2.05															
11.9%	1.98															
14.7%	1.87															
GRAFICO																
																

Tabla 5.4. Ensayo Proctor

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.4. Ensayo CBR-PDC de la Muestra 1

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	1		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			Gr	10958	
Peso de molde vacío			Gr	6398	
Peso de muestra eyectada húmeda			Gr	4338	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			Gr	3950	
Peso de muestra compactada			Gr	4560	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.12	
Densidad húmeda			%	9.80	
Densidad Seca			gr/cm3	1.93	
Grado de compactación			%	96.10	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)				0	
Altura de ascensión capilar luego de una hora				62.8	
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.25	-0.25	0	0	
1	0.35	-0.35	1	292	
2	0.75	-0.75	4	61.8	
3	0.85	-0.85	1	292	
4	1.25	-1.25	4	61.8	
6	1.62	-1.62	3.7	67.5	
7	1.75	-1.75	1.3	217.7	
9	2.15	-2.15	4	61.8	
10	2.25	-2.25	1	292	
11	2.35	-2.35	1	292	
12	2.45	-2.45	1	292	
13	2.6	-2.6	1.5	185.4	
14	1.75	-1.75	1.5	185.4	
16	2.85	-2.85	1	292	
17	3	-3	1.5	185.4	
18	3.1	-3.1	1	134.3	
19	3.25	-3.25	1.5	71.8	
22	3.45	-3.45	2	134.3	
26	3.8	-3.8	3.5	71.8	
CBR PROMEDIO				151	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.4. Densidad Seca del suelo subrasante con adición de polímeros

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%*	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%*	DENSIDAD SECA (gr/cm3)		
COMB1	0.1	1.5	1.93	2.01	1.92
COMB2	0.04	1.5	1.95	1.88	2.01
COMB3	0.5	0.5	1.97	1.96	1.99
COMB4	0.04	0.5	1.98	1.93	1.92
COMB5	0	1	2.01	2.02	1.98
COMB6	0	0	1.96	1.96	1.93
COMB7	0	1.5	1.95	1.97	1.95
COMB8	0.1	0.5	2.03	1.94	1.96
COMB9	0.1	1	1.94	1.95	1.95
COMB10	0.5	0	1.87	1.91	1.88
COMB11	0.5	1.5	1.95	1.93	1.96
COMB12	0.04	0	1.99	1.97	2.01

*Este porcentaje está referido al volumen de peso de suelo

Objetivo 2: Determinar el cambio del CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

9.2.2. Determinación del cambio de CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.

Para la determinación del cambio de CBR se usarán las mismas fichas de cálculo del ensayo de CBR-PDC, usadas para el cálculo de densidad seca. Los resúmenes de resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.4, asimismo, como ejemplo se muestra el ensayo de la muestra 2 en la tabla 6.4, las siguientes fichas se encuentran en la memoria de cálculo.

Tabla 9.4. CBR del suelo subrasante con adición de polímeros

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%*	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%*	CBR %		
COMB1	0.1	1.5	151	120	116
COMB2	0.04	1.5	112	123	140
COMB3	0.5	0.5	68	46	84
COMB4	0.04	0.5	77	70	77
COMB5	0	1	115	114	104
COMB6	0	0	44	41	36
COMB7	0	1.5	51	88	60
COMB8	0.1	0.5	91	52	52
COMB9	0.1	1	57	135	85
COMB10	0.5	0	47	50	76
COMB11	0.5	1.5	79	48	51
COMB12	0.04	0	15	8	19

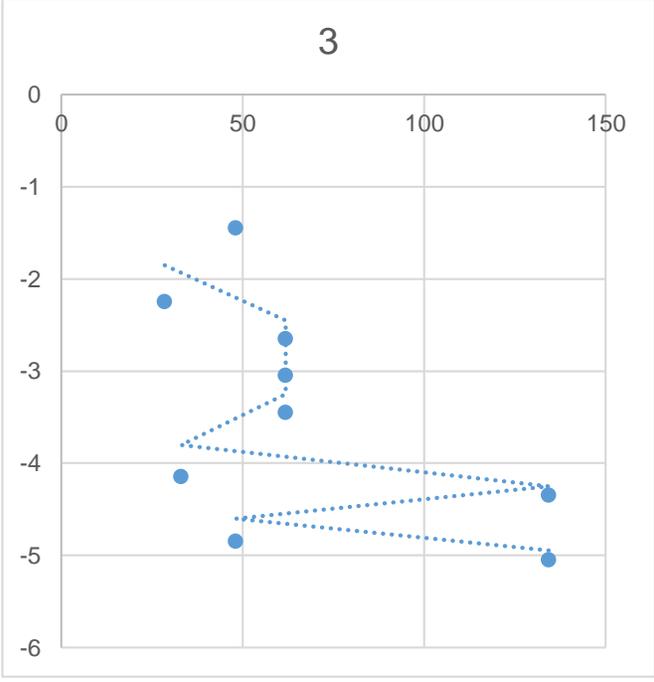
*Este porcentaje está referido al volumen de peso de suelo

Objetivo 3: Estimar la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.

9.2.3. Análisis de la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.

El análisis de datos de ascensión capilar se midió con un vernier, el cual se anotó en las fichas de los ensayos de CBR – PDC, las mismas que se encuentran en la memoria de cálculo y en las próximas tablas se muestra la ficha de la muestra número 3 en la tabla 8.4 y la tabla 9.4 del resumen de ascensión capilar, los ensayos faltantes se encuentran en la memoria de cálculo.

Tabla 10.4. Ensayo CBR – PDC de la muestra 3.

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	“Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021”			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE	
Numero de muestra	3		Altura del molde (cm)	11.818
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10886
Peso de molde vacío			gr	6226
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4436
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	4030
Peso de muestra compactada			gr	4660
Contenido de humedad			gr/cm3	2.17
Densidad húmeda			%	10.10
Densidad Seca			gr/cm3	1.97
Grado de compactación			%	98
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)				0
Altura de ascensión capilar luego de una hora				57.5
DATOS DE CBR				
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)
Oed	0.95	-0.95	0	0
1	1.45	-1.45	5	48.1
2	2.25	-2.25	8	28.4
3	2.65	-2.65	4	61.8
4	3.05	-3.05	4	61.8
5	3.45	-3.45	4	61.8
6	4.15	-4.15	7	33
7	4.35	-4.35	2	314.3
8	4.85	-4.85	5	48.1
9	5.05	-5.05	2	134.3
CBR PROMEDIO				68
GRÁFICO				
				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.4. Ascensión Capilar del suelo subrasante con adición de polímeros

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%*	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%*	ASCENSION CAPILAR (mm/hora)		
COMB1	0.1	1.5	62.8	57.6	50
COMB2	0.04	1.5	53.3	52.4	56
COMB3	0.5	0.5	57.5	62	66
COMB4	0.04	0.5	72.2	86.3	74.8
COMB5	0	1	70.7	68.1	52.2
COMB6	0	0	79.7	74	66
COMB7	0	1.5	58.8	56	62.7
COMB8	0.1	0.5	86.4	60	70
COMB9	0.1	1	49	73	62.7
COMB10	0.5	0	73.2	62.3	54.5
COMB11	0.5	1.5	52.3	60.9	54.9
COMB12	0.04	0	79.5	86.4	86

*Este porcentaje está referido al volumen de peso de suelo

9.2.4. Determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros – camino vecinal.

Para la determinación de la estabilización se realizó un cuadro de los 36 ensayos de PDC con los análisis de los datos obtenidos, asimismo se le agrego el porcentaje de humedad de cada combinación y de esa forma poder ver los posibles casos de estabilización con sus respectivas repeticiones con la utilización de los polímeros.

Tabla 12.4. Diseños de estabilización del suelo subrasante con adición de polímeros

OBSERVACIONES	COMBINACIONES	CBR%*	w%	Ds(gr/cm3)	Ascensión capilar(mm/hora)
Obs1	COMB1	151	9.8	1.93	62.8
Obs2	COMB2	112	10.6	1.95	53.3
Obs3	COMB3	68	10.1	1.97	57.5
Obs4	COMB4	77	10.4	1.98	72.2
Obs5	COMB5	115	8.9	2.01	70.7
Obs6	COMB6	44	9.3	1.96	79.7
Obs7	COMB7	51	11.1	1.95	58.8
Obs8	COMB8	91	10	2.03	86.4

Obs9	COMB9	57	9.5	1.94	49
Obs10	COMB10	47	12.6	1.87	73.2
Obs11	COMB11	79	9.2	1.95	52.3
Obs12	COMB12	15	9.2	1.99	79.5
Obs13	COMB1	120	9.8	2.01	57.6
Obs14	COMB2	123	11.5	1.88	52.4
Obs15	COMB3	46	10	1.96	62
Obs16	COMB4	70	10.1	1.93	86.3
Obs17	COMB5	114	8.1	2.02	68.1
Obs18	COMB6	41	9.3	1.96	74
Obs19	COMB7	81	9.1	1.97	56
Obs20	COMB8	52	9.7	1.94	60
Obs21	COMB9	135	9.9	1.95	73
Obs22	COMB10	50	8.9	1.91	62.3
Obs23	COMB11	48	14.8	1.93	60.9
Obs24	COMB12	8	10.5	1.97	86.4
Obs25	COMB1	116	9.3	1.92	50
Obs26	COMB2	140	8.3	2.01	56
Obs27	COMB3	84	9.7	1.99	66
Obs28	COMB4	77	9.6	1.92	74.8
Obs29	COMB5	104	9.2	1.98	52.2
Obs30	COMB6	36	11.3	1.93	66
Obs31	COMB7	60	8.9	1.95	62.7
Obs32	COMB8	52	11.3	1.96	70
Obs33	COMB9	85	9.6	1.95	62.7
Obs34	COMB10	76	11.7	1.88	54.5
Obs35	COMB11	51	11	1.96	54.9
Obs36	COMB12	19	9.2	2.01	86

Fuente: Elaboración propia

9.3. Resultados de la investigación

9.3.1. Determinación del cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.

Realizado el análisis optimizado en el programa xlat, se tiene que la densidad seca para las distintas dosis de polímero, contenido de arcilla, grava y tiempo de mezclado, se obtiene la tabla 13.4 y la figura 5.4.

Tabla 13.4. Densidad Seca del suelo subrasante con adición de polímeros

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID %	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY %	CONTENIDO DE ARCILLA CAOLINITA %	GRAVA %	TIEMPO DE MEZCLADO min	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
COMB1	0.1	1.5	15	30	1	1.95
COMB2	0.04	1.5	8	0	8	1.95
COMB3	0.5	0.5	8	30	1	1.97
COMB4	0.04	0.5	15	20	1	1.94
COMB5	0	1	15	30	8	2.00
COMB6	0	0	8	20	1	1.95
COMB7	0	1.5	0	0	1	1.96
COMB8	0.1	0.5	0	0	8	1.98
COMB9	0.1	1	8	20	1	1.95
COMB10	0.5	0	15	0	1	1.88
COMB11	0.5	1.5	0	20	8	1.95
COMB12	0.04	0	0	30	8	1.99

* Densidad seca promedio no sumergido, corregido por densidad y estandarizado a la humedad óptima

Interpretación:

Según la tabla 11.4 la densidad seca varía de 1.94 gr/cm³ para 0.04% de Consolid C444, 0.5% de Solidry, con un incremento de 15% de caolinita, 20% grava y un tiempo de mezclado de 1 minuto hasta 2.00gr/cm³ de densidad seca y para 1% de Solidry, con un incremento de 15% de caolinita, 30% de grava y un tiempo de mezclado de 8 minutos. En promedio, la máxima densidad alcanza a 2.00 gr/cm³ frente a 1.94 gr/cm³; lo que representa un incremento de 2%.

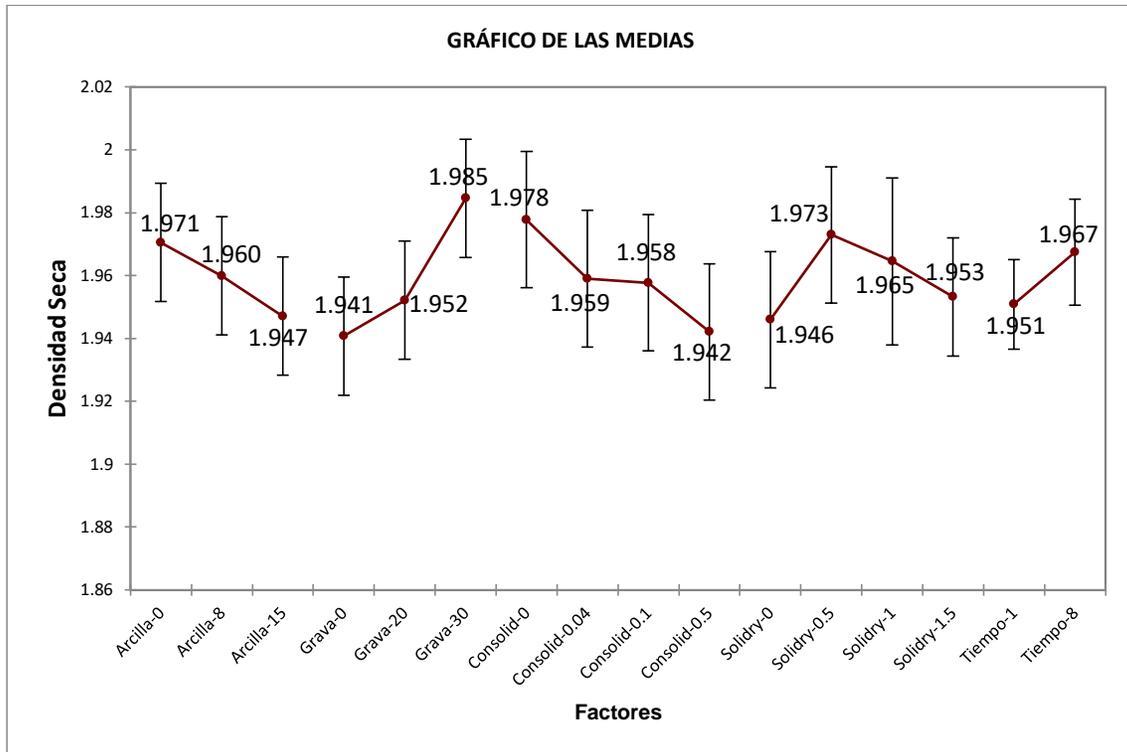


Figura 5.4. Variación de la densidad seca según la adición de Consolid C444 y Solidry.

Interpretación:

Se observa que la densidad seca es mayor sin la adición de Consolid alcanzando con una densidad seca de 1.978 gr/cm³ y que al añadir un 0.5% de Consolid, este tiende a disminuir hasta un 1.942 gr/cm³ de densidad seca. Sin embargo, al añadir 0.5% de Solidry este alcanza una densidad seca de 1.973 gr/cm³ y al añadir 1.5% de Solidry se disminuyó hasta un 1.953 gr/cm³ de la densidad seca. Se entiende entonces que para obtener mayor densidad no se adicionara Consolid ni arcilla, al adicionar mayores cantidades de Solidry solo disminuirá la densidad, por lo que se llega a solo adicionar el 0.5 alcanzando mayor densidad y al adicionar grava y tiempo al máximo estimado este solo hará que se tengan valores positivos.

9.3.2. Determinación del cambio del CBR de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros.

Tabla 14.4. Resultados de CBR%

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%	CONTENIDO DE ARCILLA CAOLINITA %	GRAVA %	TIEMPO DE MEZCLADO min	CBR %*
COMB1	0.1	1.5	15	30	1	129
COMB2	0.04	1.5	8	0	8	125
COMB3	0.5	0.5	8	30	1	66
COMB4	0.04	0.5	15	20	1	75
COMB5	0	1	15	30	8	111
COMB6	0	0	8	20	1	40
COMB7	0	1.5	0	0	1	66
COMB8	0.1	0.5	0	0	8	65
COMB9	0.1	1	8	20	1	92
COMB10	0.5	0	15	0	1	58
COMB11	0.5	1.5	0	20	8	59
COMB12	0.04	0	0	30	8	14

* CBR promedio no sumergido, corregido por densidad y estandarizado a la humedad óptima

Interpretación:

Según la Tabla 14.4 el CBR varía del 14% para 0.04% de Consolid, 0% de Solidry, con un incremento de 1% de caolinita y un tiempo de mezclado de 8 minutos, hasta un 129% de CBR para 0.1% de Consolid, 1.5% de Solidry, con un incremento de 15% de caolinita, 30% de grava y un tiempo de mezclado de 1 minuto. El máximo CBR alcanza a 129% frente a 40%; lo que representa un incremento de 223% del CBR inicial.

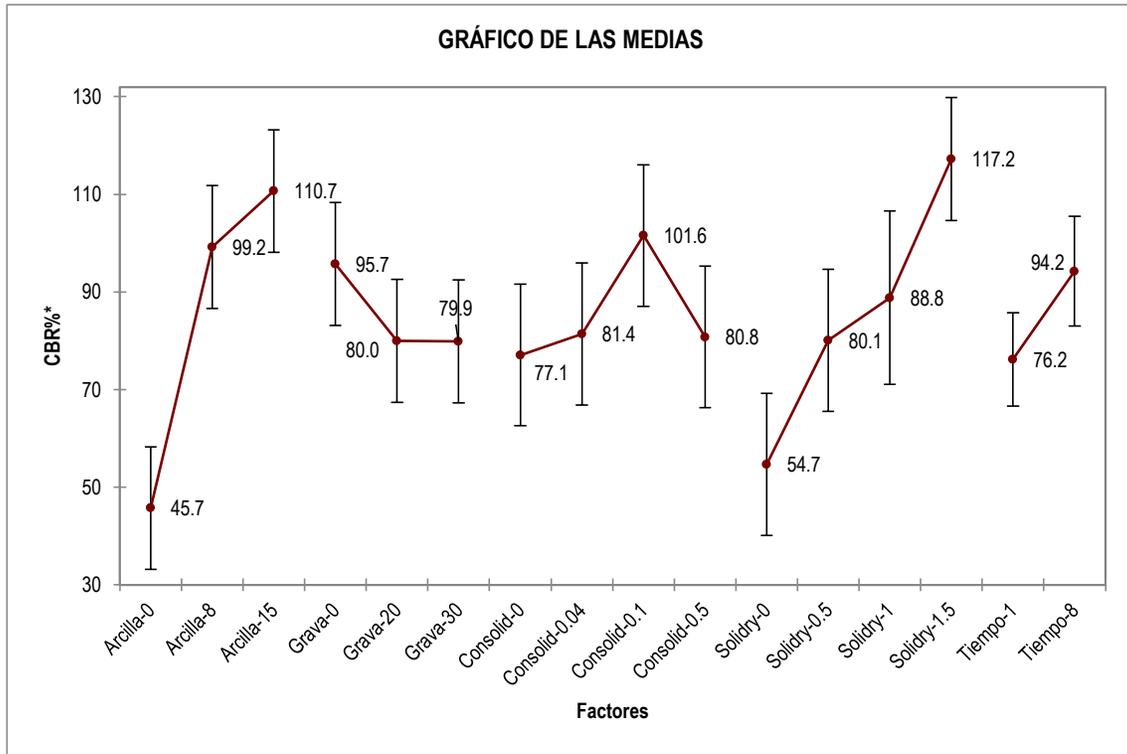


Figura 6.4. Variación de CBR según la adición de Consolid C444 y Solidry.

Interpretación:

Según la figura 6.4 se observa que el CBR del suelo natural con adición del polímero Consolid al 0.1% con respecto al peso del suelo asciende a un 101.6%, sin embargo, al aumentar la dosis 0.5% este tiende a alterarse con tendencia a disminuir, en cambio, al adicionar las dosificaciones de Solidry este solo acrecienta de forma significativa el CBR.

Entonces, el CBR al igual que la densidad aumenta de manera significativa con adiciones de Solidry y mayor tiempo de mezclado, como también cabe indicar que ha cierto punto al adicionar el Consolid al máximo, este disminuye por lo que se llega a adiciones el 0.1% para que alcance mayor CBR en el suelo.

9.3.3. Análisis de la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros.

Tabla 15.4. Resultados de ascensión capilar

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%	CONTENIDO DE ARCILLA CAOLINITA %	GRAVA %	TIEMPO DE MEZCLADO min	ASCENSIÓN CAPILAR (mm)*
COMB1	0.1	1.5	15	30	1	56.8
COMB2	0.04	1.5	8	0	8	53.9
COMB3	0.5	0.5	8	30	1	61.8
COMB4	0.04	0.5	15	20	1	77.8
COMB5	0	1	15	30	8	63.7
COMB6	0	0	8	20	1	73.2
COMB7	0	1.5	0	0	1	59.2
COMB8	0.1	0.5	0	0	8	72.1
COMB9	0.1	1	8	20	1	61.6
COMB10	0.5	0	15	0	1	63.3
COMB11	0.5	1.5	0	20	8	56.1
COMB12	0.04	0	0	30	8	83.9

* Se refiere a valores promedio

Interpretación:

Según la tabla 15.4 la ascensión capilar varía del 53.9mm para 0.04% de Consolid, 1.5% de Solidry, con un incremento de 8% de caolinita y un tiempo de mezclado de 8 minutos hasta un 83.9mm para 0.04% de Consolid, 0% de Solidry, con un incremento de 1% de caolinita, 30% de grava y un tiempo de mezclado de 8 minutos. La mínima ascensión capilar alcanza a 53.9mm frente a 73.2mm; lo que representa un incremento de 26% en la ascensión capilar inicial.

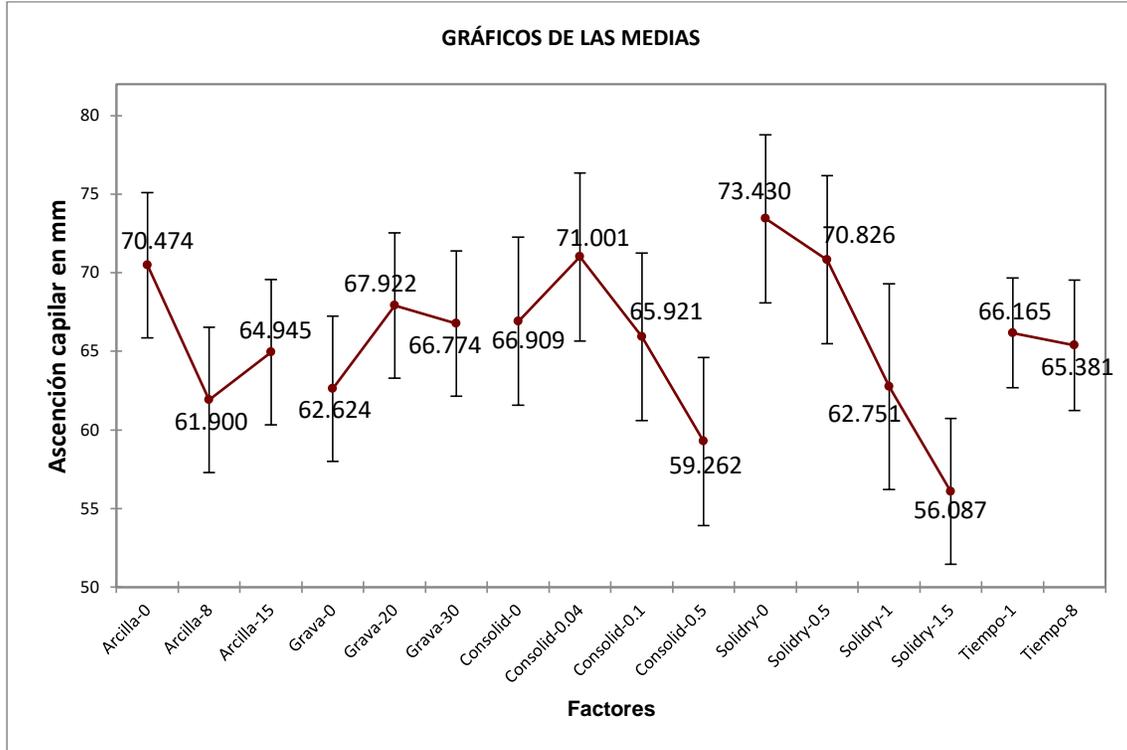


Figura 7.4. Variación de ascensión capilar según sus combinaciones de Solidry y Consolid C444.

Interpretación:

Según la figura 7.4 se observa que la ascensión capilar del suelo natural con adición del polímero Consolid aumenta con un porcentaje de dosis al 0.04% a 71.001mm, sin embargo, al incrementar la dosis al 0.5%, este disminuye de forma significativa hasta un 59.262mm, asimismo, se observa que el Solidry hace que esta tienda a disminuir a mayores dosis de Solidry alcanzando a disminuir con 1.5% de Solidry a 56.087mm.

Como se puede observar en la figura, ambos polímeros Consolid y Solidry favorecen a mayores porcentajes, asimismo, a mayor tiempo de mezclado disminuye la ascensión capilar.

9.3.4. Determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021.

Tabla 16.4. Resultados obtenidos para estabilización del suelo con adición de polímeros.

COMBINACIONES	DOSIS ESTABILIZANTE CONSOLID%	DOSIS ESTABILIZANTE SOLIDRY%	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	CBR %*	ASCENSIÓN CAPILAR (mm)*
COMB1	0.1	1.5	1.95	129	56.8
COMB2	0.04	1.5	1.95	125	53.9
COMB3	0.5	0.5	1.97	66	61.8
COMB4	0.04	0.5	1.94	75	77.8
COMB5	0	1	2.00	111	63.7
COMB6	0	0	1.95	40	73.2
COMB7	0	1.5	1.96	66	59.2
COMB8	0.1	0.5	1.98	65	72.1
COMB9	0.1	1	1.95	92	61.6
COMB10	0.5	0	1.88	58	63.3
COMB11	0.5	1.5	1.95	59	56.1
COMB12	0.04	0	1.99	14	83.9

* Se refieren a valores promedios

Interpretación:

Según la tabla 16.4 la estabilización dependerá de un aumento en la densidad y CBR, asimismo la disminución de la ascensión capilar con respecto a los valores respectivos del suelo natural. En la combinación 12 respecto a una adición de Consolid al 0.04% se tiene una reducción del CBR disminuye hasta un 14% y un crecimiento de la ascensión capilar hasta un 83.9mm, sin embargo, la densidad tiene un incremento a 1.99gr/cm3. En la combinación 1 respecto a una adición de Consolid al 0.1% y 1.5% de Solidry, se tiene un aumento significativo de CBR hasta un 129% y una disminución capilar hasta un 56.8mm, sin embargo, la densidad acrecienta en un 1.95gr/cm3. En la combinación 5 respecto a la adición de Solidry al 1% se tiene una adición significativa de la densidad seca hasta un 2.00 gr/cm3, un CBR de 111% y una ascensión capilar del 63.7%.

9.4. Prueba de hipótesis.

El primer paso para probar la hipótesis de estudio fue verificar el cumplimiento de la normalidad de la distribución de los residuos de los modelos ANOVA hallados. Esto se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 16.4. Pruebas de normalidad aplicadas a los residuos de los modelos hallados.

Pruebas de normalidad para la variable **CBR**:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Residuo	0.152	0.062	0.035	0.135

Pruebas de normalidad para la variable **Densidad**:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Residuo	0.160	0.109	0.248	0.427

Pruebas de normalidad para la variable **Ascensión Capilar**:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Residuo	0.976	0.994	1.000	0.936

Conforme se aprecia, todas las pruebas para todas las variables indican que los residuos de las variables: CBR, Densidad y Ascensión Capilar siguen una distribución normal, por tanto, es pertinente realizar un análisis de varianza ANOVA.

Para proceder con la prueba de hipótesis, se han calculado los valores de F contra el modelo $Y=0$, obteniéndose los valores “p” que se muestran en la última columna de las siguientes tablas, que a su vez han sido comparados con el nivel de significancia de 0.10 establecido en el diseño de la investigación.

Tabla 16.4. Análisis de varianza ANOVA de los ensayos.

Análisis de varianza ANOVA para la variable **CBR:**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	11	45845.241	4167.749	9.345	< 0.0001
Error	24	10703.501	445.979		
Total corregido	35	56548.741			

Análisis de varianza ANOVA para la variable **Densidad:**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	11	0.027	0.002	2.452	0.032
Error	24	0.024	0.001		
Total corregido	35	0.051			

Análisis de varianza ANOVA para la variable **Ascensión Capilar:**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	11	2915.043	265.004	4.395	0.001
Error	24	1447.247	60.302		
Total corregido	35	4362.290			

Conforme se observa, los valores F son suficientemente grandes y por lo tanto los valores “p” son suficientemente pequeños comparados con el nivel de significancia, por lo tanto, las hipótesis planteadas por el presente estudio se verifican en su totalidad.

9.5. Evaluación de la reducción del espesor con y sin polímero.

Con la finalidad de evidenciar la ventaja económica de la aplicación del polímero se hace el análisis que se muestra en el esquema a continuación.

Pavimento rígido de concreto $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$ de una vía colectora con ADTT=500

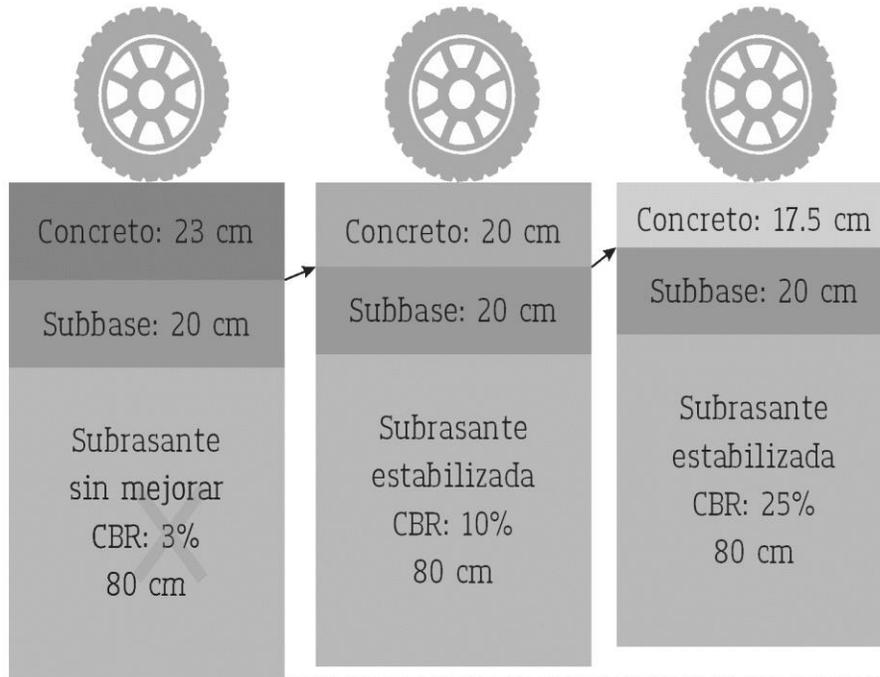


Figura 8.4. Esquemmatización de la reducción del espesor de pavimento debido a la aplicación del polímero.

Conforme se aprecia si se lleva el CBR de una sub rasante de 3% considerado malo, sucesivamente a un suelo con CBR de 10% e incluso hasta llegar a un 25% se tiene una reducción considerable en el consumo de concreto, teniendo en consideración la norma de pavimentos urbanos CE.010. Asimismo, para tener una estimación del costo del polímero se ha realizado el siguiente esquema.

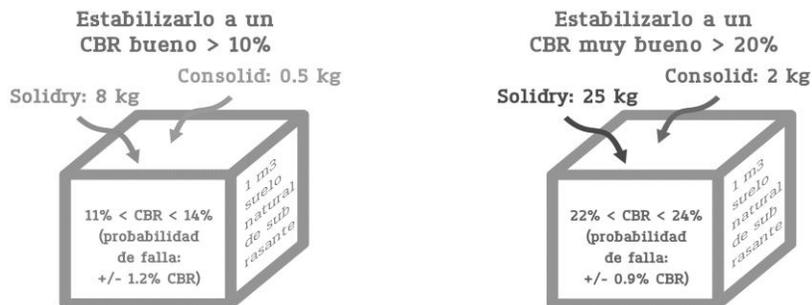


Figura 9.4. Esquemmatización de la reducción del espesor de pavimento debido a la aplicación del polímero.

De lo anterior se aprecia, que llevar el CBR de tres a 10% tiene un costo aproximado de 15 soles por metro cúbico, mientras que llevarlo de 3% a un CBR bueno mayor a 20% tiene un costo aproximado de 80 soles por metro cúbico, en este entender los beneficios de reducir el consumo de concreto son más económicos.

De lo anterior se puede apreciar que en el caso de algunos resultados donde la densidad desciende sin embargo el CBR sube, esto es precisamente el comportamiento esperado de un polímero mejorador, este hecho puede llamar la atención a alguien que no es experto y no es especialista en polímeros, pero aquí se hace la aclaración pertinente.

9.6. Evaluación de la prueba estadística para probar hipótesis cuasi experimental

La T Student se utiliza para comparar medias entre dos muestras, es decir, una muestra con tratamiento y la otra sin tratamiento, para probar la hipótesis cuasi experimental se utiliza un Anova debido a que se usan varias dosis de diferentes tratamientos, para lo cual se debe forzar la T Student para los siguientes tratamientos: Arcilla 8% y arcilla 0%, para cuando hay Solidry al 1.5% y al 0% y para cuando hay Consolid al 0.5% y al 0%, muestras independientes con pruebas bilaterales con intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%, lo que se muestra en las siguientes tablas:

9.6.1. Análisis multivariante de varianza (MANOVA).

Con base en lo expuesto previamente, y; aun cuando, para el tipo de diseño experimental elegido para la presente tesis, no es necesario hallar una prueba t Student o su similar no paramétrico; sino que más bien se puede utilizar el concepto de MANOVA y la prueba de Wilks para probar el efecto significativo de las variables independientes: Arcilla (%), Grava (%), Consolid (%), Solidry (%) y Tiempo mezcla (min) sobre las variables dependientes: CBR, Densidad y Ascensión Capilar.

Tabla 17.4. Resultados del análisis MANOVA.

Prueba de Wilks (aproximación de Raó):

	Arcilla (%)	Grava (%)	Consolid (%)	Solidry (%)	Tiempo mezcla (min)
Lambda	0.337	0.357	0.319	0.120	0.769
F (Valores observados)	5.297	4.939	3.569	8.289	2.202
GL1	6	6	9	9	3
GL2	44	44	54	54	22
F (Valor crítico)	1.913	1.913	1.751	1.751	2.351
valor-p	0.000	0.001	0.002	< 0.0001	0.116

H0: La variable o la interacción de la columna correspondiente no tiene efecto significativo sobre las variables dependientes.

Ha: La variable o la interacción de la columna correspondiente tiene un efecto significativo sobre las variables dependientes.

Arcilla (%): Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.1$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0.03%.

Grava (%): Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.1$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0.06%.

Consolid (%): Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.1$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0.16%.

Solidry (%): Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.1$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0.01%.

Tiempo mezcla (min): Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.1$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es de 11.64%.

De lo expuesto se tiene que todas las variables independientes causan un efecto significativo en las variables dependientes, excepto el tiempo de mezcla, que no parece tener ningún efecto.

CAPÍTULO V:

DISCUSIÓN

Las discusiones se desarrollaron en el orden de los objetivos (específicos y general)

Discusión 1:

A partir de los resultados obtenidos, se pudo apreciar que la densidad seca para aun suelo arenoso con poco material fino A-3 (SP) es mayor sin la adición de Consolid, alcanzando una densidad seca de 1.97 gr/cm³ y que al añadir un 0.5% de Consolid este tiende a disminuir hasta un 1.94 gr/cm³ de densidad seca. Sin embargo, al añadir 0.5% de Solidry este alcanza una densidad seca de 1.97 gr/cm³ y al añadir 1.5% de Solidry disminuyo hasta un 1.95 gr/cm³ de la densidad seca, esto en porcentajes respecto al peso de suelo, valores que coinciden con el estudio que se realizó en la investigación del antecedente.

Al respecto Copa y Fernández (2018), citado como antecedente nacional nos dice que para mejorar la máxima densidad en un suelo de tipo Grava limosa A-2 (GM) se debe adicionar solamente Consolid al 0.04% y al 0.10%, pero al adicionar 0.5% de Consolid este tiene un punto de inflexión, el que se solucionó con la adición del 1.5% de Solidry impermeabilizando el suelo.

Como se puede observar, los valores determinados para la máxima densidad son muy evidentes con respecto a la adición de 1.5% Solidry, asimismo cabe indicar que al no adicionar Consolid este tiene una mayor densidad que al aumentar su dosis al 0.10%. Estos valores son consistentes con el antecedente, por consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

Se evidencia como argumentación de la similitud de resultados entre las investigaciones traídas a discusión. Se pude argumentar que al adicionar el aditivo líquido Consolid C444 se disminuye la

densidad, ya que este tiene una densidad similar a la del agua. En todo caso el Solidry incrementa la densidad de la masa de suelo al proveer de partículas cementantes y polímero sólido a la mezcla.

Discusión 2:

Según los resultados de la presente investigación, se puede observar en la figura 6.4 se observa que el CBR del suelo natural con adición del polímero Consolid al 0.1% con respecto al peso del suelo asciende a un 101.6%, sin embargo, al incrementar la dosis 0.5% este tiende a alterarse con tendencia a disminuir, en cambio al aumentar las dosificaciones de Solidry este solo aumenta de forma significativa de dos a tres veces el CBR inicial para arenas limpias o con muy poco limo SP.

Aguirre y Prado (2012) citado como antecedente nacional, nos dice que suelos tratados con Consolid mejoran el suelo 40% más del CBR realizada a nivel de subrasante, ya que no solo mejora las propiedades mecánicas del suelo, sino el comportamiento al añadirse dicho sistema al reemplazar la capa subrasante. Asimismo, Larry D. et al (2016) citado como antecedente internacional, al añadir al suelo de tipo arena limpia SP el 1% del sistema Consolid este aumenta dos veces su CBR inicial y para una arena arcillosa SC y una adición de grava mas sistema Consolid del 3% este aumenta tres veces su CBR inicial.

Se observa que los valores determinados para el CBR son consistentes con los antecedentes y esto a su vez va en línea con la literatura pertinente que explica el fenómeno de la resistencia CBR en suelos.

En las últimas décadas, el uso de materiales químicos no tradicionales como los polímeros en el campo de la estabilización de suelos se ha incrementado ampliamente para tratar los suelos débiles disponibles en la zona del Cusco. Para analizar el efecto de los polímeros en las características físicas y químicas del material del suelo, en el presente documento se realizaron experimentos de laboratorio para la prueba de relación de carga de California (CBR). La prueba CBR se considera un buen parámetro para reconocer los suelos débiles y problemáticos que, de hecho, tienen un valor bajo de la prueba CBR, por lo que se necesita un mayor espesor de pavimento y cimientos estructurales.

Discusión 3:

Según la figura 3.4 se observa que la ascensión capilar del suelo natural con adición del polímero Consolid tiende a crecer en un porcentaje de dosis al 0.04% a 72mm, sin embargo, al aumentar la dosis al 0.5% este disminuye de forma significativa hasta un 59mm, asimismo se observa que el Solidry hace que esta tienda a disminuir a mayores dosis de Solidry.

Al respecto Copa y Fernández (2018), citado como antecedente nacional nos dice que el coeficiente de permeabilidad disminuyo notablemente en todos los porcentajes de adición de los polímeros, debido a la adición de 1.5% de Solidry respecto al peso de suelo, ya que el aditivo funciona como impermeabilizante disminuyendo de 2 a tres veces la ascensión capilar.

Asimismo, Larry D. et al (2016) citado como antecedente internacional en su evaluación de acción capilar indica que la permeabilidad es menor en muestras de solo arena sin adición de polímeros, cabe indicar que se notó menor acepción capilar en las muestras de 2% de Consolid 444 y 2% de Solidry.

Se puede observar que los valores determinados para la ascensión capilar son muy evidentes debido a su disminución; asimismo, son consistentes con los antecedentes, por tanto, el objetivo es cumple su propósito.

Como argumentación se puede mencionar que la ascensión capilar es un fenómeno cuyo desarrollo es función de cuan juntos están los granos, el polímero hace pues que los espacios vacíos del suelo sean rellenos por partículas mucho menores, para luego ser sellados.

El tratamiento de recubrimiento impermeable, es una tecnología original que consiste en recubrir el suelo mediante unidades de partículas con un material de recubrimiento impermeable que contiene polímeros absorbentes de agua. Se suprime la elución de sustancias adheridas, como metales pesados, de la superficie **de las partículas del suelo**. Esto se debe a que cada partícula está recubierta uniformemente con el material de sellado (polímero). Además, debido a que el material de sellado se hincha, a consecuencia de la absorción de agua intersticial, y llena los espacios vacíos del suelo y los desechos sólidos, se puede esperar que mejore el rendimiento de interceptación de agua del suelo tratado.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES

Las conclusiones se desarrollaron en el orden de los objetivos (específicos y general)

Conclusión 1:

Se ha logrado cuantificar el cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021, con los siguientes detalles: El cambio de densidad seca de subrasante del suelo natural de tipo A-3 arenoso con poco o nada de finos SP, con adición de polímeros Consolid y Solidry de forma porcentual con relación al peso del suelo cambia en los ensayos elaborados con distintas dosis de ambos polímeros incrementando la densidad hasta 2.00g/cm³ con la adición de 1% de Solidry, con punto de inflexión al adicionar 1.5% de Solidry a 1.95g/cm³. Con adiciones de 0.5% Consolid se mantiene la densidad de suelo natural de 1.94g/cm³ y sin adiciones de Consolid y con Solidry al 0.5% este es de 1.97g/cm³. Con la aplicación de Consolid se ha demostrado que la densidad se incrementa, siendo este hallazgo significativamente estadístico.

Conclusión 2:

Se ha logrado determinar el cambio del CBR de subrasante adicionar polímeros en el suelo natural del camino vecinal Maras Moray Cusco 2021, que para distintas adiciones de Consolid y Solidry se lograron resultados significativos en términos del incremento de la capacidad de soporte, cabe resaltar que existe un punto de inflexión con la adición de solamente Consolid al 0.5% y que esta mejora con la adición del 1.5% de Solidry, alcanzando a 129% de CBR para 0.1% de Consolid y 1.5% de Solidry frente a 40% de CBR de suelo natural; lo que representa un incremento de dos a tres veces su capacidad inicial. Con la aplicación de Consolid se ha demostrado que el CBR se incrementa, siendo este hallazgo significativamente estadístico.

Conclusión 3:

Se ha conseguido estimar la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021, evidenciándose que la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021. En los ensayos realizados en las distintas adiciones de Consolid y Solidry, al añadir 0.04% del polímero Consolid este aumento a 72 mm en una hora y al añadir al 0.5% este disminuye a 59 mm; asimismo, con las dosis de Solidry de 0.5%, 1% y 1.5% de Solidry con respecto al peso del suelo este disminuye a mayores dosis alcanzando 53.9 mm en una hora. Se lograron resultados significativos en la disminución de la ascensión capilar con respecto a la adición de Solidry. Del mismo modo, ayuda con la disminución de permeabilidad cuando se usaban mayores dosis de Consolid. Con la aplicación de Consolid se ha demostrado que la ascensión capilar disminuye, siendo este hallazgo significativamente estadístico.

CAPÍTULO VII:

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se desarrollaron en el orden de las conclusiones (específicos y general)

Recomendación 1:

A otros investigadores, se aconseja que para obtener mayores resultados de la densidad seca para suelos similares al del presente estudio, se recomienda utilizar las siguientes dosificaciones porcentuales con respecto al peso de suelo de 1.5% de Solidry y 0.04% o 0.1% dosificaciones de Consolid, en el caso de querer obtener mayor densidad solo se recomienda usar 1.5% de Solidry sin el polímero líquido Consolid.

Recomendación 2:

A la comunidad científica, se recomienda que para la obtención de mayor capacidad portante de suelo CBR, se deberá usar 1.5% Solidry con 1% de Consolid debido a que este aumenta de 2 a 3 veces su capacidad portante. Estos porcentajes de dosificación podrán elegirse en cuanto a valores de CBR que se quieran alcanzar o a los costos.

Recomendación 3:

A los ingenieros civiles expertos en carreteras, se recomienda mejorar el ensayo de capilaridad, ya que el realizado en la investigación fue hecha de manera artesanal, adecuando los materiales, asimismo se puede incrementar el tiempo de sumergido a un día para poder visualizar de mejor manera si los resultados varían.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Study on Soil Stabilization through Innovative Material for Construction of Rural.* Ujjival J., Solanki, y otros. 2012. 2012, ResearchGate, pág.
file:///C:/Users/Asus/Downloads/AStudyonSoilStabilizationthroughInnovativeMaterialforConstructionofRuralRoads%20(1).pdf.
- Aguirre, Jose Julian y Prado, Manuel. 2012. *ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA CUICOCHA-APUELA DEL KM 32 AL KM 38, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA, UTILIZANDO EL SISTEMA CONSOLID.* Quito : Pontifica Universidad Catolica del Ecuador, 2012.
- Aprehensivo.* Dr. Ramon E., Azocar A. 2018. 2018, Blog de tareas, pág.
<http://metodologiasocialesunellez.blogspot.com/2018/02/aprehensivo.html>.
- ASTM D-1883 y AASHTO T-193. 2006. *CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).* s.l. : MTC E 132-2000, 2006.
- Baena, Guillermina. 2017. *Metodología de la Investigación.* México : Grupo Editorial Patria, 2017.
- Biswajeet, Sahoo y Nayak, Devadatta. 2009. *STUDY OF SUBGRADE STRENGTH RELATED TO STUDY MOISTURE.* ROURKELA : NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2009.
- Blazquez, Bañon y Garcia, Benia. 2000. *Manual de Carreteras.* España : s.n., 2000.
- Briones, Guillermo. 1995. *La investigación social y educativa.* 3. Colombia : Tercer Mundo Editores, 1995.
- CCOPA ESTRADRA, Maria del Carmen y FERNANDEZ GONZALES, Pamela Alexandra. 2018. *Analisi comparativo de las Propiedades Fisico MECANICAS DEL SUELO NATURAL,*

COMPARADO CON UN SUELO ESTABILIZADO CON EL SISTEMA CONSOLID EN LA CARRETERA OLLANTAYTAMBO. Cusco : s.n., 2018.

Comparación de los métodos convencionales de estabilización de suelos con el sistema de consólido utilizado como aditivo alternativo en el material Isparta Daridere. Filiz, Eren M. 2009. 2009, Artículo científico.

Condor Martinez, Ernesto Alfonso y Huamancayo Cuba, Paul. 2016. *Comparacion Economica del resultado y el Mantenimiento entre los estabilizadores Proes y Consolid para el mejoramiento de suelos blandos para las carreteras no pavimentadas de la selva peruana.* Lima : s.n., 2016.

Consolid AG. Guntzer A, Scherr. 1960. 1960, Consolid, La mejor solución para las carreteras del futuro, pág. <https://consolidusala.com/historia/>.

CONSOLID, la mejor solución para las carreteras del futuro. CONSOLID AG. 1973. 1973, CONSOLID, pág. <https://consolidusala.com/>.

Densidad, humedad y parametros. Joan Franch. 2012. 2012, Descriptores Geotecnicos, págs. <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-2-densidad-humedad-y-parametros-de-estado/#:~:text=En%20ocasiones%20puede%20resultar%20%C3%BAtil,el%20volumen%20total%20del%20suelo.>

DIAS GARCIA, Juan Carlos. 2018. *Estudio de estabilizacion de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yantalo - C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba - San Martin.* Moyobamba : s.n., 2018.

Dirven , Blass Beto, y otros. 2018. *El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables.* Lima : Colección Racso, 2018.

El protocolo de investigacion III: la poblacion de estudio. Arias, Jesús, Villasís, Miguel y Miranda, María. 2016. 2, 2016, Revista Alegria Mexico, Vol. 63, págs. 201-206.

Ensayo Proctor normal y Modificado. geotecniafacil.com. geotecniafacil, págs. <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>.

estabilizacion de suelos. ingeniero, Cueva del. 2010. 2010, Cueva del ingeniero, pág. 1.

Estabilizacion de suelos. YEPEZ PIQUERAS, Victor. 2014. 2014, poliblogs, págs. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>.

ESTABILIZACION DEL SUELO. AGGREBING. 2021. 2021, AGGREBING TECNOLOGIA PATENTADA, págs. <https://aggrebind.com/es/acerca-de-aggrebind/que-es-un-polimero-que-es-la-estabilizacion-del-suelo/>.

evaluation of consolid soil stabilization system. Larry D, Madrid, y otros. 2016. 2016, Madrid Engineering Group, pág. <http://madridengineering.com>.

Fernandez Collano, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2017. *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.* Mexico : ISBN:978-1-4562-2396-0, 2017.

FERROCARRILES, Ministerio de Transportes y comunicaciones Direccion General de Caminos y. 2004. *Estabilizacion Quimica de los Suelos - Caracteristicas del estabilizador y evaluacion de propiedades de comportamiento del suelo mejorado.* Peru : MTC, 2004.

Jiménez, Rosa. 1998. *Metodología de la investigación.* La Habana : Ciencias Medicas, 1998.

Mejia Mejia, Elias. 2005. *Tecnicas e instrumentos de investigacion.* Lima : s.n., 2005.

MONCAYO. 1985. 1985.

MTC. 2013. *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.* Perú : s.n., 2013.

Muestreo probabilístico y no probabilístico. Garcia Gonzalez, Luis Angel. 2017. 2017, gestiopolis, págs. <https://www.gestiopolis.com/muestreo-probabilistico-no-probabilistico-teoria/>.

Ñaupas, Humberto, y otros. 2018. *Metodología de la Investigación.* Colombia : Ediciones de la U, 2018.

Observacion Directa. Martinez, Catherine. 2020. 2020, lifeder, págs. <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>.

Propiedades Hidraulicas de los Suelos. Laureate. 2015. s.l. : Laure International Universities, 2015, Laureate Internacional Universities, págs. <https://es.slideshare.net/sanaron/14-cap-iii-1capilaridad>.

Ramos Hinojosa, Gabriel Raul. 2014. *Mejoramiento de subrasante de baja capacidad Portantemediante el uso de polimeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica 2014.* Huancayo : s.n., 2014.

Santos Arrivabencil, Breno, y otros. 2016. *ESTABILIZACION GRANULOMETRICA Y QUIMICA DE SUELO CON FINS VIALES.* s.l. : Conference : VIII CICES, 2016.

Terzagui, K. 1943. *Theoretical soil mecahanics.* New York : s.n., 1943.

Tovar, Genner Luis. 1986. *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos.* Bogotá : Cengage, 1986.

TUPIA CORDOVA, Carlos A. y ALVA HURTADO, Jorge. 2001. *EVALUACION DE LAS CAPAS DE SOPORTE DEL TERRENO POR MEDIO DE UN EQUIPO DE PENETRACION DINAMICA.* Lima : s.n., 2001.

Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. Martínez, Miguel. 2006. 2, 2006, Paradigma, Vol. 27.

Villalobos Banda, Jaime y Guevara Camus, Junior Jeampier. 2020. *Analisis de los estabilizadores quimicos consolid, proes y conaid en resistencia y economis empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vias de acceso* Asoc. Maria Magdalena, Lurigancho- Choisca. Lima :

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3407/Jaime_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2020.

ANEXOS

13.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA (Anexo 1)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuánto se estabiliza la subrasante del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuánto cambia la densidad seca de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?</p> <p>¿Cuánto cambia el CBR de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?</p> <p>¿Cuánto varía la ascensión capilar de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la estabilización del suelo natural con adición de polímeros - camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Cuantificar el cambio la densidad seca de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021</p> <p>Determinar el cambio del CBR de subrasantes del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021</p> <p>Analizar la variación de la ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, camino vecinal Maras Moray Cusco 2021.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La subrasante del suelo natural con adición de polímeros se estabiliza significativamente - camino vecinal Maras- Moray Cusco 2021</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>La máxima densidad seca subrasante del suelo natural con adición de polímeros se incrementará de forma significativa - camino vecinal Maras Moray Cusco 2021</p> <p>El CBR de subrasante del suelo natural con adición de polímeros tendrá un aumento significativo - camino vecinal Maras Moray Cusco 2021</p> <p>La ascensión capilar de subrasante del suelo natural con adición de polímeros disminuirá significativamente- camino vecinal Maras Moray Cusco 2021</p>	<p>V1: Polímeros</p> <p>V2: Estabilización de subrasante</p>	<p>D1: Consolid</p> <p>D2: Solidry</p> <p>D1: densidad seca</p> <p>D2: CBR</p> <p>D3: ascensión capilar</p>	<p>I1: 0% I2: 0.04% I3: 0.1% I4: 0.5%</p> <p>I1: 0% I2: 0.5% I3: 1% I4: 1.5%</p> <p>I1: gr *cm3 pesando el suelo y el volumen ocupa</p> <p>I1: CBR% medido por el método PDC</p> <p>I1: después 1 hora en altura en mm</p>	<p>MÉTODO: científico, comprobadas mediante un diseño experimental Según Fernández y Baptista (2017)</p> <p>TIPO: correlacional se basa en el análisis descriptivo de una información previa Rus Arias Fuente especificada no válida.</p> <p>NIVEL: descriptivo explicativo tiene que ver con las investigaciones analíticas Según Dr. Ramón E. (2018)</p> <p>DISEÑO: Cuantitativo, cuasi experimental y con análisis estadístico inferencial. Según Fernández y Baptista (2017)</p> <p>POBLACIÓN: es grande para abarcarlo, conformada por el camino vecinal por el distrito de Maras- Moray. Daniel Rúas Fuente especificada no válida.</p> <p>MUESTRA: al que se hacen las observaciones, la muestra es el tramo de prueba 0+000 km al 0+500 km. Daniel Rúas Fuente especificada no válida.</p> <p>MUESTREO: no brinda a todos los individuos de la población, se escogerán muestras de la subrasante. Según Cuesta (como se citó en García Gonzales) (2017)</p> <p>TÉCNICA: observación directa la principal técnica de recolección fue la observación. Según Martínez, Catherine (2020)</p> <p>INSTRUMENTOS: ensayo PDC ensayo proctor ensayo prensa manual</p>

13.2. Instrumentos de validación (Anexo 2)

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS					
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DEL SUELO NATURAL CON ADICION DE POLIMEROS, EN CAMINO VECINAL MARAS – MORAY, 2021.				
AUTOR:	KEILICH PATSY LAURA AGUILAR				
I.- INFORMACION GENERAL					CALIFIC.
UBICACIÓN	: Camino Vecinal Maras Moray				0: MAL 1: BIEN
DISTRITO	: Maras	ALTITUD	: 3420 msnm		
PROVINCIA	: Urubamba	LATITUD	: 13°19'57" S		
REGIÓN	: Cusco	LONGITUD	: 72°9'23" O		
II.- Estabilización de Subrasante con Polímero Consolid Y Solidry					
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3	Unidad
densidad seca	gr/cm3	CBR	%	Ascension capilar	en mm luego de 1hr
					1
III.- CBR con polímero Consolid y solidry					
Indicador 1			Unidad		
penetracion			mm		
					1
IV.- Densidad seca con polímeros Consolid y Solidry					
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3	Unidad
peso de suelo	gr	volumen del suelo	cm3	contenido de humedad	%
					0
V.- Ascension capilar con polímeros Consolid y Solidry					
Indicador 1		Unidad	Indicador 2		Unidad
altura		mm	tiempo		hr
					1
VI.- Polímero Consolid					
Indicador 1			Unidad		
en relacion al peso de suelo			%		
					1
VII.- Polímero solidry					
Indicador 1			Unidad		
en relacion al peso de suelo			%		
					1
APELLIDOS Y NOMBRE	Orlando Barreto Jara				
PROFESIÓN Y GRADO	Ingeniero Civil/Magister en Ingeniería Civil				
REGISTRO CIP N°	30193				
EMAIL	tupacyawar@hotmail.com				
TELÉFONO	984310046				
					MUY ALTA

Rango de validez	Interpretación	 FIRMA
0.81 – 1.00	Muy alta	
0.61 – 0.80	Alta	
0.41 – 0.60	Media	
0.21 – 0.40	Baja	
0.00 – 0.20	Muy baja	

Figura 1.10. Validación del Ing. Orlando Barreto Jara

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS					
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DEL SUELO NATURAL CON ADICION DE POLIMEROS, EN CAMINO VECINAL MARAS - MORAY, 2021.				
AUTOR:	KEILICH PATSY LAURA AGUILAR				
I.- INFORMACION GENERAL			CAMB.		
UBICACION	: Camino Vecinal Maras Moray		0: IMAI 3: BIFIN		
DISTRITO	: Maras	ALTITUD : 3420 msnm			
PROVINCIA	: Urubamba	LATITUD : 13°19'57" S			
REGION	: Cusco	LONGITUD : 72°9'23" O			
II.- Estabilizacion de Subrasante con Polimero Consolid y Solidry					
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	1	
densidad seca	gr/cm3	CBR	% Ascension capilar		en mm luego de 1hr
III.- CBR con polimero Consolid y solidry				1	
Indicador 1	Unidad				
	penetracion	mm			
IV.- Densidad seca con polimeros Consolid y Solidry				1	
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad		
peso de suelo	gr	volumen del suelo	cm3	contenido de humedad	%
V.- Ascension capilar con polimeros Consolid y Solidry				0	
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad		
	altura	mm	tiempo	hr	
VI.- Polimero Consolid				1	
Indicador 1	Unidad				
	en relacion al peso de suelo	%			
VII.- Polimero solidry				1	
Indicador 1	Unidad				
	en relacion al peso de suelo	%			
APELLIDOS Y NOMBRE	Elver Bernardo Tairo Tapia			0,83	
PROFESIÓN Y GRAD	Ingeniero Civil				
REGISTRO CIP N°	53087				
EMAIL	elvertairo_20@hotmail.com			MUY ALTA	
TELÉFONO	973693844				

Rango de validez	Interpretación	 FIRMA
0.81 – 1.00	Muy alta	
0.61 – 0.80	Alta	
0.41 – 0.60	Media	
0.21 – 0.40	Baja	
0.00 – 0.20	Muy baja	

Figura 2.10. Validación del Ing. Elver Bernardo Tairo Tapia

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS			
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DEL SUELO NATURAL CON ADICION DE POLIMEROS, EN CAMINO VECINAL MARAS – MORAY, 2021.		
AUTOR:	KEILICH PATSY LAURA AGUILAR		
I.- INFORMACION GENERAL	CAURC.		
UBICACIÓN	Camino Vecinal Maras Moray		
DISTRITO	Maras	ALTITUD	: 3420 msnm
PROVINCIA	Unubamba	LATITUD	: 13° 19' 57" S
REGIÓN	Cusco	LONGITUD	: 72° 9' 23" O
II.- Estabilización de Subrasante con Polímero Consolid Y Solidry			
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad
densidad seca	gr/cm3	CBR	%
Indicador 3	Unidad	Indicador 4	Unidad
Ascencion capilar	en mm luego de 1hr		
1			
III.- CBR con polímero Consolid y solidry			
Indicador 1	Unidad		
penetracion	mm		
1			
IV.- Densidad seca con polimeros Consolid y Solidry			
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad
peso de suelo	gr	volumen del suelo	cm3
Indicador 3	Unidad	Indicador 4	Unidad
contenido de humedad	%		
1			
V.- Ascencion capilar con polimeros Consolid y Solidry			
Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad
altura	mm	tiempo	hr
1			
VI.- Polímero Consolid			
Indicador 1	Unidad		
en relacion al peso de suelo	%		
1			
VII Polímero solidry			
Indicador 1	Unidad		
en relacion al peso de suelo	%		
1			
APELLIDOS Y NOM	Arbulu Jurado Cesar Edilberto		
PROFESIÓN Y GRA	Ingeniero Civil/Magister MBA		
REGISTRO CIP N°	115754		
EMAIL	cesar.arbulu@cjp.org.pe		
TELÉFONO	984685155		
MUY ALTA			

Rango de validez	Interpretación	 CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 115754
0.81 – 1.00	Muy alta	
0.61 – 0.80	Alta	
0.41 – 0.60	Media	
0.21 – 0.40	Baja	
0.00 – 0.20	Muy baja	FIRMA

Figura 3.10. Validación del Ing. Cesar Edilberto Arbulú Jurado

13.3. Certificado de Laboratorio (Anexo 3)

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 097-CEAJ-2021

Informe de resultado de laboratorio:

ASTM D6951 Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications.
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA - MTC E 115 - 2000.

Datos generales:

Solicitante: LAURA AGUILAR, KEILICH PATSY.

Fecha del ensayo: 15 al 29 de marzo de 2021

Dirección del laboratorio: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

Muestreo, procedencia y manipulación del suelo hasta llegar al laboratorio: hecha por el solicitante.

Objetivo:

Determinar el valor de soporte CBR de las muestras a través del método del penetrómetro de cono PDC.

Resultados:

Tabla 1.

Resultados de CBR método ASTM D6951, ascensión capilar y densidad seca (Ds) por método MTC E 115 - 2000.

Ensayo	Ds (g/cm ³)	Ascensión capilar (mm)	CBR (%)
Obs01	1.93	62.8	174.0
Obs02	1.95	53.3	138.1
Obs03	1.97	57.5	79.0
Obs04	1.98	72.2	91.3
Obs05	2.01	70.7	115.5
Obs06	1.96	79.7	47.2
Obs07	1.95	58.8	65.7
Obs08	2.03	86.4	102.2
Obs09	1.94	49.0	63.3
Obs10	1.87	73.2	72.0
Obs11	1.95	52.3	84.6
Obs12	1.99	79.5	15.6
Obs13	2.01	57.6	133.1
Obs14	1.88	52.4	170.8
Obs15	1.96	62.0	53.6
Obs16	1.93	86.3	83.2
Obs17	2.02	68.1	104.4
Obs18	1.96	74.0	44.6
Obs19	1.97	56.0	85.3
Obs20	1.94	60.0	59.6
Obs21	1.95	73.0	156.1
Obs22	1.91	62.3	52.3
Obs23	1.93	60.9	82.7
Obs24	1.97	86.4	10.3
Obs25	1.92	50.0	127.1
Obs26	2.01	56.0	132.0
Obs27	1.99	66.0	93.4
Obs28	1.92	74.8	87.9
Obs29	1.98	52.2	109.7
Obs30	1.93	66.0	47.3
Obs31	1.95	62.7	62.4
Obs32	1.96	70.0	67.6
Obs33	1.95	62.7	95.6
Obs34	1.88	54.5	107.3
Obs35	1.96	54.9	64.2
Obs36	2.01	86.0	19.3

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Es todo cuanto se informa al respecto.

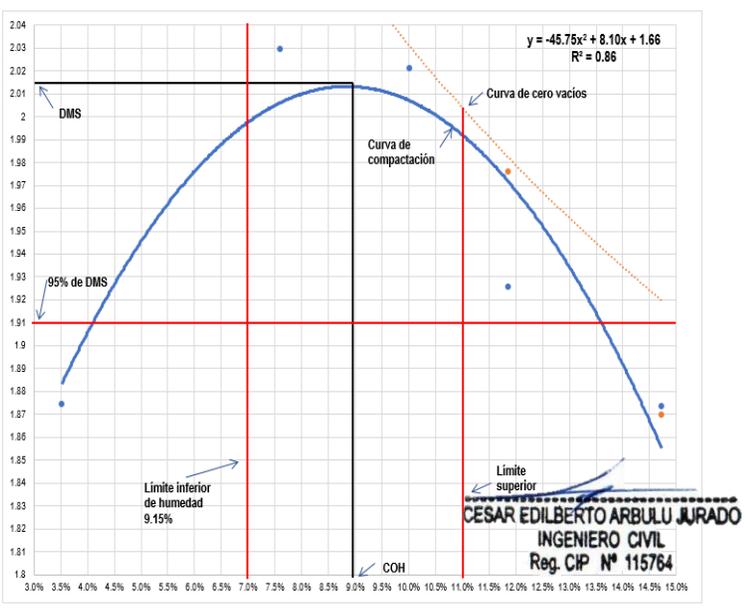
Cusco, 29 de marzo de 2021

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 115764

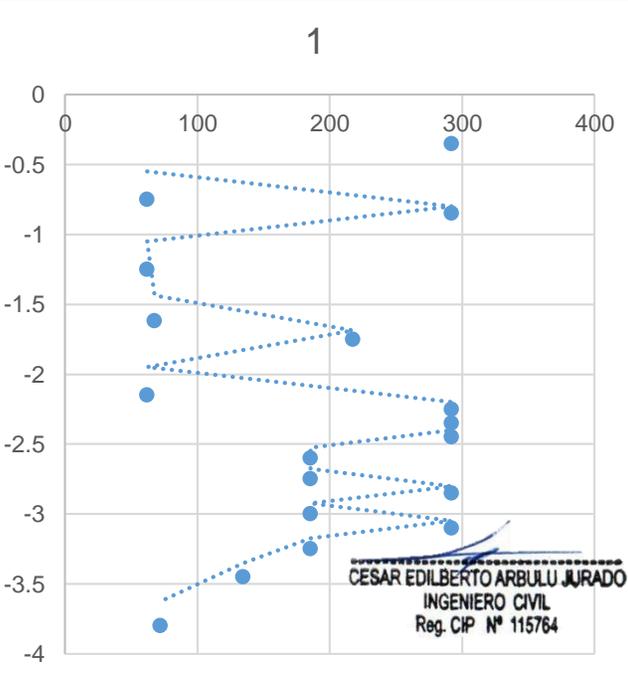
1

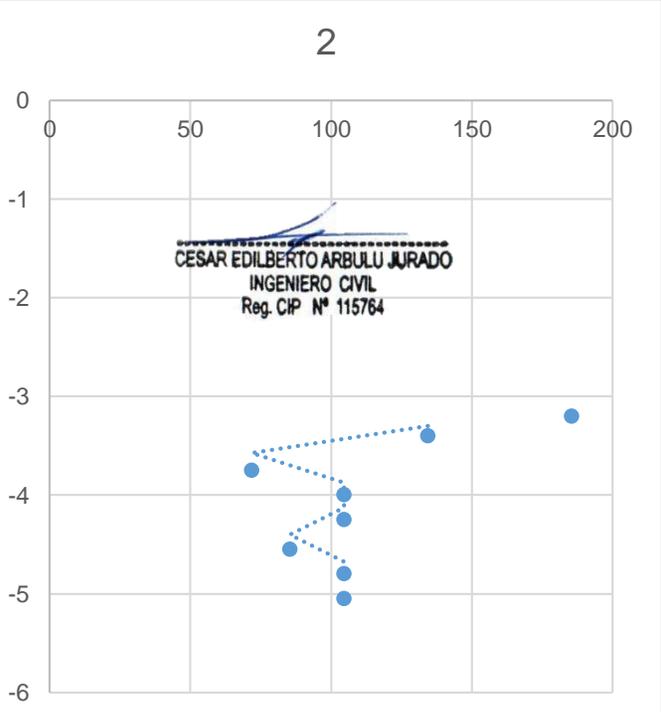
Figura 4.10. Certificado de laboratorio

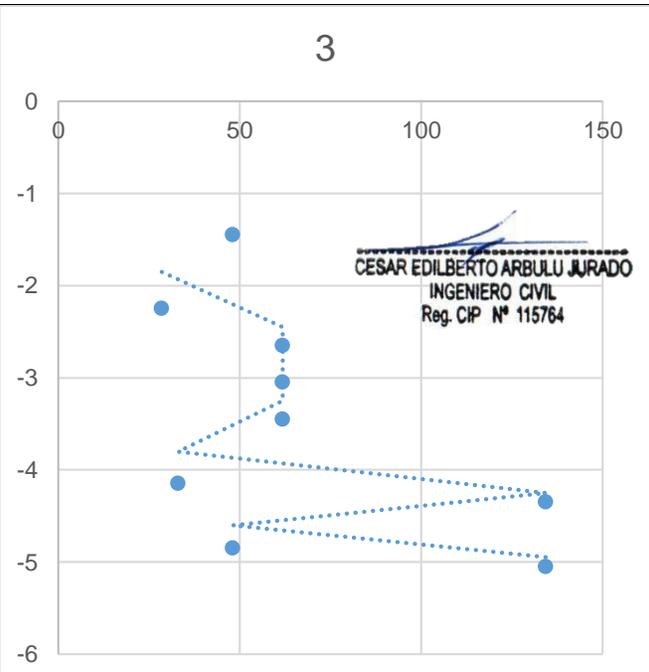
13.4. Memorias de cálculo (Anexo 4)

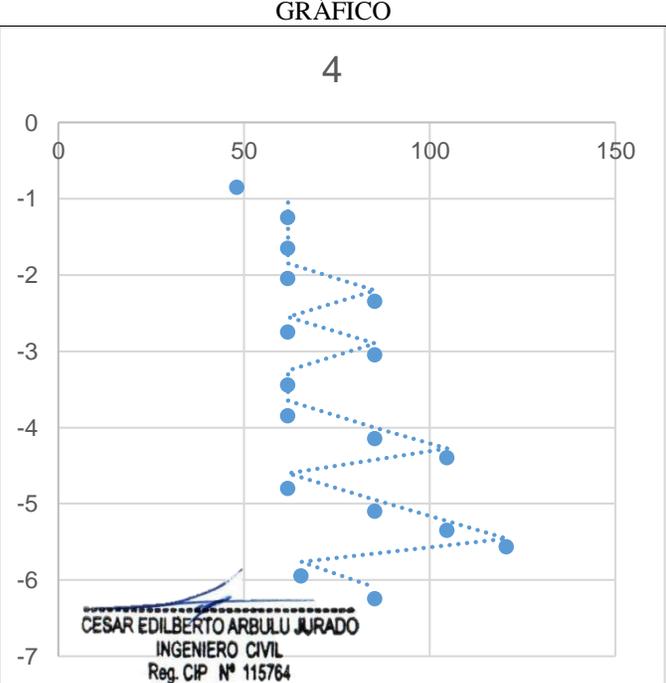
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																	
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"																
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar																
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray																
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú																
MUESTRA						DATOS DE MOLDE											
Numero de muestra	1						Altura del molde (cm)			11.818							
Ensayo	Proctor Modificado						diámetro del molde (cm)			15.209							
Norma de referencia	MTC E 115-2000						volumen del molde (cc)			2147.02							
DATOS DE DENSIDAD																	
Ensayo	Nº	1			2			3			4			5			
Peso del Molde y Muestra	gr	10124			10646			10732			10584			10574			
Peso del Molde	gr	5958			5958			5958			5960			5960			
Peso de la Muestra Compactada	gr	4166			4688			4774			4624			4614			
Densidad Húmeda	gr/cm3	1.9403			2.1835			2.2236			2.15369			2.149			
Densidad Seca	gr/cm3	1.8744			2.0294			2.0212			1.9254			1.8732			
DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Capsula	Nº	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c	
Peso de Capsula	gr	21.9	20.4	21.6	20.6	17.3	20.8	21	20.7	20.7	21	21.9	20.6	20.3	22		
Peso de Cap+Suelo Húmedo	gr	201.9	200.6	229.4	150.6	102.3	157.7	172.3	191.9	172.7	174.9	218.15	189.1	221.1	200.9	193.8	
Peso de Cap + Suelo Seco	gr	195.4	194.6	222.4	141.6	96.9	146.9	160.3	176	157.5	158.2	198.4	170.8	194	178.5	175.2	
Peso del Agua	gr	6.5	5.8	7.0	9.0	5.4	10.8	12.1	15.9	15.2	16.7	19.8	18.3	2701	22.4	216	
Peso del Suelo Seco	gr	173.5	174.4	200.8	121.0	79.6	126.1	139.2	155.3	136.8	137.5	177.4	148.9	173.4	158.2	150.2	
Contenido de Humedad	gr	3.7%	3.3%	3.5%	7.4%	6.8%	8.6%	8.7%	10.2%	11.1%	12.1%	11.1%	12.3%	15.6%	14.2%	14.4%	
Contenido de Humedad prom	%	3.5%			7.6%			10.0%			11.9%			14.7%			
TABLA RESUMEN																	
Nº del ensayo Proctor	w	g															
1	3.5%	1.8744															
2	7.6%	2.02936															
3	10.0%	2.02115															
4	11.9%	1.92541															
5	14.7%	1.87323															
DMS	2.012																
COH	8.85%																
R2	0.8600																
BANDAS DE CONFIANZA																	
Límite superior de la DMS	2.012																
Límite inferior de la DMS	2.012																
Porcentaje de la DMS en exp Tec	95%																
Mínimo minorum de la DMS	1.91																
Tolerancia de Humedad	2%																
Límite superior de la Humedad	10.85%																
Límite inferior de la Humedad	6.85%																
CURVA DE CERO VACIOS																	
Gs	2.58																
w	γ																
2.0%	2.45																
3.5%	2.37																
7.6%	2.16																
10.0%	2.05																
11.9%	1.98																
14.7%	1.87																
GRÁFICO																	
																	

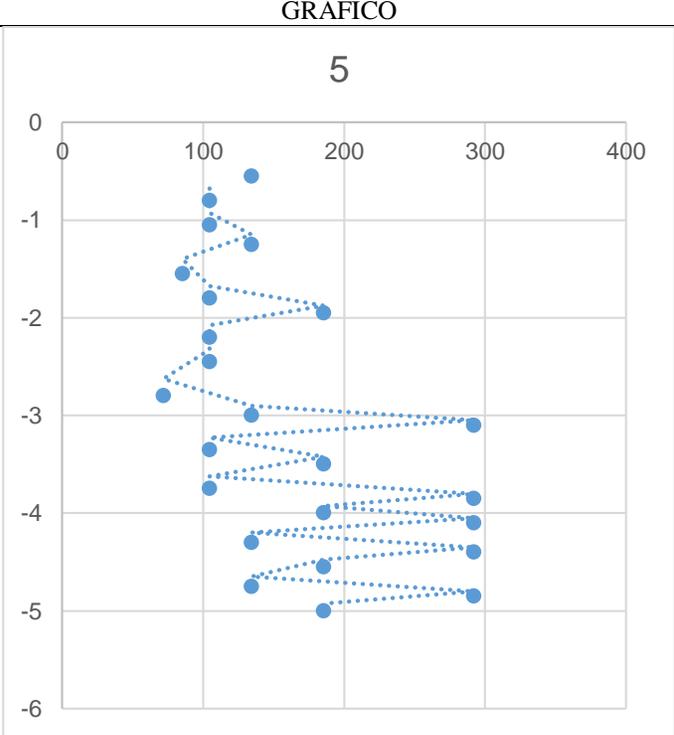
*Ensayo de Proctor Modificado

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	1		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10958	
Peso de molde vacío			gr	6398	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4338	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3950	
Peso de muestra compactada			gr	4560	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.12	
Densidad húmeda			%	9.80	
Densidad Seca			gr/cm3	1.93	
Grado de compactación			%	96.10	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)				0	
Altura de ascensión capilar luego de una hora				62.8	
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.25	-0.25	0	0	
1	0.35	-0.35	1	292	
2	0.75	-0.75	4	61.8	
3	0.85	-0.85	1	292	
4	1.25	-1.25	4	61.8	
6	1.62	-1.62	3.7	67.5	
7	1.75	-1.75	1.3	217.7	
9	2.15	-2.15	4	61.8	
10	2.25	-2.25	1	292	
11	2.35	-2.35	1	292	
12	2.45	-2.45	1	292	
13	2.6	-2.6	1.5	185.4	
14	1.75	-1.75	1.5	185.4	
16	2.85	-2.85	1	292	
17	3	-3	1.5	185.4	
18	3.1	-3.1	1	134.3	
19	3.25	-3.25	1.5	71.8	
22	3.45	-3.45	2	134.3	
26	3.8	-3.8	3.5	71.8	
CBR PROMEDIO				151	

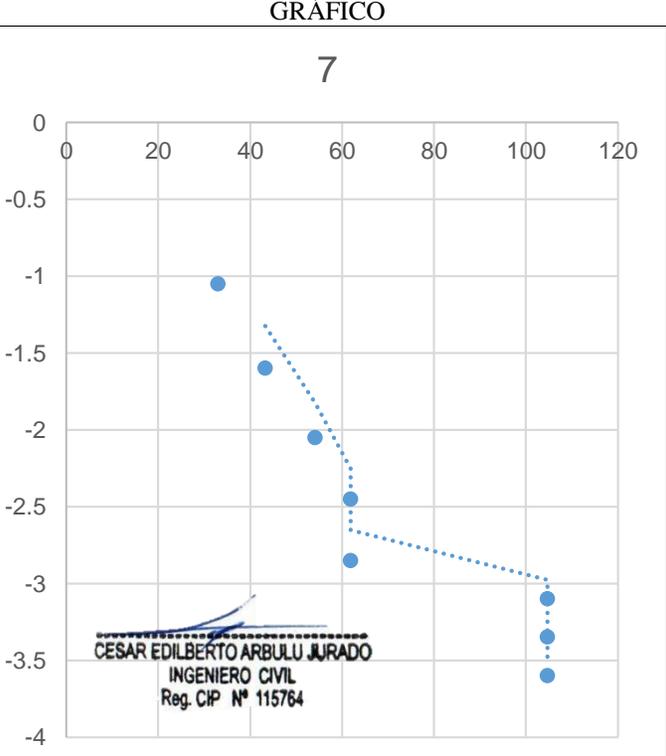
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:		Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:		Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:		Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	2		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10966	
Peso de molde vacío			gr	6336	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4034	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3648	
Peso de muestra compactada			gr	4630	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.16	
Densidad húmeda			%	10.60	
Densidad Seca			gr/cm3	1.95	
Grado de compactación			%	96.90	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					0
Altura de ascensión capilar luego de una hora					53.3
DATOS DE CBR					GRÁFICO
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	<p style="text-align: center;">2</p>  <p style="text-align: center;">CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 115764</p>
Oed	3.05	-3.05	0	0	
1	3.2	-3.2	1.5	185.4	
2	3.4	-3.4	2	134.3	
3	3.75	-3.75	3.5	71.8	
5	4	-4	2.5	104.6	
6	4.25	-4.25	2.5	104.6	
8	4.55	-4.55	3	85.3	
10	4.8	-4.8	2.5	104.6	
13	5.05	-5.05	2.5	104.6	
CBR PROMEDIO				112	

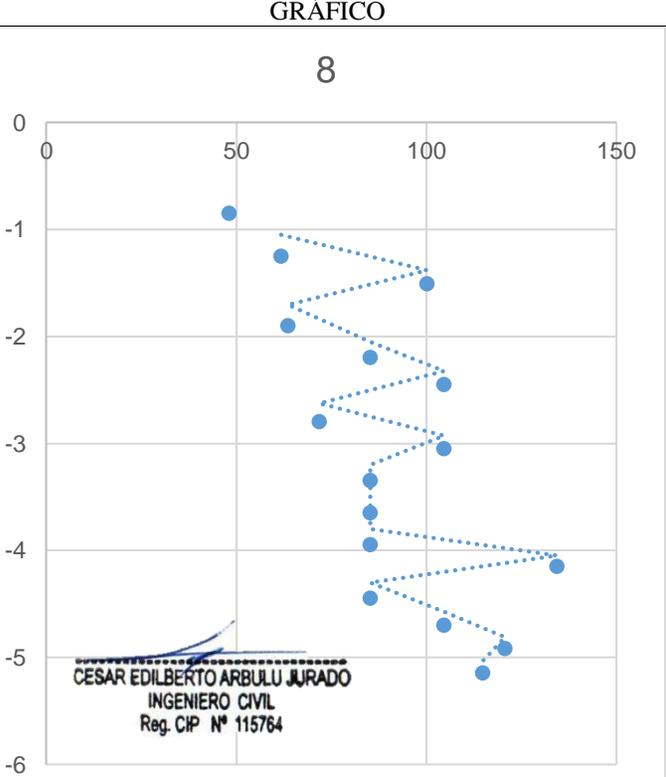
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	3	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10886		
Peso de molde vacío		gr	6226		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4436		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4030		
Peso de muestra compactada		gr	4660		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.17		
Densidad húmeda		%	10.10		
Densidad Seca		gr/cm3	1.97		
Grado de compactación		%	98		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					0
Altura de ascensión capilar luego de una hora					57.5
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.95	-0.95	0	0	
1	1.45	-1.45	5	48.1	
2	2.25	-2.25	8	28.4	
3	2.65	-2.65	4	61.8	
4	3.05	-3.05	4	61.8	
5	3.45	-3.45	4	61.8	
6	4.15	-4.15	7	33	
7	4.35	-4.35	2	314.3	
8	4.85	-4.85	5	48.1	
9	5.05	-5.05	2	134.3	
CBR PROMEDIO				68	

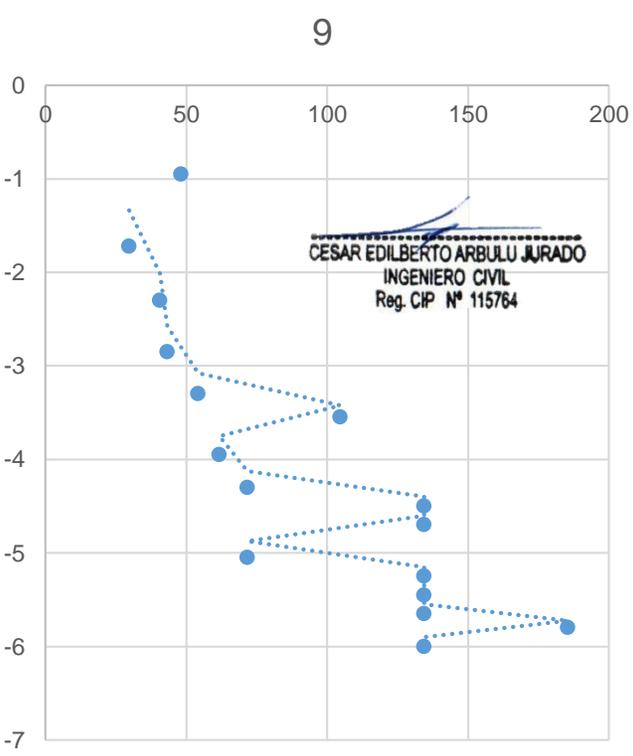
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	“Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021”			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	4	Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10990	
Peso de molde vacío		gr	6226	
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4246	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3846	
Peso de muestra compactada		gr	4704	
Contenido de humedad		gr/cm3	2.19	
Densidad húmeda		%	10.40	
Densidad Seca		gr/cm3	1.98	
Grado de compactación		%	99	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1	
Altura de ascensión capilar luego de una hora			72.2	
DATOS DE CBR				
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)
Oed	0.35	-0.35	0.00	0.00
1	0.85	-0.85	5.00	48.1
2	1.25	-1.25	4.00	61.8
3	1.65	-1.65	4.00	61.8
4	2.05	-2.05	4.00	61.8
5	2.35	-2.35	3.00	85.3
6	2.75	-2.75	4.00	61.8
7	3.05	-3.05	3.00	85.3
8	3.45	-3.45	4.00	61.8
9	3.85	-3.85	4.00	61.8
10	4.15	-4.15	3.00	85.3
11	4.40	-4.40	2.50	104.6
12	4.80	-4.80	4.00	61.8
13	5.10	-5.10	3.00	85.3
14	5.35	-5.35	2.50	104.6
15	5.57	-5.57	2.20	120.7
16	5.95	-5.95	3.80	65.5
17	6.25	-6.25	3.00	85.3
CBR PROMEDIO				76.6
GRÁFICO				
 <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 115764</p>				

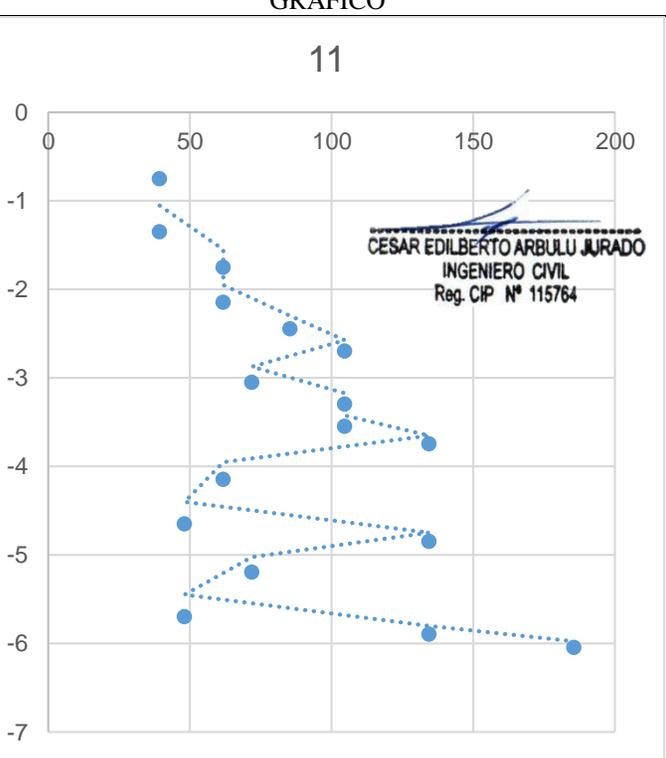
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	5	Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11108	
Peso de molde vacío		gr	6398	
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4294	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3944	
Peso de muestra compactada		gr	4710	
Contenido de humedad		gr/cm3	2.19	
Densidad húmeda		%	8.90	
Densidad Seca		gr/cm3	2.01	
Grado de compactación		%	100	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0	
Altura de ascensión capilar luego de una hora			70.7	
DATOS DE CBR		GRÁFICO		
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	
			CBR A4(1)	
Oed	0.35	-0.35	0.00	
1	0.55	-0.55	2.00	
2	0.80	-0.80	2.50	
3	1.05	-1.05	2.50	
4	1.25	-1.25	2.00	
5	1.55	-1.55	3.00	
6	1.80	-1.80	2.50	
7	1.95	-1.95	1.50	
8	2.20	-2.20	2.50	
9	2.45	-2.45	2.50	
11	2.80	-2.80	3.50	
12	3.00	-3.00	2.00	
13	3.10	-3.10	1.00	
14	3.35	-3.35	2.50	
15	3.50	-3.50	1.50	
16	3.75	-3.75	2.50	
17	3.85	-3.85	1.00	
18	4.00	-4.00	1.50	
19	4.10	-4.10	1.00	
20	4.30	-4.30	2.00	
21	4.40	-4.40	1.00	
22	4.55	-4.55	1.50	
23	4.75	-4.75	2.00	
24	4.85	-4.85	1.00	
25	5.00	-5.00	1.50	
CBR PROMEDIO			115.6	

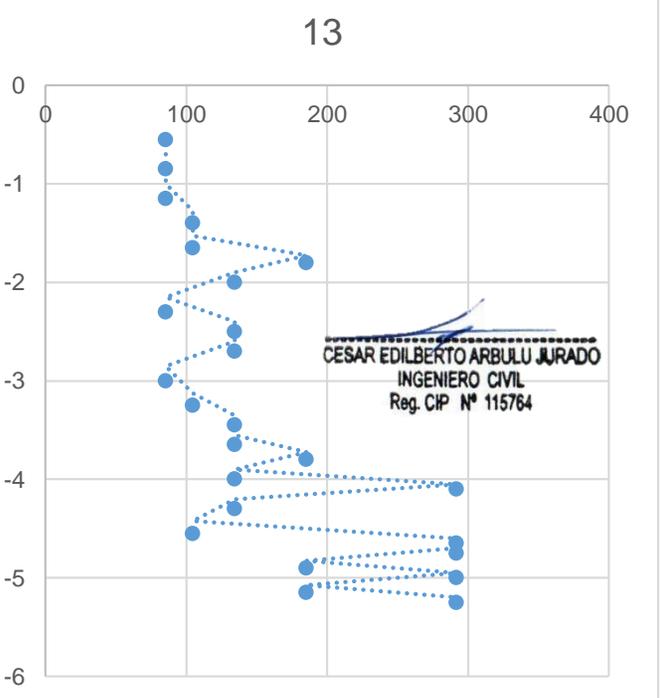

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 115764

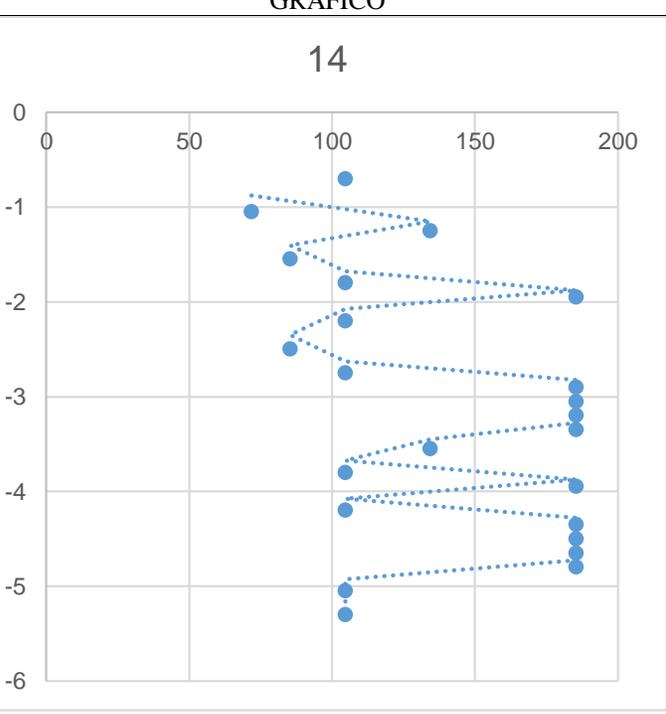
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:		Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:		Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:		Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	7		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10612	
Peso de molde vacío			gr	5958	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4348	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3914	
Peso de muestra compactada			gr	4654	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.17	
Densidad húmeda			%	11.10	
Densidad Seca			gr/cm3	1.95	
Grado de compactación			%	97	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					1
Altura de ascensión capilar luego de una hora					58.8
DATOS DE CBR					GRÁFICO
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.35	-0.35	0.00	0.00	
1	1.05	-1.05	7.00	33.0	
2	1.60	-1.60	5.50	43.3	
3	2.05	-2.05	4.50	54.2	
4	2.45	-2.45	4.00	61.8	
5	2.85	-2.85	4.00	61.8	
6	3.10	-3.10	2.50	104.6	
7	3.35	-3.35	2.50	104.6	
8	3.60	-3.60	2.50	104.6	
CBR PROMEDIO				50.8	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		“Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021”			
TESISTA:		Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:		Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:		Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	8		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	11072	
Peso de molde vacío			gr	6288	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4200	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3818	
Peso de muestra compactada			gr	4784	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.23	
Densidad húmeda			%	10	
Densidad Seca			gr/cm3	2.03	
Grado de compactación			%	100.7	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar luego de una hora			86.4		
DATOS DE CBR					GRÁFICO
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.35	-0.35	0.00	0.00	
1	0.85	-0.85	5.00	48.1	
2	1.25	-1.25	4.00	61.8	
3	1.51	-1.51	2.60	100.1	
4	1.90	-1.90	3.90	63.6	
5	2.20	-2.20	3.00	85.3	
6	2.45	-2.45	2.25	104.6	
7	2.80	-2.80	3.50	71.6	
8	3.05	-3.05	2.50	104.6	
9	3.35	-3.35	3.00	85.3	
10	3.65	-3.65	3.00	85.3	
11	3.95	-3.95	3.00	85.3	
12	4.15	-4.15	2.00	134.3	
13	4.45	-4.45	3.00	85.3	
14	4.70	-4.70	2.50	104.6	
15	4.92	-4.92	2.20	120.7	
16	5.15	-5.15	2.30	114.9	
CBR PROMEDIO				50.8	

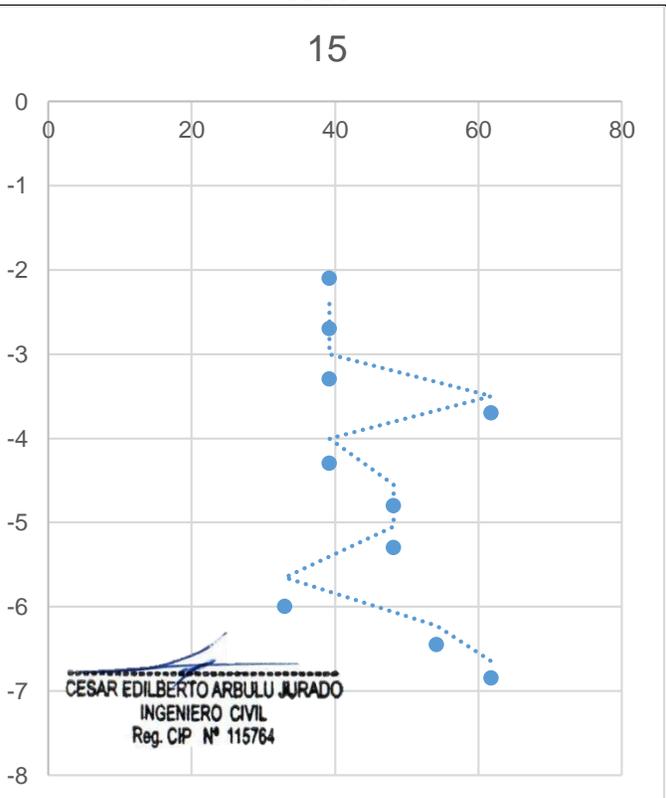
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	9	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10862		
Peso de molde vacío		gr	6290		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4230		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3862		
Peso de muestra compactada		gr	4572		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.13		
Densidad húmeda		%	9.50		
Densidad Seca		gr/cm3	1.94		
Grado de compactación		%	96.6		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1		
Altura de ascensión capilar luego de una hora			49		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.45	-0.45	0.00	0.00	
1	0.95	-0.95	5.00	48.1	
2	1.72	-1.72	7.70	29.7	
3	2.30	-2.30	5.80	40.8	
4	2.85	-2.85	5.50	43.3	
5	3.30	-3.30	4.50	54.2	
6	3.55	-3.55	2.50	104.6	
7	3.95	-3.95	4.00	61.8	
8	4.30	-4.30	3.50	71.8	
9	4.50	-4.50	2.00	134.3	
10	4.70	-4.70	2.00	134.3	
11	5.05	-5.05	3.50	71.8	
12	5.25	-5.25	2.00	134.3	
13	5.45	-5.45	2.00	134.3	
14	5.65	-5.65	2.00	134.3	
15	5.80	-5.80	1.50	185.4	
16	6.00	-6.00	2.00	134.3	
CBR PROMEDIO				50.8	

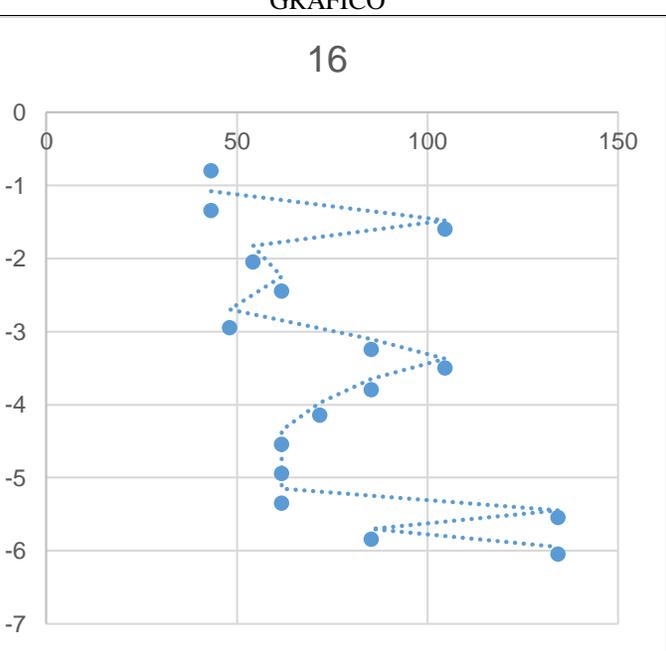
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	11	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10926		
Peso de molde vacío		gr	6352		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4302		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3940		
Peso de muestra compactada		gr	4574		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.13		
Densidad húmeda		%	9.20		
Densidad Seca		gr/cm3	1.95		
Grado de compactación		%	97.0		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			52.3		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.15	-0.15	0.00	0.00	
1	0.75	-0.75	6.00	39.3	
2	1.35	-1.35	6.00	39.3	
3	1.75	-1.75	4.00	61.8	
4	2.15	-2.15	4.00	61.8	
5	2.45	-2.45	3.00	85.3	
6	2.70	-2.70	2.50	104.6	
7	3.05	-3.05	3.50	71.8	
8	3.30	-3.30	2.50	104.6	
9	3.55	-3.55	2.50	104.6	
10	3.75	-3.75	2.00	134.3	
11	4.15	-4.15	4.00	61.8	
14	4.65	-4.65	5.00	48.1	
15	4.85	-4.85	2.00	134.3	
16	5.20	-5.20	3.50	71.8	
18	5.70	-5.70	5.00	48.1	
19	5.90	-5.90	2.00	134.3	
20	6.05	-6.05	1.50	185.4	
CBR PROMEDIO				79.0	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	13	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11146		
Peso de molde vacío		gr	6398		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	41.98		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3822		
Peso de muestra compactada		gr	4748		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.21		
Densidad húmeda		%	9.80		
Densidad Seca		gr/cm3	2.01		
Grado de compactación		%	100.1		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			57.6		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.25	-0.25	0.00	0.00	
1	0.55	-0.55	3.00	85.3	
2	0.85	-0.85	3.00	85.3	
3	1.15	-1.15	3.00	85.3	
4	1.40	-1.40	2.50	104.6	
5	1.65	-1.65	2.50	104.6	
6	1.80	-1.80	1.50	185.4	
7	2.00	-2.00	2.00	134.3	
8	2.30	-2.30	3.00	85.3	
9	2.50	-2.50	2.00	134.3	
10	2.70	-2.70	2.00	134.3	
11	3.00	-3.00	3.00	85.3	
12	3.25	-3.25	2.50	104.6	
13	3.45	-3.45	2.00	134.3	
14	3.65	-3.65	2.00	134.3	
15	3.80	-3.80	1.50	185.4	
16	4.00	-4.00	2.00	134.3	
17	4.10	-4.10	1.00	292.0	
18	4.30	-4.30	2.00	134.3	
20	4.55	-4.55	2.50	104.6	
21	4.65	-4.65	1.00	292.0	
22	4.75	-4.75	1.00	292.0	
23	4.90	-4.90	1.50	185.4	
24	5.00	-5.00	1.00	292.0	
25	5.15	-5.15	1.50	185.4	
26	5.25	-5.25	1.00	292.0	
CBR PROMEDIO				119.8	

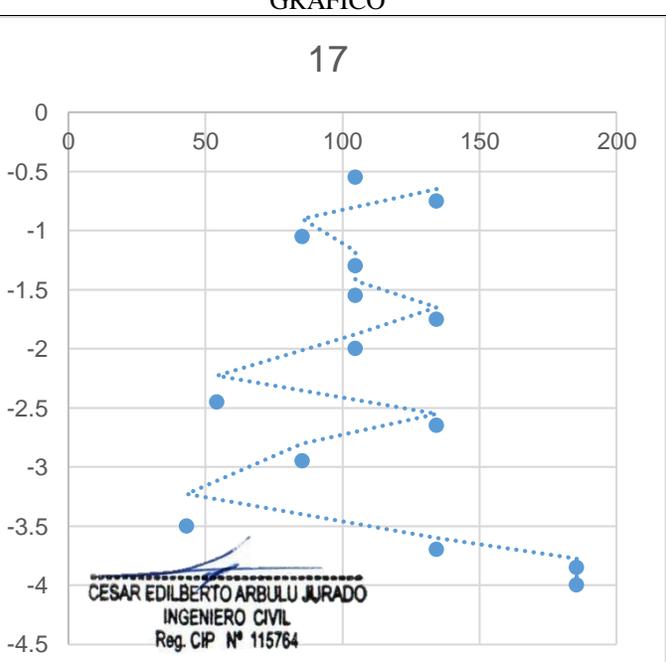
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	14	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10736		
Peso de molde vacío		gr	6248		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	3802		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4488		
Peso de muestra compactada		gr	2.09		
Contenido de humedad		gr/cm3	11.05		
Densidad húmeda		%	11.50		
Densidad Seca		gr/cm3	1.88		
Grado de compactación		%	93.2		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			52.4		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.45	-0.45	0.00	0.00	
1	0.70	-0.70	2.50	104.6	
2	1.05	-1.05	3.50	71.8	
3	1.25	-1.25	2.00	134.3	
4	1.55	-1.55	3.00	85.3	
5	1.80	-1.80	2.50	104.6	
6	1.95	-1.95	1.50	185.4	
7	2.20	-2.20	2.50	104.6	
8	2.50	-2.50	3.00	85.3	
9	2.75	-2.75	2.50	104.6	
10	2.90	-2.90	1.50	185.4	
12	3.05	-3.05	1.50	185.4	
13	3.20	-3.20	1.50	185.4	
14	3.35	-3.35	1.50	185.4	
15	3.55	-3.55	2.00	134.3	
16	3.80	-3.80	2.50	104.6	
17	3.95	-3.95	1.50	185.4	
18	4.20	-4.20	2.50	104.6	
20	4.35	-4.35	1.50	185.4	
21	4.50	-4.50	1.50	185.4	
23	4.65	-4.65	1.50	185.4	
24	4.80	-4.80	1.50	185.4	
25	5.05	-5.05	2.50	104.6	
26	5.30	-5.30	2.50	104.6	
CBR PROMEDIO				122.9	

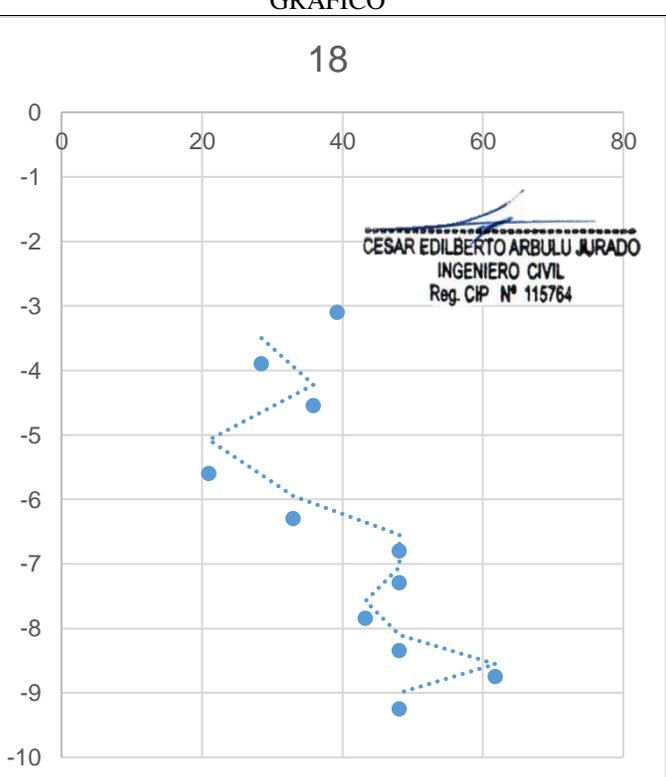

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 115764

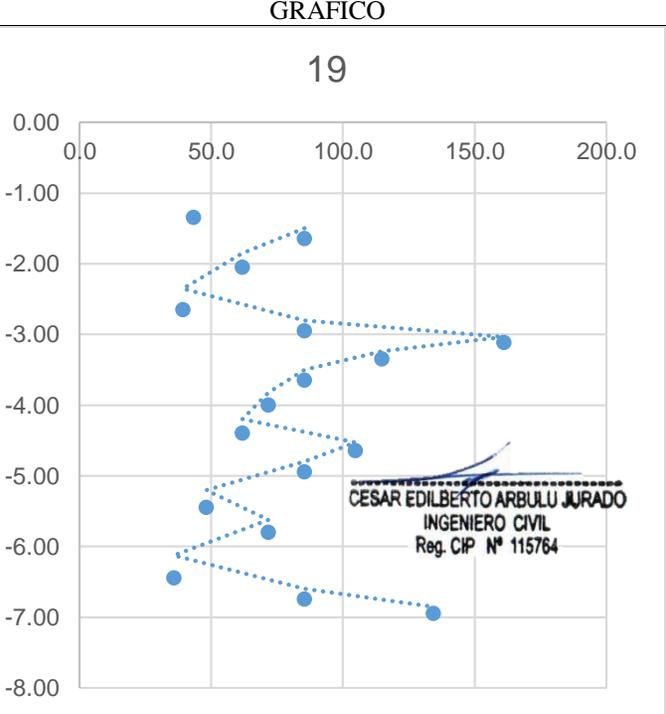
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:		Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:		Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:		Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	15		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	11056	
Peso de molde vacío			gr	6430	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4374	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3978	
Peso de muestra compactada			gr	4626	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.15	
Densidad húmeda			%	10	
Densidad Seca			gr/cm3	1.96	
Grado de compactación			%	97.4	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					1
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					62
DATOS DE CBR					GRÁFICO
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	1.50	-1.50	0.00	0.00	
1	2.10	-2.10	6.00	39.3	
2	2.70	-2.70	6.00	39.3	
3	3.30	-3.30	6.00	39.3	
4	3.70	-3.70	4.00	61.8	
5	4.30	-4.30	6.00	39.3	
6	4.80	-4.80	5.00	48.1	
7	5.30	-5.30	5.00	48.1	
8	6.00	-6.00	7.00	33.0	
9	6.45	-6.45	4.50	54.2	
10	6.85	-6.85	4.00	61.8	
CBR PROMEDIO				46.4	

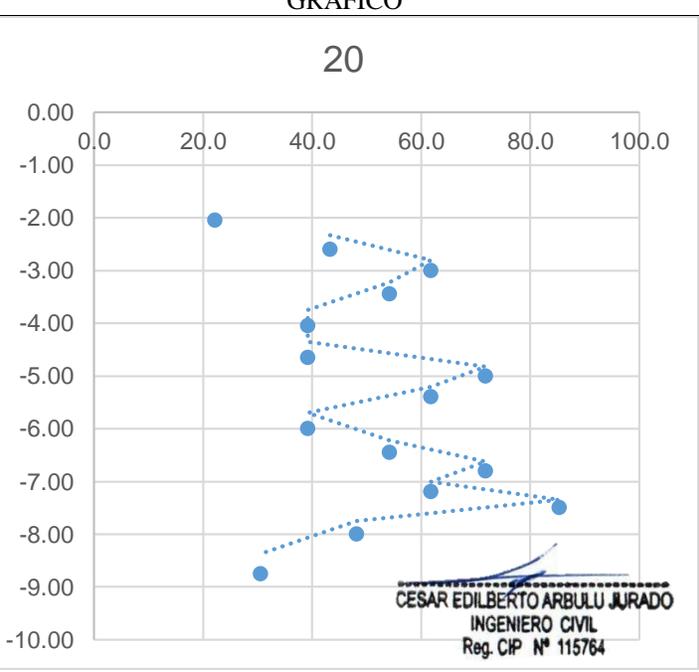
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	16	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10906		
Peso de molde vacío		gr	6336		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4346		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3948		
Peso de muestra compactada		gr	4570		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.13		
Densidad húmeda		%	10.10		
Densidad Seca		gr/cm3	1.93		
Grado de compactación		%	96.1		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			86.3		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.25	-0.25	0.00	0.00	
1	0.80	-0.80	5.50	43.3	
2	1.35	-1.35	5.50	43.3	
3	1.60	-1.60	2.50	104.6	
4	2.05	-2.05	4.50	54.2	
5	2.45	-2.45	4.00	61.8	
7	2.95	-2.95	5.00	48.1	
8	3.25	-3.25	3.00	85.3	
9	3.50	-3.50	2.50	104.6	
10	3.80	-3.80	3.00	85.3	
12	4.15	-4.15	3.50	71.8	
13	4.55	-4.55	4.00	61.8	
15	4.95	-4.95	4.00	61.8	
16	5.35	-5.35	4.00	61.8	
17	5.55	-5.55	2.00	134.3	
18	5.85	-5.85	3.00	85.3	
20	6.05	-6.05	2.00	134.3	
CBR PROMEDIO				70.2	

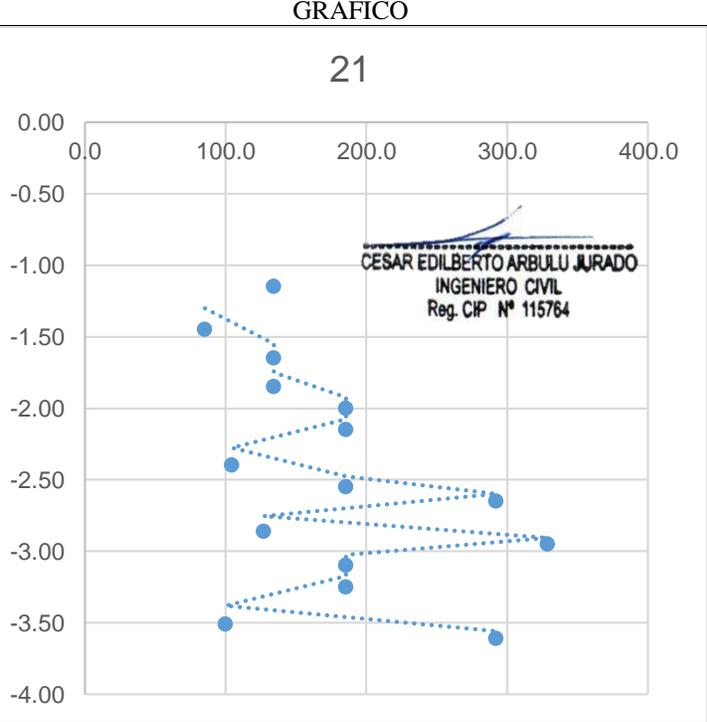

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 115764

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	17	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11136		
Peso de molde vacío		gr	6446		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4408		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4076		
Peso de muestra compactada		gr	4690		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.18		
Densidad húmeda		%	8.10		
Densidad Seca		gr/cm3	2.02		
Grado de compactación		%	100.4		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			68.1		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.30	-0.30	0.00	0.00	
1	0.55	-0.55	2.50	104.6	
2	0.75	-0.75	2.00	134.3	
3	1.05	-1.05	3.00	85.3	
4	1.30	-1.30	2.50	104.6	
5	1.55	-1.55	2.50	104.6	
7	1.75	-1.75	2.00	134.6	
8	2.00	-2.00	2.50	104.6	
9	2.45	-2.45	4.50	54.2	
10	2.65	-2.65	2.00	134.3	
12	2.95	-2.95	3.00	85.3	
13	3.50	-3.50	5.50	43.3	
15	3.70	-3.70	2.00	134.3	
16	3.85	-3.85	1.50	185.4	
17	4.00	-4.00	1.50	185.4	
CBR PROMEDIO				113.9	

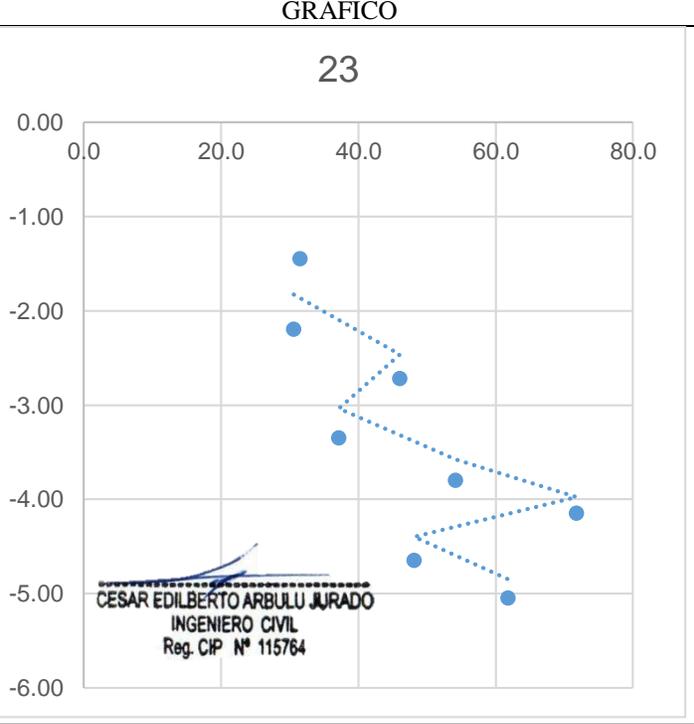
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	18	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10984		
Peso de molde vacío		gr	6396		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4292		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	398		
Peso de muestra compactada		gr	4588		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.14		
Densidad húmeda		%	9.30		
Densidad Seca		gr/cm3	1.96		
Grado de compactación		%	97.2		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					1
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					74
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	2.50	-2.50	0.00	0.00	
1	3.10	-3.10	6.00	39.3	
2	3.90	-3.90	8.00	28.4	
3	4.55	-4.55	6.50	35.9	
4	5.60	-5.60	10.50	21.0	
5	6.30	-6.30	7.00	33.0	
7	6.80	-6.80	5.00	48.1	
8	7.30	-7.30	5.00	48.1	
9	7.85	-7.85	5.50	43.3	
10	8.35	-8.35	5.00	48.1	
12	8.75	-8.75	4.00	61.8	
13	9.25	-9.25	5.00	48.1	
CBR PROMEDIO				41.4	

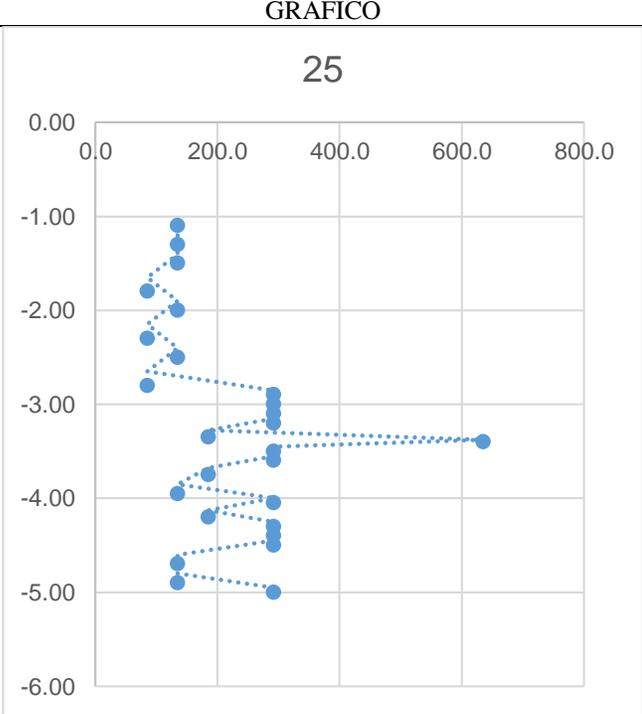
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	19	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11002		
Peso de molde vacío		gr	6396		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4426		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4056		
Peso de muestra compactada		gr	4606		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.15		
Densidad húmeda		%	9.1		
Densidad Seca		gr/cm3	1.97		
Grado de compactación		%	97.7		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			56		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.80	-0.80	0.00	0.00	
1	1.35	-1.35	5.50	43.3	
2	1.65	-1.65	3.00	85.3	
3	2.05	-2.05	4.00	61.8	
5	2.65	-2.65	6.00	39.3	
6	2.95	-2.95	3.00	85.3	
7	3.12	-3.12	1.70	161.2	
8	3.35	-3.35	2.30	114.9	
9	3.65	-3.65	3.00	85.3	
10	4.00	-4.00	3.50	71.8	
12	4.40	-4.40	4.00	61.8	
13	4.65	-4.65	2.50	104.6	
14	4.95	-4.95	3.00	85.3	
17	5.45	-5.45	5.00	48.1	
19	5.80	-5.80	3.50	71.8	
22	6.45	-6.45	6.50	35.9	
24	6.75	-6.75	3.00	85.3	
25	6.95	-6.95	2.00	134.3	
CBR PROMEDIO				80.9	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	20		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10918	
Peso de molde vacío			gr	6354	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4358	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3972	
Peso de muestra compactada			gr	4564	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.13	
Densidad húmeda			%	9.7	
Densidad Seca			gr/cm3	1.94	
Grado de compactación			%	96.3	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)				1	
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora				60	
DATOS DE CBR			GRÁFICO		
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	 <p style="text-align: center;">20</p> <p style="text-align: right;">CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 115764</p>
Oed	1.05	-1.05	0.00	0.00	
1	2.05	-2.05	10.00	22.2	
2	2.60	-2.60	5.50	43.3	
3	3.00	-3.00	4.00	61.8	
4	3.45	-3.45	4.50	54.2	
5	4.05	-4.05	6.00	39.3	
7	4.65	-4.65	6.00	39.3	
8	5.00	-5.00	3.50	71.8	
9	5.40	-5.40	4.00	61.8	
11	6.00	-6.00	6.00	39.3	
12	6.45	-6.45	4.50	54.2	
14	6.80	-6.80	3.50	71.8	
15	7.20	-7.20	4.00	61.8	
16	7.50	-7.50	3.00	85.3	
18	8.00	-8.00	5.00	48.1	
20	8.75	-8.75	7.50	30.6	
CBR PROMEDIO			52.30		

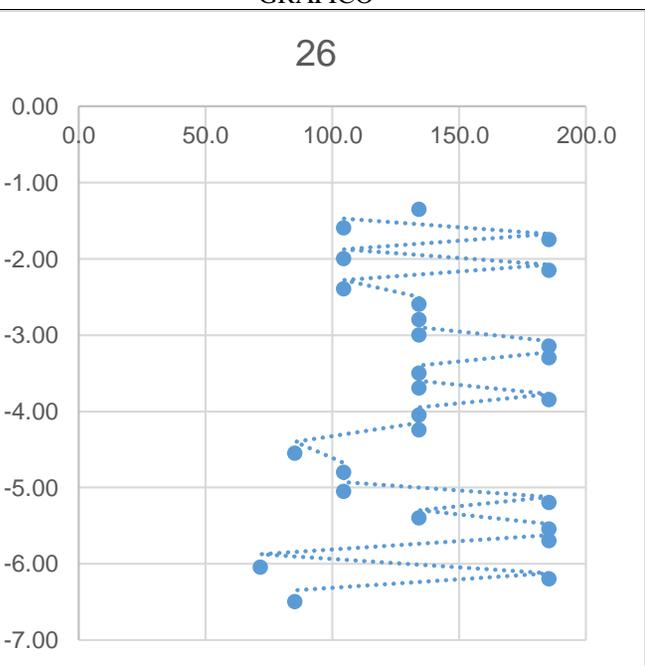
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	21	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10824		
Peso de molde vacío		gr	6224		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4218		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3928		
Peso de muestra compactada		gr	4600		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.14		
Densidad húmeda		%	9.9		
Densidad Seca		gr/cm3	1.95		
Grado de compactación		%	96.9		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					0
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					73
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	 <p style="text-align: center;">21</p> <p style="text-align: center;">CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 115764</p>
Oed	0.95	-0.95	0.00	0.00	
1	1.15	-1.15	2.00	134.3	
2	1.45	-1.45	3.00	85.3	
4	1.65	-1.65	2.00	134.3	
5	1.85	-1.85	2.00	134.3	
6	2.00	-2.00	1.50	185.4	
7	2.15	-2.15	1.50	185.4	
8	2.40	-2.40	2.50	104.6	
10	2.55	-2.55	1.50	185.4	
11	2.65	-2.65	1.00	292.0	
12	2.86	-2.86	2.10	127.2	
13	2.95	-2.95	0.90	328.6	
14	3.10	-3.10	1.50	185.4	
16	3.25	-3.25	1.50	185.4	
17	3.51	-3.51	2.60	100.1	
18	3.61	-3.61	1.00	292.0	
CBR PROMEDIO				80.9	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE	
Numero de muestra	23		Altura del molde (cm)	11.818
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10722
Peso de molde vacío			gr	5958
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4772
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	4158
Peso de muestra compactada			gr	4764
Contenido de humedad			gr/cm3	2.22
Densidad húmeda			%	14.8
Densidad Seca			gr/cm3	1.93
Grado de compactación			%	96.1
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1	
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			60.90	
DATOS DE CBR			GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)
Oed	0.72	-0.72	0.00	0.00
1	1.45	-1.45	7.30	31.5
2	2.20	-2.20	7.50	30.6
3	2.72	-2.72	5.20	46.1
4	3.35	-3.35	6.30	37.2
5	3.80	-3.80	4.50	54.2
6	4.15	-4.15	3.50	71.8
7	4.65	-4.65	5.00	48.1
9	5.05	-5.05	4.00	61.8
CBR PROMEDIO				47.7



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	25	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10802		
Peso de molde vacío		gr	6290		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4290		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3926		
Peso de muestra compactada		gr	4512		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.10		
Densidad húmeda		%	9.3		
Densidad Seca		gr/cm3	1.92		
Grado de compactación		%	95.6		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			50		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.90	-0.90	0.00	0.00	
1	1.10	-1.10	2.00	134.3	
2	1.30	-1.30	2.00	134.3	
3	1.50	-1.50	2.00	134.3	
4	1.80	-1.80	3.00	85.3	
5	2.00	-2.00	2.00	134.3	
6	2.30	-2.30	3.00	85.3	
7	2.50	-2.50	2.00	134.3	
8	2.80	-2.80	3.00	85.3	
9	2.90	-2.90	1.00	292.0	
10	3.00	-3.00	1.00	292.0	
11	3.10	-3.10	1.00	292.0	
12	3.20	-3.20	1.00	292.0	
13	3.35	-3.35	1.50	185.4	
14	3.40	-3.40	0.50	634.7	
15	3.50	-3.50	1.00	292.0	
16	3.60	-3.60	1.00	292.0	
17	3.75	-3.75	1.50	185.4	
18	3.95	-3.95	2.00	134.3	
19	4.05	-4.05	1.00	292.0	
20	4.20	-4.20	1.50	185.4	
21	4.30	-4.30	1.00	292.0	
22	4.40	-4.40	1.00	292.0	
23	4.50	-4.50	1.00	292.0	
24	4.70	-4.70	2.00	134.3	
25	4.90	-4.90	2.00	134.3	
26	5.00	-5.00	1.00	292.0	
CBR PROMEDIO				115.96	

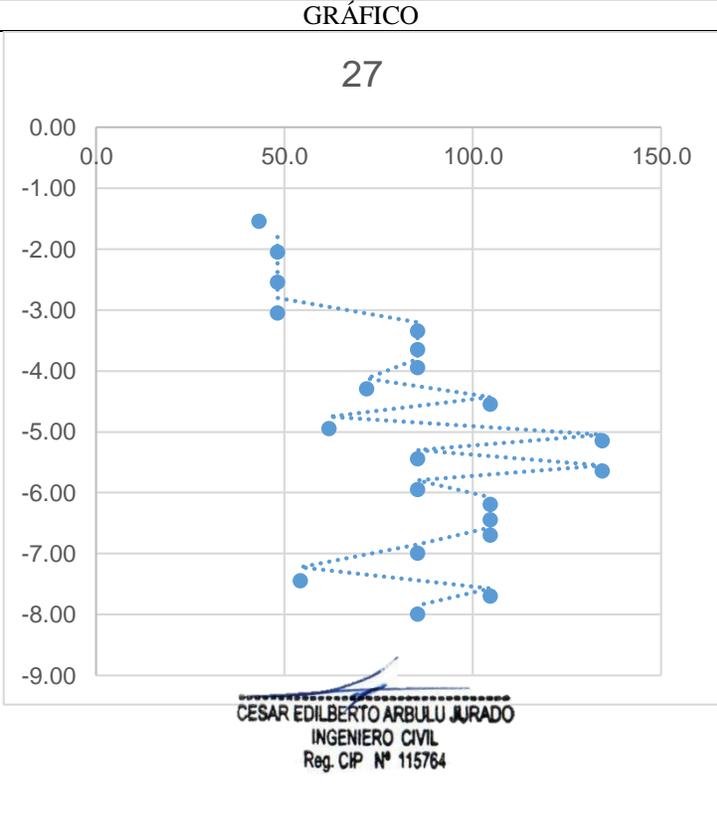

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 115764

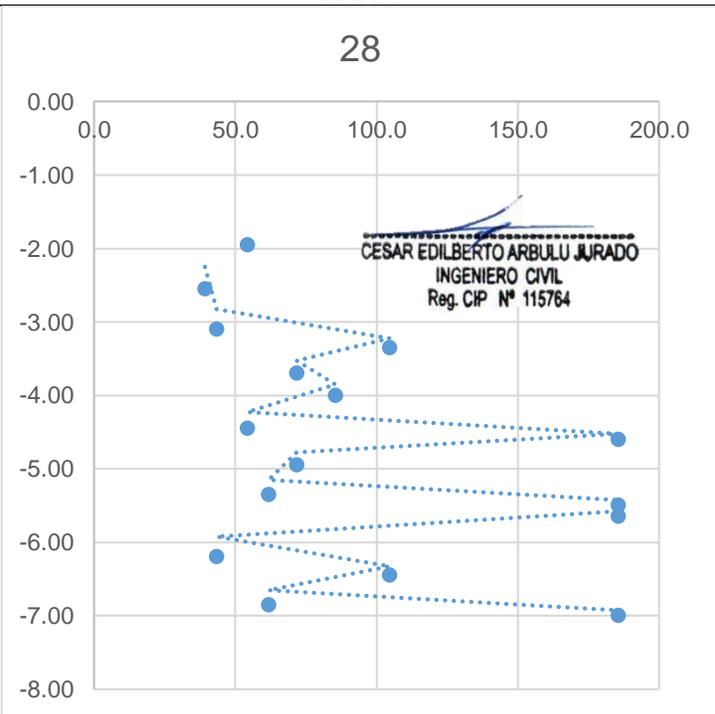
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	26	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10912		
Peso de molde vacío		gr	6248		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	3936		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3634		
Peso de muestra compactada		gr	4664		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.17		
Densidad húmeda		%	8.3		
Densidad Seca		gr/cm3	2.01		
Grado de compactación		%	99.7		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			56		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	1.15	- 1.15	0.00	0.00	
1	1.35	- 1.35	2.00	134.3	
2	1.60	- 1.60	2.50	104.6	
3	1.75	- 1.75	1.50	185.4	
4	2.00	- 2.00	2.50	104.6	
5	2.15	- 2.15	1.50	185.4	
6	2.40	- 2.40	2.50	104.6	
7	2.60	- 2.60	2.00	134.3	
8	2.80	- 2.80	2.00	134.3	
9	3.00	- 3.00	2.00	134.3	
10	3.15	- 3.15	1.50	185.4	
11	3.30	- 3.30	1.50	185.4	
12	3.50	- 3.50	2.00	134.3	
13	3.70	- 3.70	2.00	134.3	

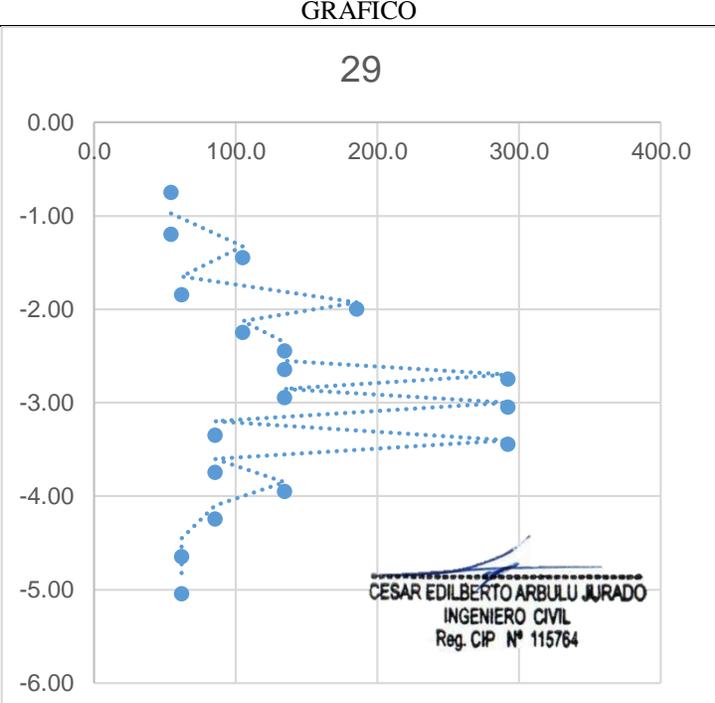

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 115764

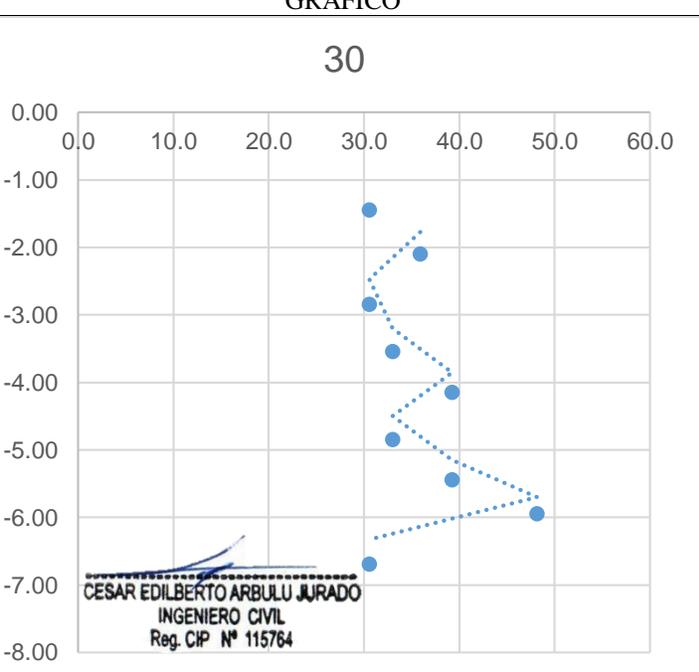
14	3.85	- 3.85	1.50	185.4
15	4.05	- 4.05	2.00	134.3
16	4.25	- 4.25	2.00	134.3
17	4.55	- 4.55	3.00	85.3
18	4.80	- 4.80	2.50	104.6
20	5.05	- 5.05	2.50	104.6
21	5.20	- 5.20	1.50	185.4
22	5.40	- 5.40	2.00	134.3
23	5.55	- 5.55	1.50	185.4
24	5.70	- 5.70	1.50	185.4
26	6.05	- 6.05	3.50	71.8
27	6.20	- 6.20	1.50	184.4
28	6.50	- 6.50	3.00	85.3
CBR PROMEDIO				140.1

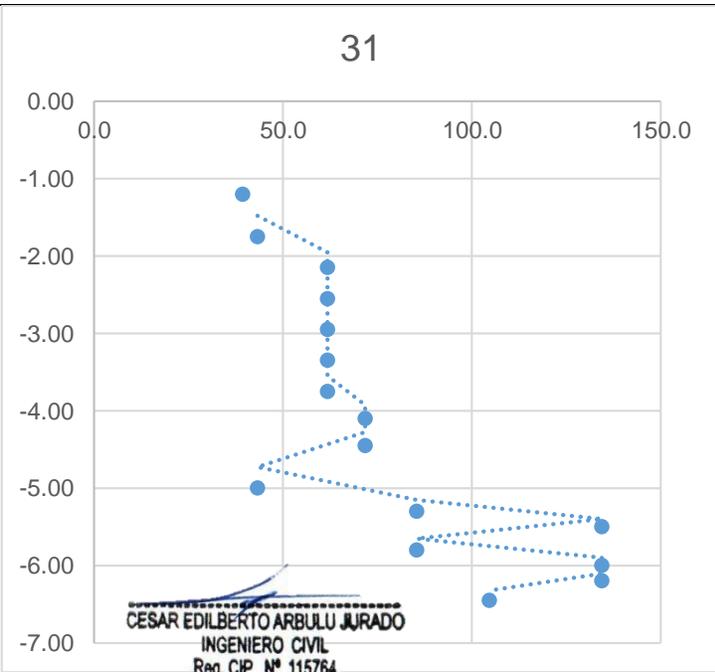
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	27	Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10976	
Peso de molde vacío		gr	6288	
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4510	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4110	
Peso de muestra compactada		gr	4688	
Contenido de humedad		gr/cm3	2.18	
Densidad húmeda		%	9.7	
Densidad Seca		gr/cm3	1.99	
Grado de compactación		%	98.9	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1	
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			66	
DATOS DE CBR			GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)
Oed	1.00	1.00	0.00	0.00
1	1.55	1.55	5.50	43.3
2	2.05	2.05	5.00	48.1
3	2.55	2.55	5.00	48.1
4	3.05	3.05	5.00	48.1
5	3.35	3.35	3.00	85.3
6	3.65	3.65	3.00	85.3
7	3.95	3.95	3.00	85.3
8	4.30	4.30	3.50	71.8
9	4.55	4.55	2.50	104.6
10	4.95	4.95	4.00	61.8
11	5.15	5.15	2.00	134.3
12	5.45	5.45	3.00	85.3
13	5.65	5.65	2.00	134.3
14	5.95	5.95	3.00	85.3
15	6.20	6.20	2.50	104.6
16	6.45	6.45	2.50	104.6
17	6.70	6.70	2.50	104.6
18	7.00	7.00	3.00	85.3
20	7.45	7.45	4.50	54.2
21	7.70	7.70	2.50	104.6
22	8.00	8.00	3.00	85.3
CBR PROMEDIO				84.03

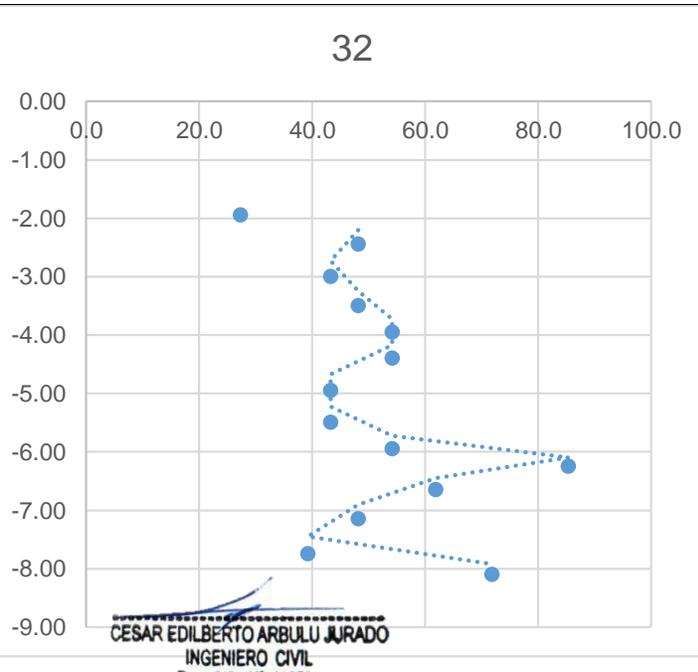


FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		“Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021”			
TESISTA:		Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:		Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:		Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA			DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	28		Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC		diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951		volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada			gr	10912	
Peso de molde vacío			gr	6398	
Peso de muestra eyectada húmeda			gr	4218	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)			gr	3848	
Peso de muestra compactada			gr	4514	
Contenido de humedad			gr/cm3	2.10	
Densidad húmeda			%	9.6	
Densidad Seca			gr/cm3	1.92	
Grado de compactación			%	95.3	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					1
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					74.80
DATOS DE CBR					GRÁFICO
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	1.50	-1.50	0.00	0.00	
1	1.95	-1.95	4.50	54.2	
2	2.55	-2.55	6.00	39.3	
3	3.10	-3.10	5.50	43.3	
4	3.35	-3.35	2.50	104.6	
5	3.70	-3.70	3.50	71.8	
6	4.00	-4.00	3.00	85.3	
7	4.45	-4.45	4.50	54.2	
8	4.60	-4.60	1.50	185.4	
9	4.95	-4.95	3.50	71.8	
10	5.35	-5.35	4.00	61.8	
11	5.50	-5.50	1.50	185.4	
12	5.65	-5.65	1.50	185.4	
13	6.20	-6.20	5.50	43.3	
15	6.45	-6.45	2.50	104.6	
16	6.85	-6.85	4.00	61.8	
17	7.00	-7.00	1.50	185.4	
CBR PROMEDIO				77.2	

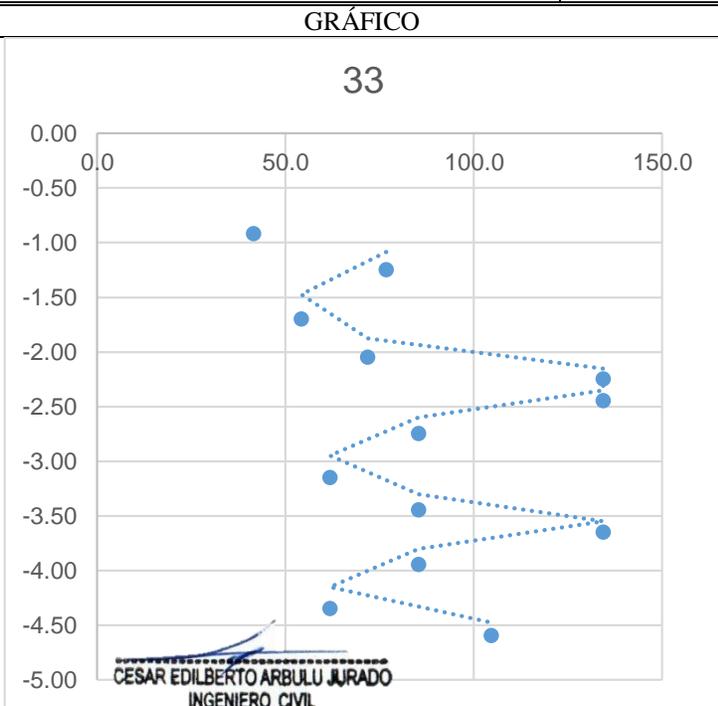
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	29	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10994		
Peso de molde vacío		gr	6354		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4168		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3818		
Peso de muestra compactada		gr	4640		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.16		
Densidad húmeda		%	9.2		
Densidad Seca		gr/cm3	1.98		
Grado de compactación		%	98.4		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					0
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					52.20
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	 <p style="text-align: center;">29</p> <p style="text-align: right;">CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 115764</p>
Oed	0.30	-0.30	0.00	0.00	
1	0.75	-0.75	4.50	54.2	
2	1.20	-1.20	4.50	54.2	
3	1.45	-1.45	2.50	104.6	
4	1.85	-1.85	4.00	61.8	
5	2.00	-2.00	1.50	185.4	
6	2.25	-2.25	2.50	104.4	
7	2.45	-2.45	2.00	134.3	
8	2.65	-2.65	2.00	134.3	
9	2.75	-2.75	1.00	292.0	
10	2.95	-2.95	2.00	134.3	
11	3.05	-3.05	1.00	292.0	
12	3.35	-3.35	3.00	85.3	
13	3.45	-3.45	1.00	292.0	
14	3.75	-3.75	3.00	85.3	
15	3.95	-3.95	2.00	134.3	
17	4.25	-4.25	3.00	85.3	
19	4.65	-4.65	4.00	61.8	
21	5.05	-5.05	4.00	61.8	
CBR PROMEDIO				104.2	

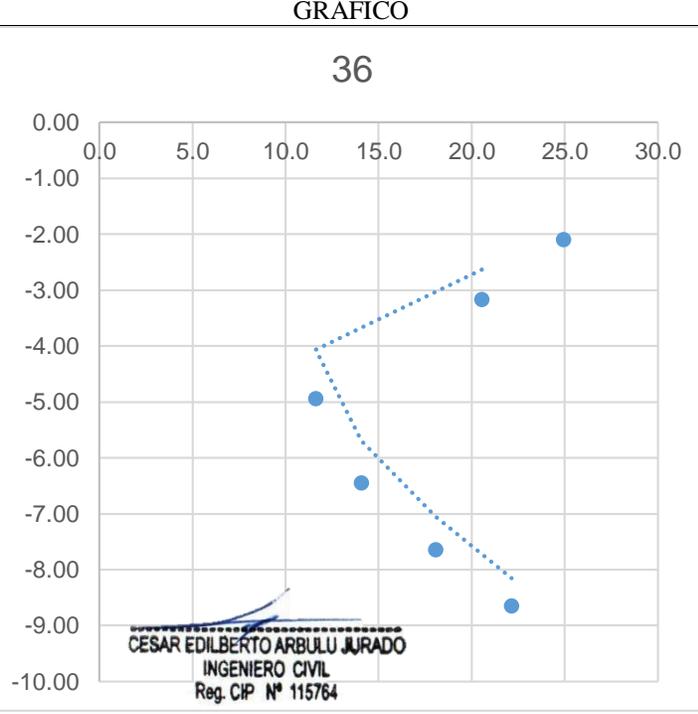
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	30	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11066		
Peso de molde vacío		gr	6446		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4412		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3964		
Peso de muestra compactada		gr	4620		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.15		
Densidad húmeda		%	11.3		
Densidad Seca		gr/cm3	1.93		
Grado de compactación		%	96.1		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)					1
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora					66
DATOS DE CBR				GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.70	-0.70	0.00	0.00	
1	1.45	-1.45	7.50	30.6	
2	2.10	-2.10	6.50	35.9	
3	2.85	-2.85	7.50	30.6	
4	3.55	-3.55	7.00	33.0	
5	4.15	-4.15	6.00	39.3	
6	4.85	-4.85	7.00	33.0	
7	5.45	-5.45	6.00	39.3	
8	5.95	-5.95	5.00	48.1	
9	6.70	-6.70	7.50	30.6	
CBR PROMEDIO				35.6	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	31	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10812		
Peso de molde vacío		gr	6248		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4242		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3896		
Peso de muestra compactada		gr	4564		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.13		
Densidad húmeda		%	8.9		
Densidad Seca		gr/cm3	1.95		
Grado de compactación		%	97		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			62.70		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	0.60	-0.60	0.00	0.00	
1	1.20	-1.20	6.00	39.3	
2	1.75	-1.75	5.50	43.3	
3	2.15	-2.15	4.00	61.8	
4	2.55	-2.55	4.00	61.8	
5	2.95	-2.95	4.00	61.8	
6	3.35	-3.35	4.00	61.8	
7	3.75	-3.75	4.00	61.8	
8	4.10	-4.10	3.50	71.8	
9	4.45	-4.45	3.50	71.8	
11	5.00	-5.00	5.50	43.3	
13	5.30	-5.30	3.00	85.3	
14	5.50	-5.50	2.00	134.3	
15	5.80	-5.80	3.00	85.3	
17	6.00	-6.00	2.00	134.3	
19	6.20	-6.20	2.00	134.3	
21	6.45	-6.45	2.50	104.6	
CBR PROMEDIO				35.6	

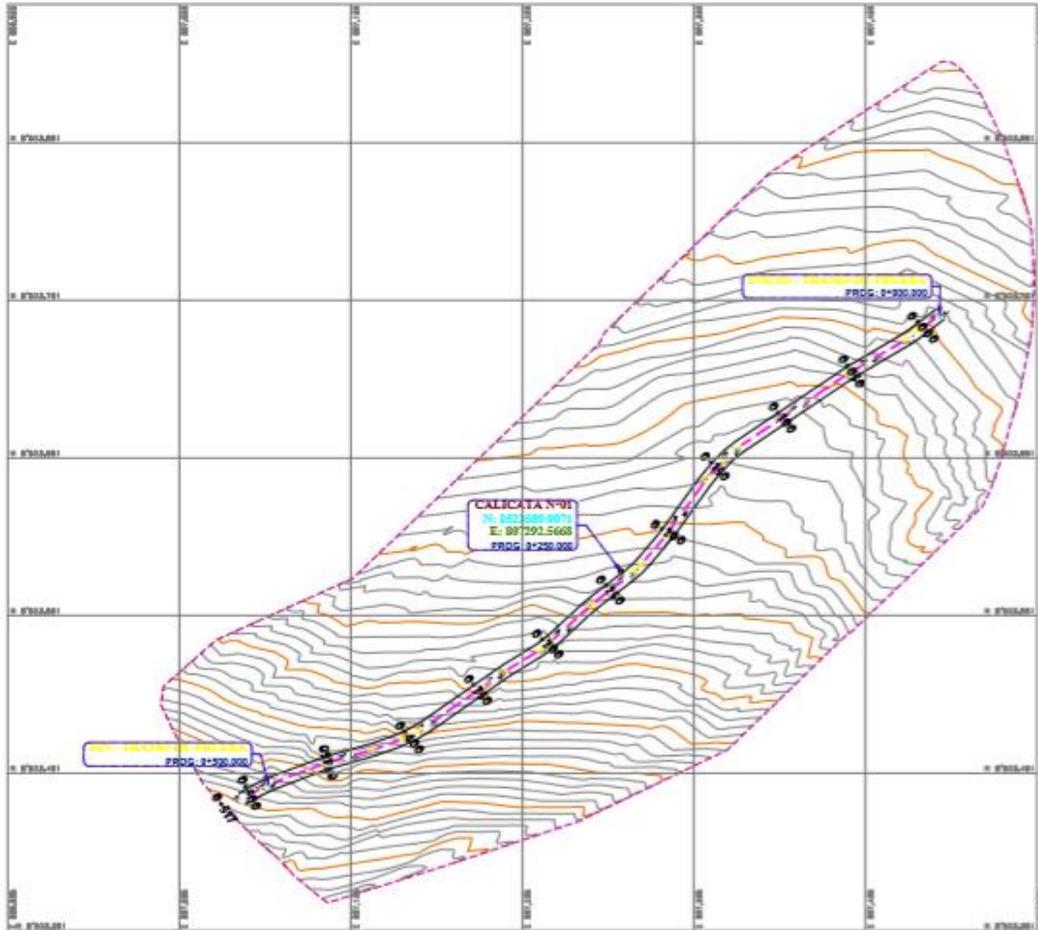
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	32	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10630		
Peso de molde vacío		gr	5958		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4342		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3902		
Peso de muestra compactada		gr	4672		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.18		
Densidad húmeda		%	11.3		
Densidad Seca		gr/cm3	1.96		
Grado de compactación		%	97.2		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			0		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			70		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	1.12	-1.12	0.00	0.00	
1	1.95	-1.95	8.30	27.3	
2	2.45	-2.45	5.00	48.1	
3	3.00	-3.00	5.50	43.3	
4	3.50	-3.50	5.00	48.1	
5	3.95	-3.95	4.50	54.2	
6	4.40	-4.40	4.50	54.2	
7	4.95	-4.95	5.50	43.3	
9	5.50	-5.50	5.50	43.3	
10	5.95	-5.95	4.50	54.2	
11	6.25	-6.25	3.00	85.3	
12	6.65	-6.65	4.00	61.8	
13	7.15	-7.15	5.00	48.1	
16	7.75	-7.75	6.00	39.3	
17	8.10	-8.10	3.50	71.8	
CBR PROMEDIO				51.6	

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"			
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar			
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray			
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú			
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE		
Numero de muestra	33	Altura del molde (cm)	11.818	
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209	
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02	
DATOS DE DENSIDAD				
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	10886	
Peso de molde vacío		gr	6296	
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4244	
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	3872	
Peso de muestra compactada		gr	4594	
Contenido de humedad		gr/cm3	2.14	
Densidad húmeda		%	9.6	
Densidad Seca		gr/cm3	1.95	
Grado de compactación		%	97	
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			1	
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			62.70	
DATOS DE CBR			GRÁFICO	
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)
Oed	0.35	-0.35	0.00	0.00
1	0.92	-0.92	5.70	41.6
2	1.25	-1.25	3.30	76.7
3	1.70	-1.70	4.50	54.2
4	2.05	-2.05	3.50	71.8
5	2.25	-2.25	2.00	134.3
6	2.45	-2.45	2.00	134.3
7	2.75	-2.75	3.00	85.3
9	3.15	-3.15	4.00	61.8
10	3.45	-3.45	3.00	85.3
11	3.65	-3.65	2.00	134.3
12	3.95	-3.95	3.00	85.3
15	4.35	-4.35	4.00	61.8
16	4.60	-4.60	2.50	104.6
17	4.75	-4.75	1.50	185.4
18	5.00	-5.00	2.50	104.6
CBR PROMEDIO				85.5



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"Estabilización de subrasante del suelo natural con adición de polímeros, en camino vecinal Maras- Moray Cusco, 2021"				
TESISTA:	Keilich Patsy Laura Aguilar				
LUGAR:	Camino vecinal Maras Moray				
LABORATORIO:	Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú				
MUESTRA		DATOS DEL MOLDE			
Numero de muestra	36	Altura del molde (cm)	11.818		
Ensayo	CBR-PDC	diámetro del molde (cm)	15.209		
Norma de referencia	ASTMD6951	volumen del molde (cc)	2147.02		
DATOS DE DENSIDAD					
Peso de molde y muestra compactada enrasada		gr	11044		
Peso de molde vacío		gr	6336		
Peso de muestra eyectada húmeda		gr	4536		
Peso de muestra eyectada seca (110°24h)		gr	4154		
Peso de muestra compactada		gr	4708		
Contenido de humedad		gr/cm3	2.19		
Densidad húmeda		%	9.2		
Densidad Seca		gr/cm3	2.01		
Grado de compactación		%	99.8		
Agrietamiento visual (0: ninguno; 1: leve; 2: moderado)			2		
Altura de ascensión capilar en mm luego de una hora			86		
DATOS DE CBR		GRÁFICO			
Blow	A4(1)	Z	DPI A4(1)	CBR A4 (1)	
Oed	1.20	-1.20	0.00	0.00	
1	2.10	-2.10	9.00	24.9	
2	3.17	-3.17	10.70	20.5	
3	4.95	-4.95	17.80	11.6	
4	6.45	-6.45	15.00	14.1	
5	7.65	-7.65	12.00	18.1	
6	8.65	-8.65	10.00	22.2	
CBR PROMEDIO				18.56	

13.5. Plano topográfico (Anexo 5)



PLANO TOPOGRAFICO - TRAMO DE PRUEBA

ESC. 1/2500

 UNIVERSIDAD CONTINENTAL <small>Universidad Continental</small> AREA DE INVESTIGACION INFRAESTRUCTURAS VIAL	
"ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO NATURAL CON ADICION DE POLIMEROS EN CAMINO VECINAL MARAS-MORAY, CUSCO 2021"	
TÍTULO: PLANO TOPOGRAFICO PLANTA	
<small> AUTOR: [] DISEÑADOR: [] CONSULTOR: [] APROBADO: [] </small>	
<small> FECHA: [] ESCALA: [] PROYECTO: [] </small>	P-01

LIBRETA DE CAMPO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CAMINO VECINAL MARAS- MORAY

P	E	N	Z	P	E	N	Z
1	807477.23	8523749.45	3434.54	184	807229.67	8523628.76	3442.78
2	807465.15	8523740.61	3435.63	185	807241.81	8523618.86	3443.88
3	807457.94	8523734.88	3435.87	186	807248.94	8523612.84	3444.78
4	807448.45	8523729.39	3436.99	187	807258.68	8523599.71	3445.65
5	807440.14	8523724.37	3437.31	188	807267.65	8523584.13	3447.07
6	807432.36	8523718.57	3437.37	189	807274.49	8523575.12	3448.06
7	807424.47	8523713.84	3438.66	190	807278.48	8523569.18	3449.12
8	807419.85	8523709.87	3439.86	191	807283.31	8523558.49	3450.43
9	807413.19	8523706.82	3439.84	192	807292.17	8523545.12	3452.06
10	807408.46	8523701.96	3440.71	193	807294.48	8523542.49	3452.43
11	807401.78	8523697.54	3441.13	194	807299.55	8523533.64	3454.58
12	807394.64	8523691.87	3442.12	195	807304.33	8523526.52	3455.46
13	807386.48	8523686.66	3442.18	196	807315.61	8523514.87	3456.81
14	807377.64	8523680.73	3442.49	197	807323.19	8523500.94	3457.88
15	807366.75	8523672.76	3442.76	198	807327.73	8523496.95	3458.89
16	807358.77	8523664.48	3442.64	199	807341.58	8523482.33	3459.27
17	807350.84	8523654.98	3443.17	200	807345.56	8523477.73	3460.67
18	807344.89	8523645.64	3443.18	201	807350.83	8523476.76	3460.79
19	807336.78	8523634.66	3443.49	202	807354.69	8523475.86	3460.84
20	807329.24	8523622.45	3444.67	203	807355.93	8523480.84	3459.78
21	807322.17	8523612.31	3445.81	204	807354.17	8523485.71	3458.65
22	807317.36	8523604.33	3445.94	205	807353.58	8523494.13	3457.07
23	807308.87	8523595.98	3446.68	206	807352.54	8523507.12	3455.06
24	807297.96	8523586.84	3447.65	207	807351.13	8523515.18	3454.12
25	807287.84	8523575.67	3448.49	208	807350.44	8523520.52	3454.46
26	807275.14	8523563.64	3450.48	209	807348.73	8523528.87	3453.81
27	807264.15	8523556.87	3450.31	210	807345.76	8523536.94	3452.88
28	807254.18	8523546.64	3451.17	211	807340.86	8523545.95	3451.89
29	807244.97	8523541.98	3452.48	212	807336.84	8523558.33	3450.27
30	807235.48	8523534.33	3453.55	213	807329.71	8523574.73	3448.67
31	807228.85	8523528.64	3453.33	214	807323.13	8523589.76	3447.75
32	807221.61	8523523.58	3454.61	215	807311.12	8523615.86	3444.84
33	807212.37	8523517.31	3454.19	216	807310.18	8523621.84	3444.78
34	807202.29	8523509.27	3455.73	217	807299.49	8523645.71	3442.65
35	807193.48	8523501.52	3457.58	218	807296.12	8523658.13	3441.07
36	807182.91	8523493.12	3458.56	219	807289.49	8523682.12	3439.06
37	807169.27	8523487.49	3460.83	220	807284.64	8523703.18	3437.12
38	807155.12	8523481.64	3461.69	221	807281.52	8523723.49	3435.43
39	807140.49	8523476.52	3461.93	222	807279.87	8523733.76	3433.72
40	807133.64	8523474.87	3462.17	223	807282.94	8523740.64	3433.58

41	807125.52	8523471.94	3462.58	224	807285.95	8523742.17	3433.11
42	807119.87	8523469.95	3463.54	225	807289.33	8523738.18	3433.12
43	807112.94	8523466.33	3464.13	226	807299.73	8523728.49	3435.43
44	807105.95	8523463.73	3465.44	227	807310.76	8523718.67	3436.61
45	807096.33	8523461.76	3465.73	228	807313.86	8523714.81	3437.75
46	807089.73	8523458.86	3466.76	229	807318.84	8523703.94	3438.88
47	807086.76	8523456.84	3467.86	230	807322.71	8523697.68	3439.62
48	807084.86	8523455.71	3467.84	231	807329.13	8523682.65	3440.59
49	807081.84	8523453.13	3467.71	232	807332.12	8523677.49	3441.43
50	807054.71	8523482.12	3464.13	233	807337.18	8523666.48	3442.42
51	807054.13	8523483.18	3464.12	234	807338.52	8523661.31	3442.25
52	807041.12	8523502.49	3462.18	235	807344.87	8523649.17	3443.11
53	807029.18	8523518.76	3460.49	236	807349.94	8523636.48	3444.42
54	807028.49	8523518.64	3460.12	237	807353.95	8523627.55	3444.49
55	807025.76	8523516.17	3460.49	238	807358.33	8523616.33	3445.27
56	807025.64	8523510.18	3461.64	239	807362.73	8523605.61	3445.55
57	807024.17	8523504.49	3462.52	240	807368.76	8523593.19	3446.13
58	807030.18	8523490.67	3464.87	241	807375.86	8523580.73	3448.67
59	807030.49	8523489.81	3464.94	242	807379.84	8523574.58	3448.52
60	807036.67	8523476.94	3466.95	243	807383.71	8523569.56	3448.56
61	807041.81	8523467.68	3467.62	244	807394.13	8523557.83	3449.77
62	807046.94	8523458.65	3468.59	245	807399.12	8523552.69	3449.63
63	807048.68	8523454.49	3469.43	246	807405.18	8523547.93	3449.87
64	807054.65	8523447.48	3470.42	247	807414.49	8523545.17	3448.11
65	807062.49	8523437.31	3471.25	248	807422.76	8523547.58	3447.52
66	807071.48	8523428.17	3472.11	249	807427.64	8523551.54	3446.48
67	807077.31	8523422.48	3473.42	250	807431.17	8523567.13	3445.07
68	807079.17	8523419.55	3473.49	251	807429.18	8523591.44	3443.38
69	807085.48	8523414.33	3474.27	252	807429.49	8523608.73	3442.67
70	807089.55	8523410.61	3474.55	253	807427.67	8523622.76	3442.73
71	807093.33	8523406.19	3474.13	254	807424.81	8523633.86	3442.85
72	807097.61	8523401.73	3475.67	255	807418.94	8523648.84	3442.78
73	807102.19	8523395.58	3475.52	256	807415.68	8523658.71	3442.65
74	807109.73	8523390.56	3476.55	257	807411.65	8523668.13	3442.07
75	807117.58	8523381.83	3477.77	258	807408.49	8523681.12	3442.06
76	807121.56	8523378.69	3478.63	259	807402.48	8523698.18	3441.12
77	807122.83	8523379.93	3478.87	260	807398.31	8523711.49	3439.43
78	807122.69	8523386.17	3477.11	261	807397.17	8523717.12	3439.06
79	807115.93	8523403.58	3474.52	262	807393.48	8523725.49	3438.43
80	807112.17	8523410.54	3473.48	263	807392.55	8523733.64	3437.58
81	807109.58	8523416.13	3473.07	264	807385.33	8523747.52	3435.46
82	807106.54	8523424.44	3471.38	265	807383.61	8523756.87	3433.81
83	807101.13	8523435.73	3470.67	266	807380.19	8523773.94	3431.88

84	807097.44	8523443.76	3468.54	267	807379.73	8523780.95	3430.89
85	807095.81	8523450.86	3467.77	268	807376.58	8523794.33	3429.27
86	807090.94	8523461.84	3466.78	269	807376.56	8523809.73	3428.67
87	807087.68	8523466.71	3465.65	270	807375.83	8523818.76	3427.71
88	807083.65	8523477.13	3463.07	271	807375.69	8523834.86	3426.89
89	807077.49	8523493.12	3461.06	272	807378.93	8523841.84	3425.78
90	807070.48	8523509.18	3459.12	273	807388.17	8523844.71	3425.65
91	807063.31	8523528.49	3457.43	274	807394.58	8523844.13	3425.07
92	807059.17	8523535.12	3456.06	275	807398.54	8523840.12	3426.06
93	807056.48	8523545.49	3455.43	276	807402.13	8523835.18	3426.12
94	807060.55	8523546.64	3454.58	277	807411.44	8523824.49	3427.43
95	807066.33	8523542.52	3455.46	278	807418.73	8523811.76	3428.74
96	807070.61	8523537.87	3455.81	279	807422.76	8523798.64	3429.58
97	807079.19	8523528.94	3456.88	280	807426.86	8523789.17	3430.11
98	807084.73	8523523.95	3456.89	281	807426.84	8523782.22	3431.16
99	807087.58	8523520.33	3456.27	282	807434.71	8523765.27	3432.21
100	807092.56	8523512.73	3457.67	283	807438.13	8523748.29	3434.23
101	807094.83	8523508.76	3457.71	284	807442.12	8523733.54	3436.48
102	807100.69	8523500.86	3458.82	285	807445.18	8523727.63	3436.57
103	807104.93	8523492.84	3459.78	286	807449.49	8523715.87	3437.81
104	807109.17	8523486.71	3460.65	287	807454.12	8523700.99	3438.93
105	807113.58	8523478.13	3461.07	288	807459.49	8523685.31	3439.25
106	807119.54	8523471.12	3462.06	289	807461.64	8523677.37	3439.31
107	807126.13	8523460.18	3464.12	290	807462.52	8523674.66	3439.68
108	807130.44	8523454.49	3465.43	291	807464.87	8523663.44	3439.38
109	807134.73	8523447.76	3467.66	292	807467.94	8523655.58	3439.52
110	807136.76	8523443.64	3468.58	293	807469.95	8523651.73	3439.67
111	807141.86	8523438.17	3469.11	294	807473.33	8523643.76	3439.73
112	807146.84	8523430.22	3470.16	295	807476.73	8523639.86	3439.81
113	807151.71	8523421.27	3473.21	296	807481.76	8523634.84	3438.78
114	807154.13	8523419.29	3473.23	297	807487.86	8523632.71	3438.65
115	807161.12	8523411.54	3474.48	298	807491.84	8523629.13	3437.07
116	807169.18	8523405.63	3475.57	299	807499.71	8523629.12	3437.06
117	807172.49	8523403.87	3476.81	300	807503.13	8523630.18	3436.12
118	807181.12	8523401.99	3476.93	301	807505.12	8523636.49	3436.43
119	807184.49	8523401.31	3476.25	302	807508.18	8523641.76	3436.70
120	807190.64	8523402.37	3476.31	303	807509.49	8523648.64	3435.58
121	807192.52	8523404.66	3476.64	304	807513.76	8523659.17	3435.11
122	807196.87	8523409.44	3475.38	305	807514.64	8523667.22	3435.16
123	807196.94	8523417.58	3475.52	306	807517.17	8523674.27	3434.21
124	807194.95	8523428.73	3472.67	307	807519.22	8523681.29	3434.23
125	807192.33	8523433.76	3471.76	308	807521.27	8523692.54	3434.48
126	807188.73	8523443.86	3469.81	309	807524.29	8523699.63	3433.57

127	807184.76	8523452.84	3467.78	310	807526.54	8523713.87	3432.81
128	807178.86	8523466.71	3464.65	311	807529.63	8523727.99	3431.93
129	807174.84	8523472.13	3463.07	312	807530.87	8523736.31	3430.25
130	807170.71	8523481.12	3461.06	313	807531.99	8523742.37	3430.31
131	807165.13	8523488.18	3459.12	314	807531.31	8523753.66	3429.60
132	807161.12	8523497.49	3457.43	315	807530.37	8523762.86	3429.80
133	807156.18	8523503.76	3456.73	316	807533.66	8523775.84	3428.78
134	807152.49	8523513.64	3455.58	317	807532.44	8523781.71	3427.65
135	807148.76	8523519.17	3454.11	318	807531.58	8523795.13	3427.07
136	807144.64	8523526.22	3453.16	319	807531.73	8523805.12	3426.06
137	807136.17	8523545.27	3451.21	320	807530.76	8523813.18	3425.12
138	807132.22	8523552.29	3450.23	321	807528.86	8523817.49	3425.43
139	807131.27	8523559.54	3449.48	322	807525.84	8523827.76	3425.76
140	807128.29	8523568.63	3448.57	323	807523.71	8523836.64	3424.58
141	807127.54	8523573.87	3448.81	324	807520.13	8523848.17	3424.11
142	807128.63	8523580.99	3447.93	325	807515.12	8523862.18	3423.12
143	807129.87	8523580.31	3447.25	326	807508.18	8523878.49	3422.43
144	807135.99	8523584.37	3446.31	327	807500.49	8523895.67	3420.61
145	807138.31	8523584.66	3446.65	328	807499.76	8523894.81	3420.75
146	807146.37	8523580.86	3447.86	329	807489.64	8523908.94	3419.88
147	807148.66	8523578.84	3447.78	330	807484.17	8523912.68	3419.62
148	807157.44	8523571.71	3448.65	331	807479.22	8523912.65	3419.59
149	807165.58	8523565.13	3449.07	332	807477.27	8523899.49	3420.43
150	807168.73	8523562.12	3449.06	333	807474.29	8523886.48	3422.42
151	807171.76	8523556.18	3450.12	334	807472.54	8523878.31	3423.25
152	807182.86	8523543.49	3451.43	335	807472.63	8523869.17	3424.11
153	807190.84	8523534.76	3452.74	336	807473.87	8523864.48	3424.42
154	807193.71	8523530.64	3453.58	337	807470.99	8523849.55	3425.49
155	807201.13	8523520.17	3454.11	338	807468.31	8523840.33	3426.27
156	807210.12	8523510.18	3455.12	339	807466.37	8523825.61	3427.55
157	807212.18	8523507.49	3456.43	340	807463.66	8523813.19	3428.13
158	807216.49	8523501.67	3457.61	341	807462.86	8523802.73	3429.67
159	807221.76	8523496.81	3458.75	342	807460.84	8523793.58	3430.52
160	807227.64	8523488.94	3460.88	343	807458.71	8523784.56	3431.57
161	807233.17	8523478.68	3462.62	344	807460.13	8523773.83	3432.77
162	807242.22	8523463.65	3465.59	345	807459.12	8523762.17	3433.11
163	807255.27	8523445.49	3468.43	346	807457.18	8523754.22	3433.16
164	807263.29	8523433.48	3471.42	347	807456.49	8523744.27	3434.21
165	807267.54	8523430.31	3471.25	348	807456.76	8523731.29	3436.23
166	807269.63	8523433.17	3470.11	349	807456.64	8523723.54	3436.48
167	807273.87	8523441.48	3469.42	350	807456.17	8523715.63	3437.57
168	807275.99	8523451.55	3467.49	351	807455.18	8523713.87	3437.81
169	807274.31	8523460.33	3465.27	352	807453.49	8523702.99	3438.93

170	807270.37	8523473.61	3463.55	353	807453.67	8523693.31	3439.25
171	807268.66	8523481.19	3462.13	354	807453.81	8523684.37	3439.31
172	807266.86	8523494.73	3459.67	355	807452.94	8523675.66	3440.62
173	807260.84	8523513.58	3456.52	356	807452.68	8523664.44	3440.38
174	807255.71	8523527.56	3454.53	357	807451.65	8523657.58	3440.52
175	807249.13	8523544.83	3452.77	358	807448.49	8523650.73	3440.67
176	807246.12	8523554.69	3451.63	359	807449.48	8523647.58	3440.52
177	807241.18	8523568.93	3449.87	360	807449.31	8523641.56	3440.57
178	807235.49	8523580.17	3447.11	361	807447.17	8523627.83	3441.77
179	807229.76	8523597.58	3445.52	362	807448.48	8523618.17	3441.11
180	807222.64	8523612.54	3444.48	363	807447.55	8523607.22	3441.16
181	807220.17	8523617.13	3443.07	364	807447.33	8523598.27	3441.21
182	807220.18	8523629.44	3442.38	365	807446.61	8523591.29	3442.23
183	807222.49	8523633.73	3442.67	366	807447.19	8523586.22	3442.16

13.6. Panel Fotográfico (Anexo 6)



Figura 5.10. Levantamiento topográfico.

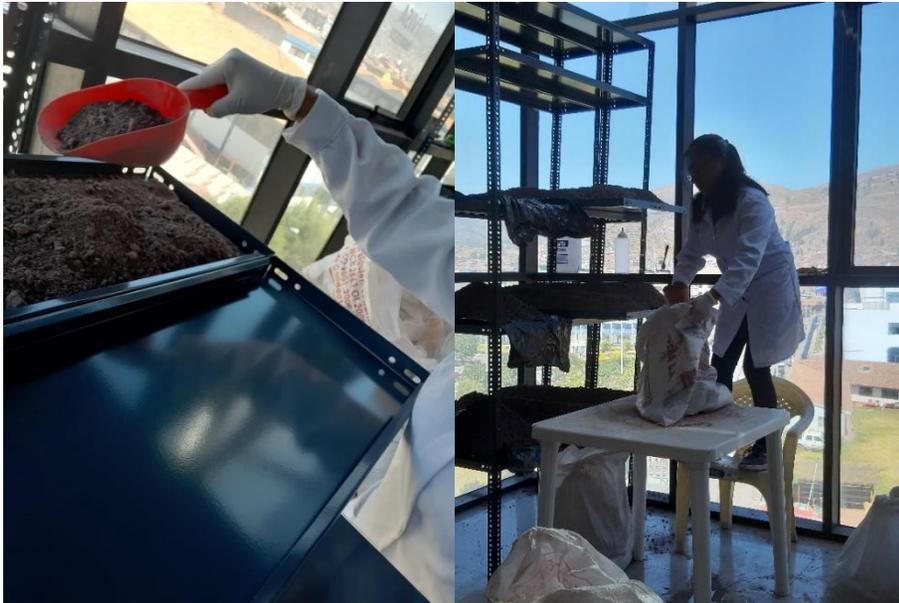


Figura 6.10. Colocación de suelo para secado.



Figura 7.10. Pesado de los materiales.



Figura 8.10. Mezclado de pruebas.



Figura 9.10. Ensayo de compactación y ensayo PDC.



Figura 10.10. Muestras compactadas listas para la prueba de CBR con el ensayo PDC.



Figura 11.10. Secado de muestras en horno.

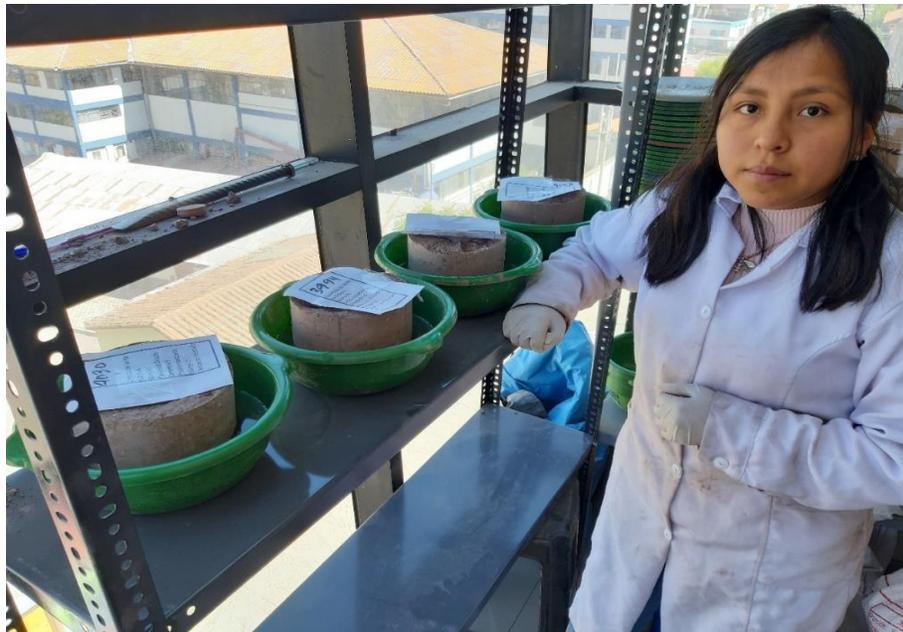


Figura 12.10. Muestras sumergidas en agua prueba de ascensión capilar.



Figura 13.10. Muestras ya realizadas con el ensayo PDC.



Figura 14.10. Muestras ya realizadas con el ensayo PDC.