

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO
GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS
INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS
DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Presentado por:

BACH. GUILLEN POMA, ISMAEL

Asesor:

ING. CORDOVA ZORILLA, NATALY LUCIA

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y urbanismo

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Jurado

Mg. David Ramos Piñas
Jurado

Ing. Carlos Arturo Ancyasi Rojas
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

DEDICATORIA

A mis padres, que son el motor y motivo de cada uno de mis logros, las personas que me estuvieron conmigo en cada paso que di hasta lograr mi carrera universitaria.

Bach. Guillen Poma, Ismael

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos y su apoyo económico que me brindaron día a día. A mis docentes por brindarme sus conocimientos y así ser un buen profesional para la sociedad.

Bach. Guillen Poma, Ismael

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 0159- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. GUILLEN POMA ISMAEL
Facultad : INGENIERÍA
Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
Asesor(a) : Ing. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA

Fue analizado con fecha 23/04/2024; con 211 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 10 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 23 de abril de 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONSTANCIA TURNITIN.....	v
CONTENIDO.....	6
CONTENIDO DE TABLAS	9
CONTENIDO DE FIGURAS	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	17
1.2. Delimitación de la investigación.....	18
1.2.1. Espacial.....	18
1.2.2. Temporal.....	19
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación de la investigación	19
1.4.1. Justificación teórica	19
1.4.2. Justificación practica	20
1.4.3. Justificación metodológica	20
1.5. Objetivos de la investigación.....	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales	23
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Suelos no cohesivos.....	26

2.2.2. Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos	32
2.2.3. Subrasante.....	38
2.2.4. Glicerina	39
2.2.5. Polímeros de maíz	44
2.3. Marco conceptual.....	50
CAPÍTULO III.....	52
HIPÓTESIS	52
3.1. Hipótesis	52
3.1.1. Hipótesis general	52
3.1.2. Hipótesis específica.....	52
3.2. Variables	52
3.2.1. Definición conceptual de las variables	52
3.2.2. Definición operacional de la variable.....	53
3.2.3. Operacionalización de variables.....	54
CAPÍTULO IV	55
METODOLOGÍA	55
4.1. Método de investigación.....	55
4.2. Tipo de investigación.....	55
4.3. Nivel de la investigación.....	56
4.4. Diseño de la investigación	56
4.5. Población y muestra.....	57
4.5.1. Población	57
4.5.2. Muestra	57
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
4.6.1. Técnicas.....	57
4.6.2. Instrumento de recolección de datos	58
4.7. Técnicas de procesamiento de la información y análisis de datos.....	62
4.7.1. Procesamiento de la información	62
4.7.2. Técnica y análisis de datos	67
4.8. Aspectos éticos de la investigación	67
CAPÍTULO V.....	68
RESULTADOS	68
5.1. Descripción del diseño tecnológico	68
5.2. Descripción de resultados	69

5.2.1. Análisis de las propiedades de la glicerina y polímero de maíz.....	69
5.2.2. Características de los suelos no cohesivos	71
5.2.3. Características de la glicerina	72
5.2.4. Análisis de la máxima densidad seca de suelos no cohesivos con la incorporación de glicerina y polímeros de maíz.	73
5.2.5. Evaluación del contenido óptimo de humedad en suelos no cohesivos mediante la adición de glicerina y polímeros de maíz.....	79
5.2.6. Cambios en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos al añadir glicerina y polímeros de maíz	84
5.3. Contrastación de hipótesis	95
5.3.1. Hipótesis específico 1 (Densidad seca y contenido de humedad).....	95
5.3.2. Hipótesis específico 2 (CBR)	97
CAPÍTULO VI.....	100
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	100
6.1. Discusión de resultados con antecedentes	100
6.1.1. Objetivo general	100
6.1.2. Objetivo específico 1	101
6.1.3. Objetivo específico 2	101
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	109
Anexo N°01: Matriz de consistencia.....	110
Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables	112
Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumentos.....	114
Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación	116
Anexo N°05: Fichas de calibración de equipos para ensayos de laboratorio	167
Anexo N°06: Data del procesamiento de datos	182
Anexo N°07: Confiabilidad y validez del instrumento	185
Anexo N°07: Panel fotográfico.....	189

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Problemas frecuentes y las técnicas de estabilización adecuadas según el tipo de suelo	27
Tabla 2: Cuadro granulométrico	29
Tabla 3: Categorías de suelos según la perspectiva de la mecánica del suelo.....	31
Tabla 4: Cantidad de cemento requerida para realizar el proceso de estabilización del suelo mediante la aplicación de cemento.	35
Tabla 5: Categorías de subrasante según CBR	39
Tabla 6: Calidades de glicerina.....	40
Tabla 7: Descripción de las características de la glicerina	42
Tabla 8: La glicerina y sus efectos en el suelo	43
Tabla 9: Polímero como un material de construcción	46
Tabla 10: Operacionalización de variables.	54
Tabla 11: Intervalos y dimensiones de validez.	61
Tabla 12: Validación de expertos	61
Tabla 13: Rangos y Magnitudes de Confiabilidad.....	61
Tabla 14: Alfa de Cronbach.....	62
Tabla 15: Compuestos químicos de la glicerina	69
Tabla 16: Propiedades físicas de la glicerina.....	70
Tabla 17: Propiedades del polímero de maíz.....	70
Tabla 18: Clasificación de las características de los suelos.....	72
Tabla 19: Características de la glicerina.	73
Tabla 20: MDS de muestras de suelo natural.	73
Tabla 21: Grado de correlación.	74
Tabla 22: Máxima densidad seca de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.	74
Tabla 23: Grado de correlación.	75
Tabla 24: MDS de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.....	75
Tabla 25: Coeficiente de correlación.	76
Tabla 26: Densidad máxima en estado seco de las muestras de suelo natural con una adición del 9% de glicerina y polímeros de maíz.	76
Tabla 27: Coeficiente de correlación.	77
Tabla 28: Resumen de MDS de los suelos	78

Tabla 29: OCH de muestras de suelo natural.	79
Tabla 30: Coeficiente de correlación.	80
Tabla 31: OCH del suelo natural con una adición del 3% de glicerina y polímeros de maíz.	80
Tabla 32: Grado de correlación.	81
Tabla 33: OCH del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.	81
Tabla 34: Grado de correlación.	82
Tabla 35: OCH de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.	82
Tabla 36: Grado de correlación.	83
Tabla 37: Resumen de OCH de los suelos.	83
Tabla 38: CBR al 95% de muestras de suelo natural.	84
Tabla 39: Intervalo de correlación.	85
Tabla 40: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.	85
Tabla 41: Intervalo de correlación.	86
Tabla 42: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.	86
Tabla 43: Intervalo de correlación.	87
Tabla 44: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.	87
Tabla 45: Intervalo de correlación.	88
Tabla 46: Resultados de CBR al 95% de los suelos no cohesivos	89
Tabla 47: CBR al 100% de muestras de suelo.	90
Tabla 48: Intervalo de correlación.	90
Tabla 49: CBR al 100% de muestras de suelo con 3% de glicerina y polímeros de maíz. ..	91
Tabla 50: Intervalo de correlación.	91
Tabla 51: (CBR) de muestras de suelo con 6% de glicerina y polímeros de maíz, calculado al 100%.	92
Tabla 52: Intervalo de correlación.	92
Tabla 53: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 9% de glicerina y polímeros de maíz.	93
Tabla 54: Grado de correlación.	93
Tabla 55: Resultados de CBR al 100% de los suelos no cohesivos	94

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura N° 1: Carretera de la Provincia de Boyaca -Colombia en el que se muestra desprendimiento de material granular de la vía.	17
Figura N° 2: Desprendimiento de material granular por falta de cohesividad de en tramos de carretera de Abancay.....	18
Figura N° 3: Provincia de Concepción	19
Figura N° 4: Comparación entre partículas de arcilla, limo y arena.	26
Figura N° 5: Estructura del suelo	28
Figura N° 6: Suelos cohesivos.....	31
Figura N° 7: Estabilización de suelos por un proceso mecánico.....	33
Figura N° 8: Estabilización de suelos por un proceso mecánico.....	34
Figura N° 9: Estabilización de suelos con cemento	35
Figura N° 10: Estabilización de suelos con cal	36
Figura N° 11: Selección del tipo de estabilización.....	37
Figura N° 12: Composición química de la glicerina	40
Figura N° 13: Glicerina industrial	41
Figura N° 14: Polímero con una estructura lineal	45
Figura N° 15: Polímero con una estructura lineal	45
Figura N° 16: Polímero con una estructura lineal	45
Figura N° 17: Tipos de polímeros sintéticos	47
Figura N° 18: Polímeros naturales como el caucho y el algodón.....	48
Figura N° 19: Maíz.....	49
Figura N° 20: Almidón de maíz	50
Figura N° 21: Ficha de recolección del ensayo de granulometría.....	58
Figura N° 22: Ficha de recolección de compactación	59
Figura N° 23: Ficha de recolección del ensayo de Proctor.....	60
Figura N° 24: Juego de tamices.....	63
Figura N° 25: Horneado de la muestra	63
Figura N° 26: Muestra obtenida del límite plástico.....	65
Figura N° 27: Proctor modificado	66
Figura N° 28: Glicerina	69
Figura N° 29: Comportamiento químico del polímero de maíz	70
Figura N° 30: Modificación de la estructura del polímero durante el proceso de extracción.....	71
Figura N° 31: Comportamiento químico del polímero de maíz	71

Figura N° 32: Gráfica de distribución de tamaños de partículas de la muestra estándar.	72
Figura N° 33: Densidad máxima del suelo en estado seco natural.....	74
Figura N° 34: Máxima densidad seca del suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.....	75
Figura N° 35: Máxima densidad seca del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.....	76
Figura N° 36: MDS del suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.....	77
Figura N° 37: Variación porcentual de máxima densidad seca.....	78
Figura N° 38: Optimo contenido de humedad de suelo natural.	79
Figura N° 39: OCH del suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.....	80
Figura N° 40: OCH del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.....	81
Figura N° 41: OCH en suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.....	82
Figura N° 42: Variación en porcentaje del contenido óptimo de humedad.	83
Figura N° 43: CBR al 95% de muestras de suelo natural.....	85
Figura N° 44: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.....	86
Figura N° 45: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.....	87
Figura N° 46: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.....	88
Figura N° 47: Variación porcentual del CBR al 95%.	89
Figura N° 48: CBR al 100% de muestras de suelo.....	90
Figura N° 49: CBR al 100% de muestras de suelo con 3% de glicerina y polímeros de maíz.....	91
Figura N° 50: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 6% de glicerina y polímeros de maíz.....	92
Figura N° 51: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 9% de glicerina y polímeros de maíz.....	93
Figura N° 52: Variación porcentual del CBR al 100%.	94
Figura N° 53: Resultado de la prueba de normalidad del OCH y MDS.....	95
Figura N° 54: Resumen de prueba de hipótesis de datos de máxima densidad seca.....	96
Figura N° 55: Resultados de la prueba de Anova de la MDS y OCH.....	97
Figura N° 56: Prueba de normalidad para datos del CBR.....	98
Figura N° 57: Resumen de prueba de hipótesis del ensayo de CBR.....	98

RESUMEN

La investigación planteada en esta tesis se centra en analizar cómo afecta la incorporación de glicerina y polímeros de maíz al comportamiento geotécnico de los suelos no cohesivos a nivel de la subrasante. Se adopta un enfoque experimental y aplicado con un nivel explicativo. El objetivo principal es evaluar los efectos de esta inclusión en el comportamiento de los suelos, destacando que la adición de glicerina y polímeros de maíz mejora dicho comportamiento. Los resultados más prometedores se obtuvieron al añadir un 3% de glicerina junto con el polímero de maíz, logrando un valor máximo de CBR del 95% de la MDS de 15.03 g/cm³, lo que representa una variación significativa del 249.61% respecto al suelo natural. Además, se observó una mejora máxima en los resultados de la MDS y el OCH en un 4.60% y -9.07%, respectivamente, en comparación con el suelo sin tratar.

Palabras clave: Suelos no cohesivos, comportamiento geotécnico, glicerina y polímeros de maíz.

ABSTRACT

The research proposed in this thesis focuses on analyzing how the incorporation of glycerin and corn polymers affects the geotechnical behavior of non-cohesive soils at the subgrade level. An experimental and applied approach is adopted with an explanatory level. The main objective is to evaluate the effects of this inclusion on soil behavior, highlighting that the addition of glycerin and corn polymers improves said behavior. The most promising results were obtained by adding 3% glycerin together with the corn polymer, achieving a maximum CBR value of 95% of the MDS of 15.03 g/cm³, which represents a significant variation of 249.61% with respect to soil. natural. Furthermore, maximum improvement in MDS and OCH results was observed by 4.60% and -9.07%, respectively, compared to untreated soil.

Keywords: Non-cohesive soils, geotechnical behavior, glycerin and corn polymers.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Análisis del comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos incorporando glicerina y polímeros de maíz a nivel de la subrasante”, nace a partir de la problemática mostrada en zonas donde el suelo no granular no es lo suficientemente estable para ser empleado como subrasante de una carretera por una falta de plasticidad, generándose así un problema de desplazamiento y desprendimiento de materiales en algunos puntos por el paso de vehículos reduciendo el ancho de vía significativamente. De esta forma se tiene como objetivo: Determinar la incidencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en el comportamiento geotécnico de suelos plásticos a nivel de subrasante.

De acuerdo con los resultados mostrados por los antecedentes se plantea el uso de polímeros de maíz y de glicerina para dar estabilidad al material mejorando las propiedades mecánicas del suelo volviéndolos aptos para el uso en subrasante. Tomando en cuenta la metodología científica de tipo aplicada resolviendo un problema el con el conocimiento teórico y de nivel explicativo al evaluar el comportamiento del suelo con la incorporación de polímeros de maíz y glicerina en diferentes dosificaciones.

De esta forma lo largo de la investigación se evaluó el efecto de la glicerina y el polímero de maíz en su dosificación y densidad, para confirmar que ahí un mejoramiento a nivel de la subrasante, aparte de ello considerar que es una buena opción y económica.

Esta investigación para un mejor procesamiento se divide en cinco capítulos en los cuales se realizó una investigación y un análisis distribuidos de la siguiente manera:

El CAPÍTULO I abordó la formulación del problema, tanto general como específico, junto con el establecimiento de objetivos generales y específicos, además de abordar las limitaciones y la justificación de la investigación.

El CAPÍTULO II se dedicó a explorar los antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, el marco conceptual, una definición de términos clave, y la operacionalización de variables.

El CAPÍTULO III detalló las hipótesis, la definición conceptual de variables, y su definición operacional.

El CAPÍTULO IV.- En este capítulo se realiza un desarrollo de la metodología que se emplea en la investigación, se presentan la población y muestra en investigación, así como las técnicas y el procesamiento de la información (ensayos realizados).

EL CAPÍTULO V.-Desarrollo de los resultados obtenidos luego de realizado los ensayos y un análisis de estos datos.

EL CAPÍTULO VI. -Discusión de resultado en contrastación de antecedentes nacionales e internacionales, se muestran las conclusiones, recomendaciones y anexos.

Bach. Guillen Poma, Ismael

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, se enfrentan desafíos relacionados con el tráfico vehicular en subrasantes compuestas por materiales no cohesivos, los cuales no tienen la tendencia a cohesionarse debido a que sus partículas son de gran tamaño, lo que los clasifica como suelos friccionantes y granulares. Este es el caso de la carretera de Provincia de Boyaca - Colombia presentaron casos de desprendimiento de material por el paso de vehículos pesados de los bordes reduciendo así la sección de vía. Lo que trae una gran inversión en casos de mantenimiento de vías e imposibilidad de emplear este material como subrasante. Andrea, et al., (2018)



Figura N° 1:Carretera de la Provincia de Boyaca -Colombia en el que se muestra desprendimiento de material granular de la vía.

Nota: Tomado de “Análisis del comportamiento geotécnico de suelos volcánicos estabilizados con ceniza de arroz y bagazo de caña como alternativa para el material de subrasante.”, por Andrea, et al., (2018)

A nivel nacional, en provincia de Ayabaca en Piura se han presentado trochas por el paso de vehículos y por el suelo no cohesivos no genera una adecuada estabilidad por lo que se mostraron zonas de deterioro en ciertas progresivas, esta vía une a 110 caseríos, el alcalde menciona que diez de las principales carreteras se han sido afectadas, destinándose así 462 mil soles para su rehabilitación. (RPP, 2014)



Figura N° 2: Desprendimiento de material granular por falta de cohesividad de en tramos de carretera de Abancay

Nota: Tomado de “Áncash: Trochas en mal estado en la provincia de Ayabaca -Piura “, por RPP, (2014)

A nivel local, en la ciudad de Huancayo, en el proceso de apertura de las vías y pavimentación el suelo no cumple con la capacidad portante mínima necesaria para ser empleados como subrasante siendo necesario el uso de métodos de mejoramiento de suelos tal como se muestra en algunas vías de Orcotuna. Ñaupas Paitán, et al., (2018)

Para dar solución a los problemas derivados del deficiente comportamiento de suelos no cohesivos en la construcción de vías como subrasante, se propone como una solución alternativa el uso de glicerina y polímeros de maíz, debido a sus propiedades notables para mejorar las características físicas y mecánicas de estos suelos. El objetivo es mejorar el comportamiento geotécnico del suelo mientras se promueve la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Esto implica aprovechar materiales naturales como los polímeros de maíz en la construcción de infraestructuras viales, lo que beneficia a la población y promueve el uso extendido de estos materiales en las vías de la provincia de Huancayo.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Espacial

El estudio se llevó a cabo en Jr. Lima, situado en el distrito de Orcotuna, perteneciente a la provincia de Concepción, ubicada en el departamento de Junín.

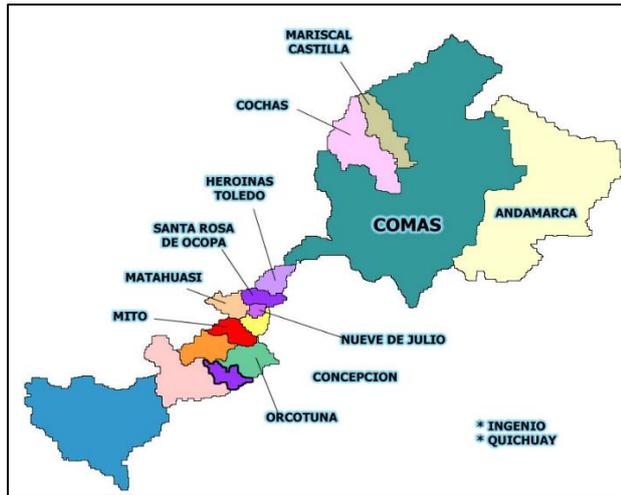


Figura N° 3: Provincia de Concepción

Nota: Tomado de “Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción”. Por Poma C. et all. (2022)

1.2.2. Temporal

La investigación tiene lugar durante el período comprendido entre agosto y noviembre del año 2022.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuánto incide la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante?
- b) ¿De qué manera incide la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante?

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

Según Méndez (2020), “La investigación se justifica teóricamente cuando su objetivo es estimular la reflexión y el intercambio académico sobre el conocimiento vigente, cuestionar teorías, comparar resultados o explorar la epistemología del saber establecido”.

La fundamentación teórica de este estudio se apoya en la investigación de conocimientos para analizar el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos en la subrasante al incorporar glicerina y polímeros de maíz.

1.4.2. Justificación practica

Según Fernández (2019), indica que una investigación puede resultar en contribuciones prácticas, ya sean directas o indirectas, vinculadas a la problemática real bajo estudio.

El propósito práctico de este estudio es simplificar el análisis de suelos no cohesivos en la subrasante mediante la inclusión de glicerina y polímeros de maíz.

1.4.3. Justificación metodológica

Según Méndez (2020), “La justificación metodológica se fundamenta en la adopción de un enfoque o estrategia novedosa para obtener conocimiento válido y fiable. Esto implica la exploración de métodos o técnicas innovadoras para la producción de conocimiento.”

Esta investigación se justifica metodológicamente al plantear una nueva técnica para estabilizar los suelos no cohesivos al emplear glicerina y polímeros de maíz con el fin de ser empleados en subrasante, al emplear una metodología científica los resultados son confiables, pudiendo así ser empleadas en futuras investigaciones con problemas similares por demás investigadores como bases teóricas o antecedentes.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la incidencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la influencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.
- b) Identificar la incidencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Nesterenko (2018), expuso la tesis de pregrado titulada "Evaluación del rendimiento de suelos estabilizados con polímeros en el contexto peruano" se centra en definir el proceso de construcción para estabilizar suelos utilizando el polímero poliacrilamida, considerando las características específicas del entorno peruano, como el tipo de maquinaria utilizada y los niveles de eficiencia en la ejecución de la obra. La metodología empleada en el proyecto se basó en un enfoque cuantitativo y en la aplicación de un diseño de investigación experimental. Como resultado, se observó una disminución del Índice de Plasticidad (OCH) en las muestras de suelo tratadas con PAM en comparación con las muestras en su estado natural, con una reducción promedio del 8%. Además, se observó un aumento en el Índice de Soporte California (CBR) al incorporar PAM en las muestras ensayadas en comparación con las muestras en su estado natural, con un incremento promedio del 70% al 95% de la densidad máxima seca (MDD) y un aumento promedio del 58% al 100% de la MDD.

Martinez (2019), expuso la tesis de pregrado titulada "Mejora de suelos cohesivos mediante el uso de aditivos organosilanos en la subrasante" tiene como

objetivo principal investigar el efecto del aditivo organosilanos en la mejora de un suelo cohesivo a nivel de subrasante. Utilizando un enfoque metodológico cuantitativo, este proyecto se realizó mediante un diseño de investigación experimental. Los resultados indican que el aditivo organosilanos tiene un impacto significativo en el Índice de Soporte California (% CBR). A medida que aumenta la dosis del aditivo organosilanos, también aumenta el % CBR. El grupo de control muestra un CBR de 5.53 +/-0.017%, mientras que el grupo T1 exhibe un CBR de 14.84 +/-0.048%, el grupo T2 presenta un CBR de 24.94 +/-0.557%, y el grupo T3 muestra un CBR de 46.24 +/- 0.740%. En conclusión, el aditivo organosilanos tiene un efecto notorio en la mejora de suelos cohesivos, convirtiendo una subrasante de calidad inadecuada o deficiente en una de buena, muy buena o excelente, dependiendo de la cantidad de aditivo utilizada.

Flores (2019) expuso el proyecto de investigación denominado "Evaluación del estabilizador Z con polímero en la mejora del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental AP-103, tramo puente Ullpuhuaycco – Karkatera (L= 14.050 KMS) Abancay-Apurímac 2018" tiene como objetivo principal determinar si la aplicación del estabilizador Z con polímero sintético aumenta el valor del CBR del material utilizado como afirmado en la mencionada carretera departamental. La metodología utilizada en este estudio es experimental, con un enfoque descriptivo y un diseño de investigación cuantitativo. Los resultados muestran que el valor del CBR al 95% en el suelo natural es del 12.55%. Al aplicar el estabilizador Z con polímero, este valor aumenta a 13.09%, lo que significa un incremento del 4.30% respecto al suelo natural. En conclusión, se observó que el límite líquido (L.L.) en el suelo natural es un 0.49% inferior en comparación con su aplicación del estabilizador Z con polímero, lo que sugiere una mayor liquidez del suelo al aplicar el estabilizador. Además, el límite plástico en el suelo natural es un 3.24% menor en comparación con su aplicación del estabilizador Z con polímero.

Coronado (2020), presentó su artículo titulado "Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes". El objetivo principal de esta investigación es evaluar la estabilización de granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes. La metodología empleada en este estudio es de índole aplicada y se fundamenta en un diseño experimental. Como resultado, el suelo que presenta mayor CaCO₃ es la que

corresponde a la Muestra 09 (Pimentel) con 5.44% y la que presenta menor presencia es la Muestra 05 (Reque) con un 1.65%, los resultados de las 14 muestras indican que los suelos son básicos debido a que los valores de pH están por encima de 7, encontrando el menor valor en la Muestra 05 (Reque) de 7.78 y el mayor valor en la Muestra 01 (Pimentel) de 8.35%, el suelo que presenta mayor valor de permeabilidad es la que corresponde a la Muestra 05 (Reque) con 0.01396 cm/s. En conclusión, los valores obtenidos en peso específico relativo aumento de 9.5 a 13.5%, que indican la disminución de los espacios vacíos, de igual forma la permeabilidad manifiesta una disminución de 9.5 a 22.7% y además la cohesión aumento de 0.074 a 0.1703 y de 0.0022 a 0.1632.

Calderón, et al., (2021), presento el desarrollo de su tesis de pregrado bajo el título "Impacto de la aplicación de agua salina en la modificación de parámetros geotécnicos de suelos no cohesivos en Villa El Salvador, Chilca y Asia - Lima". El objetivo principal de este estudio es determinar los parámetros geotécnicos que influyen en la mejora de suelos granulares finos mediante la recolección de muestras de campo y la realización de ensayos de laboratorio en los distritos mencionados. Se examinará la mezcla de estos suelos con agua salina para evaluar su efecto. Utilizando una metodología aplicada, este estudio se desarrolló con un enfoque descriptivo y un diseño experimental. En los ensayos de compresión triaxial, se observó que el valor de cohesión para los esfuerzos efectivos en las condiciones iniciales fue de 0.0 kPa en los tres casos. Sin embargo, en las condiciones finales, estos valores aumentaron, alcanzando 21.1 kPa para la muestra de Asia, 26.4 kPa para la de Chilca y 25.3 kPa para la de Villa El Salvador. En conclusión, al analizar las muestras de agua salina recogidas en lugares cercanos a las muestras de suelo en los mismos distritos, se determinó que el contenido promedio de NaCl es del 3.50%, lo que indica que estos valores se encuentran dentro de los rangos esperados según la descripción de la NODC. Además, se observó que el pH de estas muestras sugiere la presencia de agua salina como una sustancia ligeramente alcalina, con un pH promedio de 8.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Andrea, et al., (2018), realizó su trabajo de grado titulado "Análisis del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con ceniza

de arroz y bagazo de caña como material para subrasante". El objetivo principal de esta investigación consiste en examinar y describir cómo se comportan geotécnicamente los suelos de origen volcánico cuando se estabilizan utilizando ceniza de cascarilla de arroz y bagazo de caña como material para subrasante. Para este estudio, se empleó una metodología cualitativa, evaluando el suelo en su estado natural de humedad. Los resultados revelaron un límite líquido del 87,81%, un límite plástico del 52,22% y un índice de plasticidad del 35,58%, indicando que el suelo tiene una textura limosa y exhibe una alta plasticidad. En resumen, se concluye que el suelo es altamente sensible a cambios en su contenido de humedad, lo que incide en su plasticidad. Esto implica que el suelo muestra propiedades plásticas solo dentro de un rango específico de humedad, mientras que, bajo condiciones de humedad constante, su plasticidad disminuye.

Niño (2018), presento su proyecto de tesis de pregrado titulado "Estudio geotécnico y análisis de suelos en el área del K4+180 de la carretera Puente Reyes-Gameza". El objetivo principal de este estudio es elaborar el diseño de las estructuras requeridas para estabilizar la sección K4+180 de la carretera Puente Reyes - Gámeza, considerando el tipo de proceso y las propiedades geotécnicas del subsuelo. La metodología utilizada en esta investigación es cualitativa. Como resultado, se determina que las características topográficas y geomorfológicas no son relevantes para el proyecto, dado que el área se encuentra en un terreno montañoso, aunque sin pendientes pronunciadas. En resumen, el análisisformadaico indica que el sitio se sitúa dentro de un depósito cuaternario de naturaleza coluvio-aluvial, compuesto principalmente por arcillas limosas grisáceas, correspondientes a los materiales de la formación Guaduas; el material de la masa deslizada está formado por arcillas limosas de tonalidad café-grisácea.

Gomez (2019), Propuso su proyecto de tesis de pregrado bajo el título "Análisis del Comportamiento Geotécnico de Suelos Arcillosos Compactados ante Cargas Estáticas y Dinámicas", con el objetivo principal de investigar las propiedades de ingeniería y el comportamiento geotécnico de suelos arcillosos altamente plásticos. Esto implica examinar la deformabilidad, permeabilidad, relación entre el esfuerzo y la deformación, así como los parámetros de resistencia, mediante una serie de ensayos de laboratorio. Siguiendo una metodología

experimental, este estudio ha arrojado los siguientes resultados: Las muestras AAG %, AAG-arena 10% y AAG-arena 20% presentaron un comportamiento elasto-plástico bajo cargas cíclicas. Como conclusión, se evidencia una notable mejora en los parámetros de compresibilidad del material bajo cargas verticales, lo que conlleva a una reducción en los asientos, un incremento del módulo de deformación y una disminución de la permeabilidad.

Montoya (2020), llevó a cabo su proyecto de tesis de pregrado denominado "Aplicación de Polímeros para la Restauración de Suelos Erosionados", con el propósito fundamental de identificar polímeros con potencial para servir como acondicionadores de suelos erosionados. La metodología empleada en este estudio se fundamentó en un enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación experimental. Como resultado, se evidenció que las micorrizas se presentan como una alternativa viable para complementar la aplicación de polímeros durante el proceso de restauración de suelos, dado que contribuyen al desarrollo y conservación de la estructura del suelo. En resumen, los polímeros representan una opción excelente para mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo

Aiello, et al., (2020), elaboro su proyecto de tesis de pregrado **titulado** "Elaboración de un Polímero Biodegradable a partir de Almidón Modificado, Glicerina y Lignina", con el **objetivo principal** de determinar la cantidad a producir del polímero biodegradable mediante el análisis de la cantidad de polietileno de baja densidad importado. La **metodología** empleada en este proyecto se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación experimental. Como **resultado** del análisis de laboratorio de la glicerina, se confirmó su idoneidad como plastificante, destacando su alta viscosidad, capacidad de solubilidad en agua y su papel como base en la formación de compuestos lipídicos. Además, se obtuvieron subproductos a partir de la producción de biodiesel en una proporción de 1:10. En **conclusión**, se evaluaron dos métodos de separación de la lignina precipitada: filtración y centrifugación, siendo esta última más eficaz y rápida, por lo que fue seleccionada para su aplicación en el equipo industrial.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Suelos no cohesivos

El suelo se caracteriza como la capa superior de la superficie terrestre que contiene una combinación de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos.

La interpretación del término "suelo" varía según la formación y el ámbito de quien lo define, ya sea un agricultor, un promotor inmobiliario, un ingeniero, un planificador, un geólogo o un político. Esta variabilidad está influenciada por el uso actual o potencial del suelo, así como por las repercusiones de dichos usos en un contexto global.(Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2019)

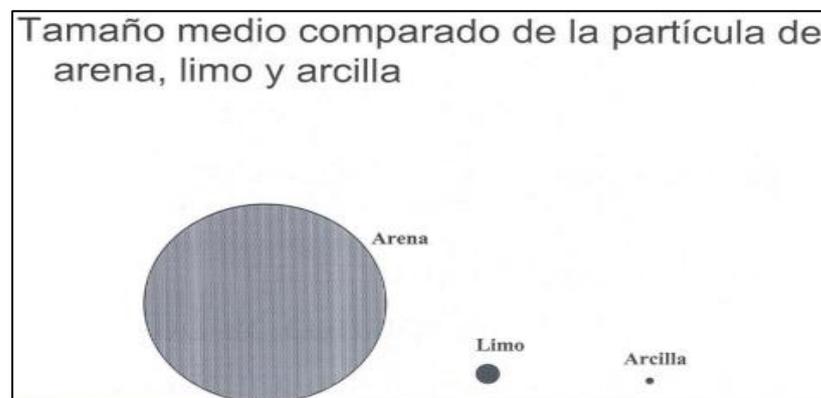


Figura N° 4: Comparación entre partículas de arcilla, limo y arena.

Nota: Tomado de "Geomorfología: Los Suelos" por Fernández García, (2020)

Los suelos no cohesivos se encuentran formados por un material mineral que presenta una totalidad de granos arenosos y fragmentos de grava, bloques y piedras y las propiedades que lo caracterizan son el tamaño de la partícula, su estructura, propiedades hídricas, densidad, porosidad, color y las características químicas como (ph). Fernández García, (2020)

2.2.1.1. Propiedades de los suelos a partir de su textura

- **Suelos de tipo arenoso:**

Los suelos sueltos se caracterizan por su elevada permeabilidad al agua y su limitada capacidad para retener tanto agua como nutrientes.

- **Suelos de tipo arcillosos:**

Se conocen como suelos pesados o arcillosos. Estos suelos tienen una baja permeabilidad al agua y retienen altos niveles de nutrientes.(Fernández G, 2020)

- **Suelos de tipo limosos:**

Presenta una variación más cercana a los suelos de tipo arenoso.

- **Suelos de tipo francos:**

Se pueden categorizar como suelos de textura óptima, ya que muestran una combinación equilibrada de arena, limo y arcilla, lo que indica un equilibrio en términos de permeabilidad, retención de agua y nutrientes. (Fernández G, 2020)

Tabla 1: Problemas frecuentes y las técnicas de estabilización adecuadas según el tipo de suelo

Clasificación de suelo	Medios de estabilización y problemas recurrentes
Suelos con de tipo arenosos	En casos donde la granulometría viene a ser uniforme se opta por una estabilización física los unos cambios de material o mezcla complementado con un proceso de compactación. En caso de arenas se logra mejorar las características mediante una adición de asfalto, cemento y polímeros.
Suelos con alto contenido de limo y una considerable proporción de arcilla.	La compactación emerge como uno de los métodos más simples y eficaces para estabilizar este tipo de suelo.
Suelos limosos con escasa presencia o ausencia total de arcilla.	Los tratamientos que necesita no son económicos.
Suelos arcillosos agrietados	Presenta una buena respuesta a efectos de estabilización con el uso de cal.
Suelos arcillosos con una textura abierta y agrietados	Muestra un buen comportamiento ante efectos de compactación.
Arcillas suaves	Es susceptible a acciones de estabilización con el uso de cal.

Nota: Tomado de “Estabilización de suelos con polímeros”. Por Jaime (2021)

2.2.1.2. Características del suelo

Ahí muchas propiedades y características que tiene el suelo, porque depende del tipo de suelo, del lugar donde nos encontramos, ya que conoceremos algunas características:

a) Fertilidad

La presencia de agua y materia orgánica está asociada con la capacidad de generar nutrientes como el nitrógeno, el azufre y otros elementos esenciales para el crecimiento vegetal.

b) Variabilidad

Algunos suelos presentan generalmente componentes homogéneos en su tamaño, aunque solo algunos aparentan y llegan siendo rocas y elementos de diferentes tamaños.

c) Solidez

Se comprende que el suelo exhibe una variedad de características físicas, como su textura y consistencia, las cuales pueden oscilar desde suelos más compactos y firmes hasta aquellos más flexibles y suaves, en función de su historial geológico.

d) Mutabilidad

Los cambios de suelo varían constantemente y muchas veces no se puede constatar de una manera directa ya que se tendrá que hacer algunos estudios, por sus cambios físico y químicos.

2.2.1.3. Estructura del suelo

La estructura del suelo podemos ver cuando realizamos una granulometría de todo lo que se compone el suelo. El suelo se evoluciona natural de una estructura vertical estratificada, a la que nosotros ya conocemos y llamamos como perfil. Encontramos diversas capas que se llaman horizontes.

También podemos observar una distinción en la dinámica interna del suelo, particularmente en lo que respecta al transporte vertical, que comprende dos aspectos: la lixiviación y el ascenso vertical.

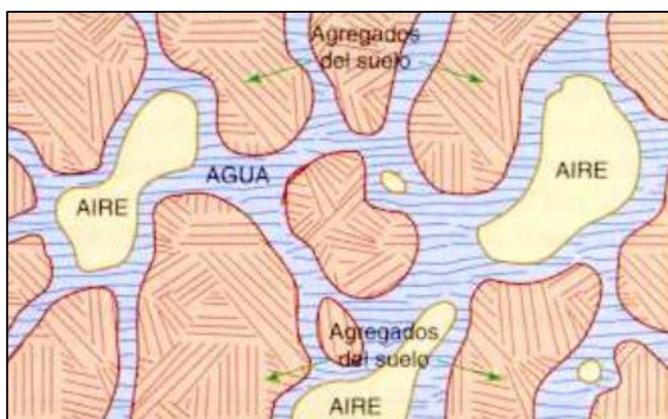


Figura N° 5: Estructura del suelo
Nota: Anónimo

Tabla 2: Cuadro granulométrico

Tipo	Tamaño	Características
Gravas	2 mm – 10 cm	No res capas de retener agua, existe una inactividad en su superficie.
Arenas	0.060 mm – 2 mm	Cuando se mezclan con agua, no se forman agregados continuos, sino que tienden a separarse.
Limos	0.002 mm – 0.060 mm	Las partículas más diminutas retienen el agua con mayor eficacia en comparación con las más grandes. Al mezclar agua y limo y colocarlo sobre la mano, se puede notar que el agua se libera con facilidad.
Arcillas	Menor a 0.002 mm	Están compuestas por minerales silicatos que se organizan en cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos unidos por enlaces covalentes, lo que permite la entrada de moléculas de agua y aumenta su volumen.

Nota: Tomado de “Tipos de suelos en función a su granulometría”, Gonzales de Vallejo, (2004)

2.2.1.4. Capas del suelo

Se trata de una sucesión de capas que se extienden horizontalmente dentro del suelo y representan diversas características como su textura, cohesión, composición, entre otros. Andrea, et al., (2018)

Se clasifican en:

- **Horizonte O**

También conocida como la capa superior del horizonte A, esta zona está compuesta por materia orgánica en descomposición, como restos de plantas o ramas.

- **Horizonte A**

También llamado zona de lavado vertical, Es una capa con más superficie que enraza la vegetación, su color mayormente se ve de color oscuro porque contiene mucha materia orgánica descompuesta y se determina viendo cuando al pasar el agua es arrastrada con fragmentos de tamaño finos. Andrea, et al., (2018)

- **Horizonte B**

También llamada como zona precipitada, que contiene humus ya que tiene un color más claro que todos los horizontes, en el cual se posee todo material que es arrastrado desde arriba. Andrea, et al., (2018)

- **Horizonte C**

El término subsuelo se refiere a la capa ubicada encima del material rocoso subyacente, la cual se caracteriza por estar fragmentada debido a procesos de alteración tanto mecánica como química. Andrea, et al., (2018)

- **Horizonte R**

También llamado horizonte D o roca madre, es un material rocoso subyacente que no tiene ninguna alteración física ni química. Pero se suele distinguir entre D. Andrea, et al., (2018)

2.2.1.5. Suelos no cohesivos

Los suelos no cohesivos, también conocidos como suelos granulares, incluyen arena y grava. Su resistencia al corte proviene principalmente de la fricción entre las partículas que los conforman. En este sentido, la resistencia se puede expresar mediante la envolvente de resistencia, donde la cohesión "c" es inexistente y el ángulo de fricción interna es el único parámetro de resistencia. Quintanilla, (2019)

Se empleará una evaluación de compresión para identificar el tipo de suelo bajo estudio, la cual indicará la presión necesaria para que el suelo se comprima. Este dato se expresará en unidades de toneladas. Quintanilla, (2019)

a) Distinción entre suelos no cohesivos y suelos cohesivos

Los suelos cohesivos presentan pequeñas partículas con una cantidad suficiente de arcilla siendo capaces de formar una adherencia entre sus propias partículas. En tanto el suelo sea más cohesivo, la cantidad de arcilla llega a ser mayor siendo menor la probabilidad de producirse un derrumbe. CIPSA, (2020)



Figura N° 6: Suelos cohesivos

Nota: Tomado de “Análisis de suelos cohesivos en proyectos de transporte”. Por CIPSA (2020)

Los suelos no cohesivos se caracterizan por ser más ligeros y tienen un buen drenaje. Al momento de identificar su plasticidad se capaz de llegar a formar una esfera o quedarse compactado ante una presión más sino se desmorona, suele ser ácido con un PH bajo. Este tipo de suelos están formados mayormente por arena o material granular de mayor dimensión, estas partículas de piedra pequeñas sin presencia de material fino o arcilla por lo que se les considera secos en lugares donde hay poca humedad. Valencia Hernández, (2022)

Por otro lado, los suelos granulares se vienen a componer por partículas gruesas como arenas y gravas.

Tabla 3: Categorías de suelos según la perspectiva de la mecánica del suelo.

Tipo	Descripción	Suelo
Suelos no cohesivos	Las partículas no tienden a adherirse, las partículas que los componen son grandes por lo que también son conocidos como suelos granulares o friccionantes.	Arenas
		Gravas
		Limos
Suelos cohesivos	Presenta una gran cantidad de partículas pequeñas en donde se forman un efecto electroquímico superficial. Estas partículas tienen una capacidad de juntarse por efecto de interacción de agua/partícula en los suelos con plasticidad	Arcilla
Suelos orgánicos	Son denominados suelos esponjosos con presencia de grumos y compresibles. Están prohibidos para trabajos de ingeniería	Turba Suelos orgánicos

Nota: Tomado de “Tipos de suelos y características”, CIPSA, (2020)

2.2.2. Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos

El comportamiento geotécnico de suelo se basa en el comportamiento que logre presentar luego de un proceso de estabilización por diversos medios y las propiedades que presente son fundamentales para evaluar este comportamiento ante diversas situaciones. Calderón, et al., (2021)

2.2.2.1. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos implica proporcionarles resistencia mecánica y mantener estas propiedades con el tiempo. Las técnicas pueden ser diversas, desde agregar otro tipo de suelo hasta incorporar agentes estabilizantes. Independientemente del método de estabilización utilizado, se lleva a cabo un proceso de compactación posterior Calderón, et al., (2021)

La estabilización de suelos, según la normativa, implica mejorar la fuerza o resistencia mecánica de sus propiedades a lo largo del tiempo. Existen diversas técnicas que van desde la adición de suelos hasta la incorporación de uno o más estabilizadores, seguidos de un proceso de compactación. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), este proceso busca mejorar las propiedades físicas del suelo mediante métodos mecánicos y la aplicación de productos químicos, tanto sintéticos como naturales. Estos procedimientos suelen llevarse a cabo en suelos de subrasante deficientes o inadecuados. Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013)

2.2.2.2. Tipos de estabilización de suelos

a) Estabilización mecánica

La estabilización mecánica de los suelos tiene el objeto de mejorar el suelo existente sin causar un cambio en su estructura y una composición básica de su estructura para lo que se emplea un proceso de compactación disminuyendo la cantidad de espacio vacío dentro del suelo. Calderón, et al., (2021)



Figura N° 7: Estabilización de suelos por un proceso mecánico

Nota: Tomado de “Análisis del comportamiento geotécnico de suelos volcánicos tratados con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante”, por Claveria et al. (2018)

b) Estabilización física

➤ Combinación de suelo

Durante este procedimiento, se contempla la combinación y el mezclado de distintos tipos de suelo que complementan la composición granulométrica del suelo actual con un material prestado. Calderon, et al., (2021)

Primero, se fragmenta o distribuye uniformemente la materia presente hasta una profundidad de 15 cm, luego se introduce material prestado. Este material, una vez fragmentado y mezclado, se humedece y oxigena hasta alcanzar la humedad óptima. MTC (2013)

➤ Sustitución de suelos

En el caso que la sub rasante mejorara al adicional material ya sea se trabaje sobre un suelo natural existente debe ser excavado previamente y remplazando por un material de adición. Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013)

En esta situación, se llevará a cabo la escarificación y compactación hasta alcanzar una densidad específica para los terraplenes, a una profundidad de 15 cm. Este espesor asegurará el nivel adecuado de la subrasante y las densidades requeridas,

utilizando un equipo de compactación completo. Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013)



Figura N° 8: Estabilización de suelos por un proceso mecánico

Nota: Tomado de “Estabilización de suelos”, por Manuel Camacho, (2020)

c) Estabilización química

➤ Tratamiento de suelos mediante la aplicación de cal

Consiste en una combinación de suelo, cal y agua. La cal hidratada o también conocida como cal viva es obtenida por un efecto de calcinación de materiales calizos, también se llaman aéreas por su propiedad de endurecerse en el aire en una mezcla de agua y por adición de anhídrido carbónico. MTC, (2013)

En términos generales, los materiales utilizados como productos de hidratación del cemento son el resultado de la combinación de dos o más componentes primarios en una proporción adecuada, en presencia de agua. MTC, (2013)

➤ Tratamiento de suelos mediante la aplicación de cemento

La estabilización del suelo mediante el uso de cemento se logra mediante la combinación de suelo, cemento pulverizado y agua, seguido de un proceso de compactación y curado apropiado. Este procedimiento transforma el material suelto en uno más resistente, lo que aumenta su fuerza. Las propiedades adquiridas dependerán de factores como:

- Cantidad de suelo, agua y cemento empleados

- Proceso de ejecución
- Edad de la mezcla compactada y el tipo de suelo

Tabla 4: Cantidad de cemento requerida para realizar el proceso de estabilización del suelo mediante la aplicación de cemento.

Clasificación de suelos AASHTO	Rango de empleo del cemento requerido en función al porcentaje de suelo
A-(1)-a	(3) – (5)
A-(1)-b	(3) – (5)
A-2	(3) – (5)
A-3	(3) – (5)
A-4	(3) – (5)
A-5	(3) – (5)
A-6	(3) – (5)
A-7	(3) – (5)
A-2	(3) – (5)

Nota: Tomado de “Relación entre las características físicas y químicas para evaluar el grado de fertilidad de los suelos empleados en el cultivo de banano en el valle del Chira - Piura.”. Por Juárez Morales, (2018)



Figura N° 9: Estabilización de suelos con cemento

Nota: Tomado de “Universidad Politécnica de Valencia”, por Yepes Pequeras, (2021)

➤ **Tratamiento de suelos utilizando cloruro de sodio para su estabilización.**

Una de las aplicaciones principales del cloruro de sodio reside en su utilización para controlar el polvo en las bases y las superficies de rodaje de carreteras con tráfico ligero.

La sal es reconocida como un estabilizador natural que principalmente consiste en NaCl en un 98%, mientras que el 2% restante está compuesto por arcillas y limos. Esta característica es

crucial, ya que la convierte en un material higroscópico que puede absorber la humedad del aire y del entorno circundante, reduciendo así el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. MTC, (2013)

➤ **La estabilización del suelo mediante el uso de cal**

Este producto, en contraste con la sal convencional, es preferido por su capacidad oxidante. El cloruro de calcio ayuda en el proceso de compactación y colabora en el fortalecimiento del suelo. MTC, (2013)



Figura N° 10: Estabilización de suelos con cal

Nota: Tomado de “Universidad Politécnica de Valencia”, por Yepes Pequeras”, (2021)

2.2.2.3. Parámetros geotécnicos para determinar la estabilización de suelos

Se clasificarán como adecuados para las capas de subrasante aquellos suelos con un índice de resistencia $CBR \geq 6\%$. Si este índice es menor (indicando una subrasante de baja calidad o inadecuada), o si hay áreas localizadas con humedad excesiva o suelos blandos, será necesario realizar un estudio especial para determinar las medidas necesarias de estabilización, mejora o reemplazo. Marquez Martinez, (2019)

La altura de la subrasante respecto al nivel de la capa freática deberá ser de al menos 0.60 metros para una subrasante extraordinaria y de alta calidad; de 0.80 metros para una subrasante de calidad buena o regular; de 1.00 metros para una subrasante de calidad pobre; y de 1.20 metros para una subrasante de calidad inadecuada.

Para definir el método adecuado de estabilización del suelo, es esencial identificar primero el tipo de suelo presente en la zona. En este contexto, los suelos predominantes suelen ser limos, arcillas o arenas con contenido variable de limo o arcilla. Además, al seleccionar el método más apropiado de estabilización, se deben tener en cuenta varios factores, incluyendo:

- Características del suelo a ser estabilizado.
- Propósito previsto para el suelo estabilizado.
- Elección del estabilizador de suelo adecuado.
- Experiencia previa en la aplicación de técnicas de estabilización específicas.
- Disponibilidad de los materiales estabilizadores requeridos.
- Disponibilidad de equipo especializado necesario.
- Comparación de costos entre diferentes métodos de estabilización.

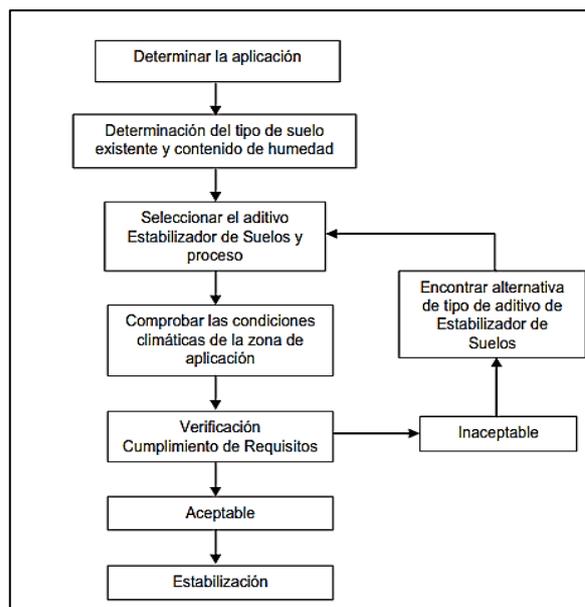


Figura N° 11: Selección del tipo de estabilización

Nota: Tomado de “Guía de carreteras sobre suelos, geología, geotecnia y pavimentación”, por Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013)

2.2.2.4. Características relevantes en el proceso de estabilización de suelos

a) Estabilidad volumétrica

Las variaciones en el volumen del suelo debido a los cambios en la humedad, conocidas como expansión y contracción, pueden ocasionar

deformaciones significativas en el terreno, lo que a su vez puede afectar la integridad estructural del pavimento. Por lo tanto, es crucial identificar los suelos cohesivos para aplicar los tratamientos adecuados. Ñaupas Paitán, et al., (2018)

b) Resistencia

La resistencia del material disminuye conforme aumenta su nivel de humedad, aunque las arcillas pueden mantener una resistencia significativa a elevadas temperaturas, su capacidad se ve mermada al aumentar la humedad. Ñaupas et al., (2018)

c) Permeabilidad

La permeabilidad del suelo se enfrenta a problemas fundamentales relacionados con la disipación del poro y el flujo de agua a través de él. Cuando se compacta un suelo arcilloso con bajos niveles de humedad, se logra una permeabilidad alta debido a la formación de espacios intersticiales, pero a medida que aumenta la humedad de compactación, la permeabilidad del suelo compactado disminuye al reducirse los grandes vacíos. Ñaupas Paitán, et al., (2018)

d) Comprensibilidad

La comprensibilidad, que afecta las propiedades del suelo y altera su permeabilidad, está influenciada por el cambio de volumen. Las fuerzas entre partículas, en términos de dirección y magnitud, también modifican la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. La humedad juega un papel crucial en la comprensibilidad de los suelos compactados. Ñaupas Paitán, et al., (2018)

2.2.3. Subrasante

Suelos y Pavimentos define la subrasante como el área donde se instala la estructura de un pavimento, siendo necesario que el terreno natural sea nivelado para que soporte esta estructura. La subrasante debe estar adecuadamente compactada y evaluada en términos de resistencia para garantizar que esté estable y en óptimas condiciones, de modo que no se vea afectada por las cargas del tráfico futuro. M.T.C., (2013)

La subrasante, que está en contacto directo con el terreno natural, soporta toda la carga de las bases y el tráfico vehicular de la zona. Para determinar su estabilidad, es necesario realizar un análisis adecuado. El Manual también especifica que solo se consideran estables aquellos suelos cuya subrasante tenga una profundidad máxima de 0.60 metros (con un CBR igual o mayor al 6 por ciento). Si la profundidad es menor a esta medida (con un CBR inferior al 6 por ciento), se considera que la subrasante es inadecuada y requiere estabilización obligatoria para la construcción del pavimento. Nesterenko Cortes, (2018)

Por tanto, es crucial estabilizar los suelos con un CBR inferior al 6 por ciento, una tarea que recae en el ingeniero, quien debe comprender la naturaleza del terreno y proponer soluciones adecuadas para el tipo de subrasante en cuestión. Esto garantizará que pueda soportar las capas de rodadura y el tráfico previsto de manera efectiva. Nesterenko, (2018)

La habilidad para resistir las cargas proyectadas para el diseño del pavimento y el tráfico esperado en el área de construcción durante el período de vida estimado del proyecto, conforme a las regulaciones fundamentales para el diseño del pavimento. Nesterenko, (2018)

Tabla 5: Categorías de subrasante según CBR

Categorías de subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR <3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥3% A CBR <6
S2: Subrasante Regular	CBR ≥6 A CBR <10
S3: Subrasante Buena	CBR ≥10 A CBR <20
S4: Subrasante Muy buena	CBR ≥20 A CBR <30
S5: Subrasante excelente	CBR ≥30

Nota: Tomado de “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”, por Nesterenko Cortes, (2018)

2.2.4. Glicerina

La glicerina es un líquido viscoso y neutro con un sabor dulce, que adquiere una consistencia gelatinosa al enfriarse y tiene un punto de ebullición elevado. Es soluble en agua o alcohol, pero no en aceites, y muchos compuestos se disuelven más fácilmente en glicerina que en agua o alcohol, lo que la convierte en un solvente eficaz. La glicerina es altamente higroscópica, lo que significa que absorbe la humedad del aire; por ejemplo, si se deja una botella de glicerina pura al aire, con el tiempo absorberá humedad y se convertirá en una mezcla que contiene un 80% de

glicerina y un 20% de agua. Debido a su capacidad higroscópica, la glicerina pura al 100% puede causar ampollas en la lengua debido a la deshidratación. Sin embargo, cuando se diluye en agua, la glicerina puede suavizar la piel. Aunque se dice que esta acción se debe a que la glicerina atrae la humedad hacia la piel, hay un debate sobre si la glicerina tiene otras propiedades específicas que benefician la piel. Ortiz (2017)

La glicerina se describe como un líquido viscoso que carece de olor y color, con un sabor dulce, y es altamente higroscópico. Es comúnmente utilizado en aplicaciones industriales, y su composición química se presenta de la siguiente manera:

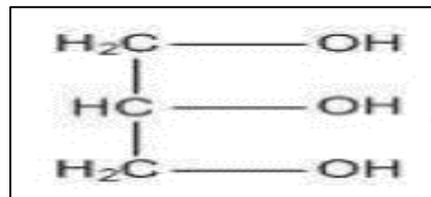


Figura N° 12: Composición química de la glicerina

Nota: Tomado de “Evaluación ambiental de diversas alternativas para la utilización de la glicerina como subproducto de la fabricación de biodiesel en la instalación de Bio D S.A, localizada en el municipio de Facatativá”, por Ortiz, (2013)

La capacidad de la glicerina para absorber humedad del aire y su punto de descomposición alrededor de los 290°C son características destacables. Es soluble en agua y etanol, pero su combustión debe llevarse a cabo a altas temperaturas para evitar la emisión de gases tóxicos, como la acroleína, que se forma entre los 200 y 300°C. Ortiz (2013)

Tabla 6: Calidades de glicerina

Tipo de glicerina	Descripción
Glicerina cruda	El producto es un subproducto generado en el flujo de salida del proceso de transesterificación, que contiene una concentración significativa de metanol, junto con un porcentaje de agua que oscila entre el 8% y el 12%, además de jabones y sales.
Glicerina grado técnico	Este producto alcanza una alta pureza, ya que la mayoría de sus contaminantes han sido completamente eliminados.
Glicerina USP	Con una concentración del 99.7%, en conformidad con la normativa UPS, siendo adecuada para aplicaciones en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos.

Nota: Tomado de “Evaluación ambiental de diferentes posibilidades para la utilización de la glicerina como subproducto del proceso de producción de biodiesel en la instalación de Bio D S.A, situada en el municipio de Facatativá”, por Ortiz (2013)

2.2.4.1. Características químicas y físicas de la glicerina

La glicerina es un líquido claro, incoloro e inodoro, con un sabor dulce similar al del alcohol, y no se disuelve en éter, benceno y cloroformo. Su fórmula química es $C_3H_8O_3$ (1,2,3-propanotriol), y tiene una densidad de 1,26 gramos por centímetro cúbico a 20 grados Celsius. Su punto de ebullición es de 290 grados Celsius y su punto de fusión es de 18 grados Celsius. Aunque la glicerina líquida es resistente a la congelación, puede cristalizarse a temperaturas bajas. Es soluble en agua en cualquier proporción y se disuelve en alcohol, pero no en éter ni en muchos otros solventes orgánicos. Andrea, et al., (2018)



Figura N° 13: Glicerina industrial

Nota: Tomado de “Glicerina industrial”, por LubricantesChile.CL, (2020)

Las moléculas de glicerina tienen la capacidad de participar en diversas reacciones debido a la presencia de grupos alcohólicos que pueden formar compuestos como ésteres, aminas y aldehídos. Aunque su comportamiento es estable en presencia de oxígeno en condiciones atmosféricas normales, cuando se expone a agentes oxidantes, se descompone en dióxido de carbono y agua.

Tabla 7: Descripción de las características de la glicerina

Características	Descripción
Composición química	La glicerina se viene a considerar como un poli alcohol llega a componer de una cadena carbonada de tres grupos de hidroxilos y de tres átomos de carbono (CH ₂ OH-CHOH-CH ₂ OH).
Acción química	De esta se puede oxidar formando una cadena de átomos de carbono y al tener una exposición prolongada en una radiación intensa con la presencia de aire le llega a producir oxidación al estar presente los iones de hierro y cobre. Por otro lado, la glicerina actúa como un agente reductor y una fuente de hidrogeno de compuestos orgánicos.
Características físicas	<ul style="list-style-type: none">➤ Presenta una baja toxicidad ambiental➤ Es soluble ante el agua➤ Inodoro➤ Líquido incoloro➤ Insoluble ante hidrocarburos➤ Hidrocarburos clorinados y esteres➤ Líquido no volátil➤ Sustancia giroscópica➤ Ph neutro (no libera cationes hidronio)➤ Químicamente estable en almacenamiento y manejo
Tipo de glicerina según su composición	<ul style="list-style-type: none">➤ Mayor porcentaje de glicerina (detergente)➤ Con una mayor cantidad de metanol (alcohol)➤ Sales de sodio o potasio

Nota: Tomado de “Investigación acerca del impacto de la composición en las propiedades mecánicas y capacidad de descomposición de un polímero fabricado utilizando almidón de maíz”, por Ropain (2017)

2.2.4.2. Obtención de la glicerina

La glicerina se genera como un subproducto en diversos procesos de la industria química, siendo la fabricación de jabones un ejemplo prominente, donde se emplean diversas fuentes de grasas vegetales y animales crudas. Esta glicerina exhibe una composición constante en términos de sus componentes y concentraciones, lo que facilita su purificación a través de métodos químicos y físicos como la destilación al vacío, la filtración simple y la cromatografía en columna. Ropain (2017)

2.2.4.3. Ventajas del uso de glicerina en el suelo

La adición de la glicerina incrementa el contenido de la materia orgánica en el suelo en sus propiedades físico- mecánicas se viene a considerar que los compuestos orgánicos intervienen en la estabilidad estructural del suelo originando una mayor resistencia de compactación más resistente ante los procesos erosivos mejorando la profundidad efectiva. Betancourt Aguilar, et al., (2016)

Tabla 8: La glicerina y sus efectos en el suelo

Aspecto	Descripción
Glicerina y su efecto químico	La adición del suelo de la glicerina estimula la supervivencia de las bacterias <i>Rhizobium</i> incrementando la formación de nódulos y una fijación del nitrógeno.
Uso de la glicerina en suelos arenosos	Al emplear glicerina en este tipo de suelos según la relación de peso se observó una inmovilización de nitrógeno en un 50% en un tiempo corto.
Efecto de la glicerina en el suelo	La glicerina constituye una fuente adecuada de carbono para los microorganismos
	Incrementa la actividad microbiana en el suelo con un aumento de disponibilidad de nutrientes
	El uso de la glicerina contribuye al incremento de las cantidades de carbono orgánico mineralizado, nitrógeno inmovilizado y eliminación del proceso de desnitrificación.
Descomposición de la glicerina	Este proceso se ve favorecida por: Contenido de materia orgánica Actividad microbiana Relación N:C
Efecto en la vegetación	La presencia de metanol en su composición resulta tóxica para los microorganismos presentes en el suelo, lo cual repercute negativamente en el crecimiento de las plantas.
	Una concentración elevada, alrededor del 10%, de estos compuestos, inhibe el crecimiento de las plantas.

Nota: Tomado de “Investigación que analiza cómo la composición afecta las propiedades mecánicas y la capacidad de descomposición de un polímero creado utilizando almidón de maíz”, por Ropain (2017)

2.2.4.4. Uso y aplicación

La glicerina tiene múltiples usos industriales y comerciales. Principalmente se emplea en la elaboración de resinas alquídicas y se encuentra en la fabricación de medicamentos, productos de higiene personal como la pasta dental, y actúa como plastificante en el celofán. Aunque solo un pequeño porcentaje de su producción se destina a la fabricación de explosivos, se utiliza en diversas aplicaciones, como la tinta de los tampones de sellado y como lubricante para maquinaria en la industria petrolera debido a su baja solubilidad en líquidos derivados del petróleo. Debido a su viscosidad y seguridad para el consumo humano, la glicerina se utiliza como lubricante en la maquinaria de la industria alimentaria. Además, después de ser un subproducto en la producción de jabón a partir del tratamiento de grasas y aceites con álcali, se purifica mediante destilación. Calderon, et al., (2021)

La glicerina tiene diversas aplicaciones, como conservar frutas enlatadas, servir de base para lociones, evitar la congelación de gatos hidráulicos, lubricar moldes, formar parte de tintas de estampado, contribuir en la elaboración de pasteles y caramelos, y ocasionalmente se utiliza para preservar muestras en tarros de cristal en laboratorios de biología escolar debido a sus propiedades antisépticas. Calderon, et al., (2021)

Puede servir como fuente de calor en entornos de baños a temperaturas superiores a los 250 °C y también tiene aplicaciones como anticongelante al disminuir el punto de congelación del agua a través del fenómeno conocido como descenso crioscópico.

2.2.5. Polímeros de maíz

Un polímero se forma cuando una o varias moléculas se unen, dando lugar a la creación de una macro molécula conocida como "polímero". Estos pueden tener su origen en compuestos naturales o sintéticos. Woodward (1995)

La polimerización es una reacción química en la cual las moléculas se unen para formar una cadena larga, conocida como polímero, a partir de unidades más pequeñas llamadas monómeros. El estudio de macromoléculas se centra en materiales de origen biológico, como almidón, celulosa y ácido nucleico, que son ejemplos de polisacáridos. Woodward (1995)

El almidón de maíz es un polímero natural que cuenta con propiedades como la plastificación y la biodegradabilidad. Se encuentra disponible durante todo el año, es económico y se puede obtener en grandes cantidades, ya que se cultiva en diversos estados del país. Woodward (1995)

El maíz es un cultivo fundamental en la dieta de la población mexicana y centroamericana. Además de su uso tradicional en la alimentación diaria, uno de sus subproductos ahora también puede ser empleado como materia prima en la fabricación de plásticos, pañales o recipientes. Ropain (2017)

a) Estructura de los polímeros

El polímero puede adoptar múltiples formas, como una estructura lineal con moléculas dispuestas en cadenas, que se configura de la siguiente manera:

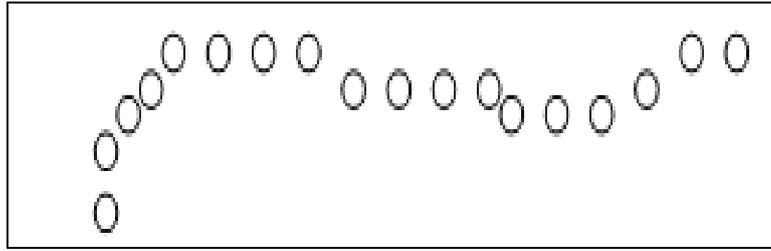


Figura N° 14: Polímero con una estructura lineal
Nota: Tomado de “Tecnología y procesos de producción”, por Brokosky (2010)

En determinadas circunstancias, los polímeros pueden exhibir configuraciones ramificadas, donde un átomo de hidrógeno es sustituido por uno de carbono, dando lugar a una disposición ramificada. En ocasiones, los extremos de estas ramificaciones pueden unirse con moléculas adicionales, lo que resulta en estructuras aún más compactas. Brokosky (2010)

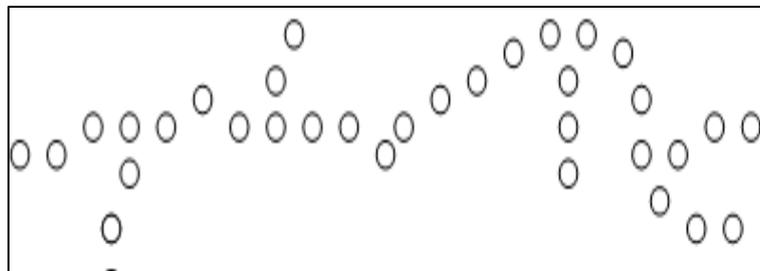


Figura N° 15: Polímero con una estructura lineal
Nota: Tomado de “Tecnología y procesos de producción”, por Brokosky (2010)

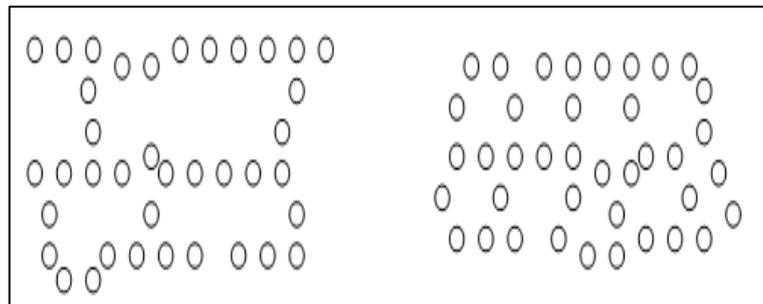


Figura N° 16: Polímero con una estructura lineal
Nota: Tomado de “Tecnología y procesos de producción”, por Brokosky (2010)

Cuando un polímero presenta una estructura ramificada o lineal viene a representar una estructura conocida como encadenamiento transversal, de esta forma su masa es una molécula tridimensional.

Tabla 9: Polímero como un material de construcción

Polímero	Características principales	Usos
PVC	Se caracteriza por ser versátil y ligero, tienen una facilidad de instalación, tiene una alta resistencia térmica y es un buen aislante térmico.	Es empleada en membranas las cuales serán usadas como impermeabilizantes en el suelo.
PU	Presenta una alta resistencia a la corrosión, no tóxico, presenta una alta resistencia, presenta buenas propiedades mecánicas y químicas.	Es empleado en materiales de aislamiento como techos y paneles.
EPS y PS	Este material exhibe una conductividad térmica mínima, junto con una notable resistencia a la compresión y una capacidad de amortiguamiento, lo que lo hace fácilmente manipulable y adecuado para su uso en una variedad de proyectos de construcción.	Se utiliza principalmente en la fabricación de ladrillos, techos y paneles, y se emplea la espuma de EPS como material de relleno en puentes para reducir su peso total.
HDPE	Presenta un buen aislamiento térmico para casos de cañerías, paredes y suelos flotantes, además es empleado en la construcción de cámaras frigoríficas.	Este material es ampliamente usado en los recubrimientos de las cañerías como aislante por su capacidad de aguantar temperaturas de 20°C a 85 °C
P	Muestra buenas propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas. Además, presenta una óptima resistencia química, es impermeable y tienen una alta resistencia a la compresión mostrando así una alta resistencia a la abrasión y una larga vida útil. Se distingue por su capacidad de repeler el agua, es resistente a la luz y no llegan a ensuciar.	Se usa en la fabricación de tuberías destinadas a sistemas de distribución de agua tanto fría como caliente.
PC	Tiene una gran capacidad para resistir temperaturas extremas, así como también a diversos productos químicos y a fuerzas mecánicas.	Se utiliza en la construcción de cercas y barreras de protección.
PET	Muestra una alta resistencia al impacto y viene a ser ligero e impermeable.	Presenta una alta resistencia a efectos de impacto.

Nota: Tomado de “Comportamiento de los polímeros como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones”, por Mora Palacios, et al., (2020)

b) Clasificación del polímero en función a su origen

➤ Polímeros sintéticos

Los polímeros pueden tener de uno a tres tipos de unidades repetidas, y aquellos de origen sintético son más comunes en el mercado. Por lo tanto, se pueden categorizar en:

- **Elastómeros**

Estos materiales exhiben una elasticidad comparable a la del caucho, lo que los hace adecuados para la elaboración de productos como gomas, neumáticos y mangueras. Calderon et al., (2021)

- **Fibras**

Estos elementos pueden alinearse formando finos filamentos, lo que les otorga una resistencia significativa a lo largo de un eje de orientación, como ocurre con las fibras de algodón, seda o lana empleadas en la industria textil. Calderon et al., (2021)

- **Plásticos**

Este polímero tiene la capacidad de llegar a ser moldeable en altas temperaturas y presiones para luego ser transformados en objetos que al ser mezclados con pintura y con recubrimiento en la superficie. Calderon, et al., (2021)

Los polímeros sintéticos se obtienen a partir por una síntesis en un laboratorio o industria que en consecuencia resulta con una estructura repartida como: el polietileno, polipropinilo, cloruro polivinílico, etc. Calderon, et al., (2021)



Figura N° 17: Tipos de polímeros sintéticos

Nota: Tomado de “Descomposición de polímeros y los procesos involucrados en su degradación”, por Miranda (2015)

Uno de los inconvenientes principales es su elevado precio en contraste con los polímeros naturales, que se destacan por su resistencia superior a los contaminantes. Estos polímeros suelen tener un peso molecular elevado y exhiben una estabilidad significativa.

➤ Polímeros naturales

Los biopolímeros naturales, como la celulosa y el ADN, son más complejos en su estructura. Estos materiales se encuentran comúnmente en entornos naturales, como el caucho, el algodón, la seda y la celulosa derivada de la madera, entre otros. Andrea, et al., (2018)

Estos polímeros se originan de manera natural y ofrecen la ventaja de ser económicos. Además, son hidrofílicos, lo que los hace insolubles debido a su naturaleza básica, y pueden desarrollar viscosidad en ciertas condiciones. Andrea, et al., (2018)



Figura N° 18: Polímeros naturales como el caucho y el algodón

Nota: Tomado de “Procesos y mecanismos involucrados en el deterioro de polímeros.”, por Miranda, (2015)

El maíz tiene un origen en el continente americano, por otra parte, vienen a considerarse un cultivo esencial en diversos países latinoamericanos. También el almidón llega a considerarse un polímero natural. Juárez (2018)

Luego de que (Martínez Bustos, 2020), “estudio y analizo diversos desempeños vegetales analizando el almidón del maíz afirma que el almidón es un polímero natural que es biodegradable y de disposición en todas las épocas del año, que presenta un bajo costo y es accesible en grandes volúmenes en diversas regiones del país”. Juárez (2018)

El uso del almidón es de gran beneficio para el medio ambiente ya que aquellos productos realizados a partir de almidón del maíz llegan a ser amigables con el medio ambiente al presentar una característica biodegradable al tener la capacidad de deshacerse en menos de un año y medio en el ambiente tanto en el proceso de elaboración y desecho. Juárez (2018)



Figura N° 19: Maíz

Nota: Tomado de "Polímero de maíz utilizado en la estabilización de suelos", un informe publicado por la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, tiene como objetivo fomentar la comprensión científica y tecnológica en la región iberoamericana., (2022)

➤ **Proceso de extracción**

El proceso de extracción del polímero de maíz es a partir de semillas de maíz con la finalidad de un análisis como la humedad, grasa, contenido de agua y fibra. Este material presenta impurezas por lo que deben de quitarse este material para luego pasar por un proceso de molienda para la obtención de polímeros de maíz. Niño (2018)

2.2.5.1. Propiedades del almidón

Los almidones de diferentes fuentes botánicas tienen procesos de biosíntesis diversos, lo que conlleva a una variación en su estructura molecular y en sus características, como la forma, tamaño y composición, entre otros componentes a nivel macroscópico de los gránulos de almidón. Por lo tanto, el procesamiento y las propiedades del almidón están influenciados por factores genéticos, y abarcan varios niveles de estructura, desde la organización interna del gránulo hasta las estructuras macromoleculares y cristalinas a gran escala. Niño (2018)

El almidón en su forma natural es resistente al calor. Sin embargo, cuando se combina con un plastificante, como la glicerina, y se desestructura su configuración granular original, se forma un material termoplástico. En este material, las cadenas de almidón se vuelven solubles

en el plastificante y interactúan entre sí mediante enlaces de hidrógeno, todo ello mediante procesos de corte y calentamiento. Este producto se conoce como almidón termoplástico (TPS por sus siglas en inglés). Niño Sana, (2018)



Figura N° 20: Almidón de maíz

Nota: Tomado de “Polímeros como mejoradores de suelos erosionados”, por Natalia, et al., (2020)

2.2.5.2. Aplicaciones actuales del almidón de maíz

El almidón, al ser soluble en agua, tiende a ablandarse y deformarse en presencia de humedad, lo que restringe su aplicación. Por lo tanto, se procede a modificar el almidón. En primer lugar, se extrae el almidón del maíz, y luego se somete a un proceso de transformación mediante microorganismos, que lo convierten en una molécula más pequeña, conocida como monómero, como el ácido láctico. Zamora (2013)

Posteriormente, se somete este ácido láctico a procesos químicos para generar cadenas o polímeros que poseen una estructura molecular similar a aquella de los plásticos derivados del petróleo. Estas cadenas se enlazan entre sí para dar lugar al plástico conocido como PLA. Zamora (2013).

2.3. Marco conceptual

- a) El asentamiento de suelos:** La subsidencia, una manifestación del asentamiento vertical del suelo o del terraplén, surge como consecuencia de fenómenos como la consolidación del suelo o las deformaciones en la superficie terrestre. Martínez (2019)
- b) Glicerina:** Es un producto industrial derivado del alcohol líquido, incoloro e inodoro siendo un derivado o sub producto del biodiesel, propeno y fabricación del biodiesel, fabricación jabones. Ortiz (2017)

- c) **Polímero maíz:** El polímero de maíz es un material natural biodegradable que está disponible durante todo el año y en todas las estaciones. AIDCYT, (2022)
- d) **Sub rasante:** Capa de soporte que forma parte un paquete estructural del pavimento ya sea un pavimento rígido o flexible. Esta capa en muchos casos llega a ser el terreno natural si llega a alcanzar la resistencia mínima requerida. Marquez (2019)
- e) **Los suelos:** Se caracterizan por su formación aluvial y su ubicación en valles costeros. Tienen una textura principalmente arenosa, pero contienen cantidades adecuadas de arcilla y limo para retener la humedad. Juárez Morales, (2018)
- f) **Los suelos no cohesivos:** Son aquellos donde las partículas tienden a mantenerse separadas y no se adhieren entre sí. Estos suelos, también conocidos como suelos granulares o friccionantes, están compuestos principalmente por partículas relativamente grandes, como arenas, gravas y limos. Martinez (2019)
- g) **La subrasante:** Se refiere al área donde se coloca la base de un pavimento y se asienta sobre un terreno natural nivelado para soportar la estructura del pavimento. Nesterenko (2018)
- h) **Polímero natural:** Material proveniente de un origen natural que tienen un alto peso molecular y están constituidos por diversas unidades de carbono “C”, oxígeno “O”, hidrógeno “H” y nitrógeno “N” las que se consideran como macromoléculas y con tamaños menores conocidas como monómeros. Matinez (2019)
- i) **Propiedades mecánicas:** Se considera como un comportamiento material ante una imposición de fuerzas, que por un estado de compactación y estabilización logra alcanzar un estado de resistencia considerable. Martinez (2019)

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La incorporación de glicerina y polímeros de maíz incide significativamente en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

3.1.2. Hipótesis específica

- a) La incorporación de glicerina y polímeros de maíz influye significativamente en la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.
- b) La incorporación de glicerina y polímeros de maíz incide de forma positiva en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Glicerina y polímeros de maíz

La glicerina también reconocida como glicerol o también llamado alcohol de azúcar o poliol, donde la glicerina contiene un poco más de calorías por gramo de azúcar y es de 60 – 75% dulce, siendo un líquido viscoso consistente compuesto por alcohol de azúcar. Este es carente de color. Betancourt y Castellano (2016)

El polímero de maíz es un compuesto cuyas moléculas están formadas por cadenas que repiten una unidad fundamental, otorgándole características similares a las del plástico, pero con la particularidad de ser completamente degradable de manera natural. Ropain (2017)

b) Variable dependiente (Y)

Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos

La ingeniería civil se dedica a examinar el comportamiento del suelo desde una perspectiva geotécnica, evaluando sus características físicas y mecánicas para evaluar si es apropiado para soportar la infraestructura planeada y determinar cualquier intervención requerida para satisfacer los estándares establecidos. Matinez (2019)

3.2.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Glicerina y polímeros de maíz

La variable VI 1: La evaluación de la glicerina y los polímeros de maíz se llevará a cabo considerando tres aspectos que reflejan sus atributos:

- D1: Dosificación
- D3: Ph

Cada dimensión cuenta con un indicador específico.

b) Variable Dependiente (Y)

Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos

La variable VD 2: La evaluación de suelos no cohesivos a nivel de subrasante se llevará a cabo considerando tres dimensiones específicas:

- D1: Densidad máxima seca
- D2: Capacidad de resistencia

Cada una de las dimensiones también cuenta con un indicador asociado.

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 10: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Glicerina y polímeros de maíz	La glicerina también reconocida como glicerol o también llamado alcohol de azúcar o polirol, donde la glicerina contiene un poco más de calorías por gramo de azúcar y es de 60 – 75% dulce, siendo un líquido viscoso consistente compuesto por alcohol de azúcar. Este es carente de color. Betancourt Aguilar, & Castellano Gonzáles, (2016) El polímero de maíz es un compuesto en el cual las moléculas llegan a estar formadas por cadenas en las que se repite una unidad básica, el cual tiene cualidades similares al plástico, pero se caracteriza por ser 100% biodegradable. Ropain, (2017)	La variable VI 1: La evaluación de la glicerina y los polímeros de maíz se llevará a cabo considerando tres aspectos que reflejan sus atributos: D1: Dosificación, D2: PH. A su vez cada una de las dimensiones dispone un indicador.	Dosificación	Porcentaje	Ficha técnica		X			
			Ph	Potencial de hidrogeno	Ficha técnica		X			
2: Variable Dependiente Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos	El comportamiento geotécnico del suelo viene a ser estudiado por parte de la ingeniería civil en el que se realiza un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de un terreno para definir el tipo de estructura que descansara sobre esta y los tratamientos que necesita para cumplir con determinadas perspectivas. Matinez (2019)	La variable V2 “Suelos no cohesivos a nivel subrasante” La evaluación de suelos no cohesivos a nivel de subrasante se llevará a cabo considerando tres dimensiones específicas: D1: Densidad máxima seca, D2: Capacidad de resistencia. A su vez cada una de las dimensiones dispone un indicador.	Densidad máxima seca	Ensayo de Proctor Modificado	Ficha de recolección de datos			X		
			Capacidad de resistencia	CBR	Ficha de recolección de datos			X		

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

Según Mousalldh et al. (2016) la tesis adopta un enfoque de investigación basado en el método experimental. Los estudios exploratorios vinculados no se centran en establecer o confirmar relaciones causales entre variables. En su lugar, se utilizan diseños no experimentales, tanto aleatorios como no aleatorios, para recopilar datos y alcanzar los objetivos de la investigación.

En dicho sentido, la presente tesis es experimental ya que se desarrollará información y los resultados necesarios para hacer posible la investigación.

De acuerdo con estas premisas, en el contexto de esta investigación se implementará el *método experimental*.

4.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Rodríguez (2020), La investigación aplicada implica que el investigador se enfrenta a un problema conocido y previamente identificado, empleando métodos de investigación para responder preguntas específicas sobre él.

La investigación utilizó una metodología aplicada con el fin de abordar un problema concreto relacionado con la inestabilidad y la capacidad de carga reducida en

suelos no granulares destinados a ser utilizados como subrasante, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de aquellos afectados por este tipo de terrenos.

Según estas consideraciones, la actual investigación será de *tipo aplicada*.

4.3. Nivel de la investigación

De acuerdo con Álvarez (2020), El nivel de investigación explicativo se dedica a descubrir las relaciones causales entre las variables del objeto de estudio. En este enfoque, el investigador no participa directamente en la manipulación de las variables. En algunos casos, se busca establecer la correlación entre las variables sin necesariamente confirmar una relación causal. No obstante, desde una perspectiva sistémica, se reconoce que existe una interconexión entre las variables que conforman un objeto o sistema.

En la presenta tesis se pretendió identificar el comportamiento del suelo no granular al adicionar glicerina y polímeros de maíz en diferentes dosificaciones analizando así un cambio en las propiedades mecánicas.

De acuerdo con el análisis realizado, el diseño metodológico seleccionado para este estudio será *nivel de explicativo*.

4.4. Diseño de la investigación

Según Álvarez (2020), La investigación cuasi-experimental busca prever el comportamiento de las variables al asociarlas, con el fin de identificar las causas de los fenómenos y desarrollar comprensión. Esto se realiza teniendo en cuenta las particularidades específicas del estudio y la estructura de la investigación, lo cual se considera fundamental.

En este trabajo de investigación, examinaremos cómo se comportan los suelos no cohesivos al agregarles glicerina y polímeros de maíz a través de pruebas de laboratorio. Al trabajar con una muestra convencional y grupos de muestra con 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz

Considerando el análisis efectuado, el diseño que se empleará en este estudio será **de tipo cuasi-experimental**.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Según Lopez (2020), la población se caracteriza como el conjunto de elementos, entidades o elementos, que pueden ser finitos o infinitos, que comparten atributos o características similares y que son susceptibles de ser observados.

La población para este estudio consistirá en muestras de suelo en su estado natural provenientes del Jr. Lima, ubicado en el distrito de Orcotuna, provincia de Concepción, departamento de Junín, así como muestras de suelo no cohesivo tratadas con glicerina y polímeros de maíz.

4.5.2. Muestra

De acuerdo con Carrasco (2016), una muestra se describe como una parte o sección representativa de la población, que se selecciona de manera objetiva y que refleja de manera precisa las características de la misma. De esta manera, los resultados obtenidos a partir de la muestra pueden generalizarse a todos los elementos que conforman la población.

La selección de la muestra se realizará mediante un método de muestreo no probabilístico, que consistirá en 3 muestras con diferentes dosificaciones del 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Ñaupas et al., (2018) Se define como un método de recolección de datos que permite recopilar y organizar información sobre un evento o fenómeno social que está relacionado con la problemática que motiva la investigación.

4.6.1. Técnicas

- **La observación:** Es una técnica que presenta la ventaja de capturar datos cercanos a la realidad en su contexto natural, aunque con la limitación de abordar únicamente un aspecto del fenómeno observado. Se enfoca en recolectar datos sobre el comportamiento de un fenómeno en el momento presente, lo que facilita obtener información sobre sus antecedentes y evolución.
- **Ficha de recolección de datos:** Este es un instrumento empleado para recolectar datos relacionados de acuerdo con los objetivos de la investigación, los cuales son obtenidos de los ensayos de laboratorio.

4.6.2. Instrumento de recolección de datos

Se diseñará un procedimiento para el uso adecuado de los instrumentos empleados en la recopilación de información, con el fin de registrar de manera exhaustiva todos los datos necesarios para nuestra investigación, los cuales serán detallados y empleados posteriormente.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA							
GEO TEST V. SAC							
DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA		E-MAIL : LABGEO TESTV02@GMAIL.COM					
REF. A UNA CUADRA FRENTE A PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO			GEO TEST V. S.A.C				
DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093		FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C					
		RUC : 20606529229					
PROYECTO:							
FECHA DE COMPACTACION:							
FECHA DE PENETRACION:							
Número de golpes de Capa	10(5 CAPAS)		25(5 CAPAS)		56 (5 CAPAS)		
Codigo de Molde							
Condición de la Muestra	Sin Saturar	Saturada	Sin Saturar	Saturada	Sin Saturar	Saturada	
Masa Molde + Suelo Húmedo							
Masa del Molde							
Tara No							
Masa de Tara							
Tara + Suelo Húmedo							
Tara + Suelo Seco							
Dial (pulg)	Tiempo	Carga (mm)		Carga (mm)		Carga (mm)	
0.000	0:00						
0.025	00:30						
0.050	01:00						
0.075	01:30						
0.100	02:00						
0.125	02:30						
0.150	03:00						
0.175	03:30						
0.200	04:00						
0.250	05:00						
0.300	06:00						
0.400	08:00						
0.500	10:00						
EXPANSIÓN	12 GOLPES		26 GOLPES		55 GOLPES		
	Fecha/Hora	Expansión	Fecha/Hora	Expansión	Fecha/Hora	Expansión	
INICIAL							
FINAL							

Figura N° 21: Ficha de recolección del ensayo de granulometría

Nota: Propia

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - OHLIDA **E-MAIL :** LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
REF. A UNA CUADRA FRENTE A PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO **FACEBOOK :** GEO TEST V S.A.C
CELULAR : 992825191 - 992831911 - 991378093 **WAG :** 30046929229

ASTM D1557-12 (2021), Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

PROYECTO: _____
FECHA DE COMPACTACION: _____

Volumen del Molde (cm ³)	Codigo de Molde:				
	Masa de Molde (g)				
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO	MASA RETENIDA	% RETENIDO	PROCEDIMIENTO ELEGIDO
1 1/2 pulg					
3/4 pulg					
3/8 pulg					
N° 4					
PASANTE N° 4					
TOTAL					
COMPACTACION	Agua añadida (%)				
	Masa suelo humedo + molde (g)				
Contenido de Humedad	Cod. Tara				
	Masa de Tara				
	Masa humedad + tara				
	Masa seca + tara				

PROYECTO: _____
FECHA DE COMPACTACION: _____

Volumen del Molde (cm ³)	Codigo de Molde:				
	Masa de Molde (g)				
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO	MASA RETENIDA	% RETENIDO	PROCEDIMIENTO ELEGIDO
1 1/2 pulg					
3/4 pulg					
3/8 pulg					
N° 4					
PASANTE N° 4					
TOTAL					
COMPACTACION	Agua añadida (%)				
	Masa suelo humedo + molde (g)				
Contenido de Humedad	Cod. Tara				
	Masa de Tara				
	Masa humedad + tara				
	Masa seca + tara				

Figura N° 22: Ficha de recolección de compactación
Nota: Propia

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-ORILDA
(REF. A UNA CUADRA FRENTE A PARQUE PUZO Av.
FERROCARRIL BRUCE CON AV. LEONORO PRADO)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
GEOEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.S

RUC : 20606529229



PROYECTO: _____ **Nombre del Analista:** _____

FECHA DE ENSAYO: _____ **Observacion:** _____

ASTM D6913/D6913M-17; ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Condiciones Ambientales	GRANULOMETRÍA	
Temperatura Ambiente, °C	3 pulg (75 mm)	g
Humedad Relativa, H	2 pulg (50 mm)	g
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	1 ½ pulg (37.5 mm)	g
CÓDIGO DE TARA:	1 pulg (25 mm)	g
MASA DE TARA:	¾ pulg (19 mm)	g
MASA DE TARA +SUELO SIN LAVAR:	3/8 pulg (9.5 mm)	g
MASA DE TARA +SUELO LAVADO:	No 4 (4.75 mm)	g
	No 10 (2 mm)	g
TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS (mm):	No 20 (850 µm)	g
FORMA DE LAS PARTÍCULAS:	No 40 (425 µm)	g
	No 60 (250 µm)	g
CONTENIDO DE AGUA, ASTM D-2216	No 100 (150 µm)	g
	No 140 (106 µm)	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	No 200 (75 µm)	g
Código de Tara:	FONDO	g
Masa de Tara:		
M. T + Muestra Humeda:		
M. T + Muestra Seca:		

Métodos de prueba estándar para limite liquido, limite plástico e indice de plasticidad de suelos, ASTM D4318

PROYECTO: _____ **Nombre del Analista:** _____

FECHA DE ENSAYO: _____ **Observacion:** _____

Condiciones Ambientales

Temperatura Ambiente, °C _____

Humedad Relativa, H _____

	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
TIEMPO					
NÚMERO DE GOLPES					
CÓD. DE TARA					
MASA DE LA TARA, g					
MASA T. + SUELO HÚMEDO, g					
MASA T. + SUELO SECO, g					

Figura N° 23: Ficha de recolección del ensayo de Proctor
Nota: Propia

- **Validez del instrumento de investigación**

Según Marroquín (2020), un instrumento se considera valido cuando logra medir aquello que realmente se quiere medir siendo capaz de lograr los objetivos deseados. Esta se llega a medir en grados de alta, mediana y baja validez.

Tabla 11: Intervalos y dimensiones de validez.

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Marroquín (2020)

Tabla 12: Validación de expertos

Nombres y apellidos	Profesión	CIP	Grado académico	Calificación asignada
Angel Pari Llantoy	Ingeniero civil	159614	Ingeniero	0.83
Manuel Machuca Vásquez	Ingeniero civil	270863	Magister	0.80
Pautrat Egoavil Henry Gustavo	Ingeniero civil	73935	Magister	0.80

Nota: Propia

Los instrumentos de investigación fueron revisados y aprobados por tres expertos que trabajan en el ámbito de la investigación.

- **Confiabilidad del instrumento de investigación**

De acuerdo con Marroquín (2020), esta es la medida en que un instrumento logra generar resultados de manera uniforme y coherente, de modo que al repetir la evaluación con el mismo sujeto, se obtienen resultados idénticos.

Tabla 13: Rangos y Magnitudes de Confiabilidad.

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Marroquín (2020)

Tabla 14: Alfa de Cronbach

ESTADÍSTICOS	VALORES	MAGNITUD
K	7	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_r^2} \right]$
Sumatoria de varianza= ($\sum \sigma^2$)	0.333333333	
Varianza total de la prueba= ($\sum \sigma^2$)	5.67	
ALFA DE CRONBACH	0.82	ACEPTABLE

Nota: Propia

4.7. Técnicas de procesamiento de la información y análisis de datos

4.7.1. Procesamiento de la información

Después de reunir los datos, se realizó un examen detallado de las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural y modificado con glicerina y polímeros de maíz. Este análisis se llevará a cabo utilizando una variedad de herramientas de evaluación y se llevarán a cabo los ensayos siguientes:

A. Granulometría (NTP 400.012)

Herramientas, materiales y/o equipos

- Conjunto de tamices
- Cucharón
- Balanza
- Espátula
- Horno

Procedimiento

- Secar los agregados en caso de encontrarse con alguna concentración de humedad en el horno y luego pasar a ventilar al ambiente.
- Pesar la masa inicial de agregado y tomar nota para luego pasar al tamizado de estos por el conjunto de mallas poco a poco.
- Se coloca la muestra en el tamiz de mayor tamaño para observar la retención en cada uno de los tamices.
- Posteriormente, se procede a pesar el material retenido en cada tamiz para luego elaborar la curva granulométrica correspondiente.



Figura N° 24: Juego de tamices
Nota: Zamora Mozo, (2013)

B. Contenido de humedad

Se define como el porcentaje de agua (%h) en peso contenido en la muestra en comparación con el peso de la muestra seca o el peso de los sólidos.

Herramientas, materiales y/o equipos

- Balanza
- Horno
- Cucharas
- Agregados

Procedimiento

- Pesamos el recipiente donde vamos a colocar la muestra.
- Pesamos 500 gramos de arena gruesa, después colocamos en el horno a una temperatura de 105C° por 24 horas.
- Después de sacarlo del horno lo volvemos a pesar la muestra para obtener el contenido de humedad.



Figura N° 25: Horneado de la muestra
Nota: Jimenez, et al., (2012)

C. Límites de Atterberg

Es el punto en el que el contenido de humedad del suelo lo sitúa en un estado comparable al de un material plástico, justo antes de que su comportamiento se asemeje al de un fluido viscoso.

Herramientas, materiales y/o equipos

- Copa de Casagrande
- Taras
- Espátula
- Acanalador
- Balanza
- Recipientes

Procedimiento

- Se toma una porción de la muestra húmeda y se coloca dentro de la copa de Casagrande, dividiéndola en dos partes iguales con el acanalador. Luego, se registra el número de golpes necesarios para cerrar la abertura.
- Si se obtienen exactamente 25 golpes, el contenido de humedad de la muestra corresponde al límite líquido.
- Se aconseja realizar al menos tres mediciones para tres niveles de contenido de humedad diferentes, anotando tanto el número de golpes como el contenido de humedad correspondiente en cada caso.
- Posteriormente, estos datos se representan gráficamente en una hoja semilogarítmica y se determina el contenido de humedad para $N=25$ golpes.

D. Limite plástico

Es el nivel de contenido de humedad por debajo del cual el suelo no puede ser considerado como un material plástico.

Herramientas, materiales y/o equipos

- Balanza de medición
- Superficie de vidrio
- Estufa

- Espátula metálica
- Recipiente de evaporación para la mezcla
- Peso inicial (tara)

Procedimiento

- Se toma una porción del material preparado previamente para el límite líquido, aproximadamente 20 gramos.
- Luego, se amasa el suelo hasta que pierde humedad y alcanza una consistencia que permite enrollarlo sin adherirse a las manos. Se mezcla sobre una superficie de vidrio hasta formar una masa alargada en forma de gusanos.
- Se continúa adelgazando la masa con movimientos hasta que el diámetro del rollito alcanza los 3.2 mm o hasta que comience a rajarse.
- Después de alcanzar el límite plástico, se colocan los cilindros en la balanza y se pesan para calcular el contenido de humedad. Este proceso se repite con las muestras restantes, y se determina que el límite plástico es el promedio de ambas determinaciones.



Figura N° 26: Muestra obtenida del límite plástico

Nota: Shuan Lucas, (2004)

E. Proctor modificado

Se trata de un ensayo que implica llevar a cabo procedimientos de compactación en un ambiente de laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua y la densidad seca de los suelos compactados en un molde de seis pulgadas.

Herramientas, materiales y/o equipos

- Molde

- Martillo con caída libre
- Muestra
- Balanza
- Horno
- Enrasador
- Tamices
- Probeta
- Taras
- Mazo de goma

Procedimiento

- Anotar las dimensiones del molde y los valores de las taras requeridas para llevar a cabo el procedimiento.
- Determinar el nivel ideal de humedad formando una masa que, al ser comprimida manualmente, conserve su forma sin deshacerse.
- Una vez establecido el contenido de humedad adecuado, preparar de 4 a 5 muestras de suelo seco al aire, con un peso aproximado de 3 a 6 kg cada una.
- Mezclamos el suelo con el agua añadido, colocando un recipiente cubierto, dejando reposar.
- Eliminamos cualquier exceso de material que no haya sido compactado en el molde.
- Retiramos el collar y nivelamos el suelo compactado para que esté al ras del borde del molde.



Figura N° 27: Proctor modificado
Nota: Cuchillo Cayturo, (2019)

4.7.2. Técnica y análisis de datos

Se comenzó utilizando métodos de análisis univariado, que comprendían la aplicación de medidas como la desviación estándar, el rango y la media para cada dimensión definida en relación con los objetivos específicos (Densidad máxima seca y CBR). Esto se hizo para evaluar la influencia de la glicerina y polímero de maíz en el suelo para subrasante, según lo indicado por las técnicas de estadística descriptiva. Posteriormente, se procedió con el análisis bivariado.

a) Requisitos de varianza

Evaluar la normalidad y la homogeneidad de las varianzas se llevó a cabo mediante la Prueba de Shapiro-Wilk y la Prueba de Levene, respectivamente. Estas pruebas se realizaron utilizando el software estadístico SPSS versión 25, y los resultados se analizaron en función de los supuestos y las hipótesis planteadas.

Si los datos no satisfacen el supuesto de distribución normal, se empleará la prueba de Kruskal-Wallis como una alternativa. En caso de que la homogeneidad de varianzas no se cumpla, se optará por la prueba T3 de Dunnett en lugar de la prueba post hoc de Tukey.

b) Consideraciones de las pruebas:

- Cada ensayo se someterá a pruebas de hipótesis de manera independiente.
- Se utilizará un nivel de significancia de 0.05 para todas las pruebas estadísticas, y la hipótesis nula se aceptará si el valor de significancia obtenido es mayor que este nivel establecido.
- Se realizarán pruebas de normalidad y, en función de los resultados obtenidos, se decidirá si se aplicará una prueba paramétrica o no paramétrica. Si los datos cumplen con el supuesto de normalidad, se utilizará la prueba de ANOVA de un factor.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

Los aspectos técnicos de la investigación se centran en respetar los derechos de autor de los investigadores cuyas obras se utilizan como base teórica, incluyéndolas como antecedentes y en el marco teórico. Asimismo, se garantiza que no se afecte la realidad natural de los habitantes y animales que se encuentran en el área de estudio. En este sentido, se hace un uso adecuado de la propiedad intelectual.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

El diseño tecnológico de la investigación se basa en el procesamiento de información a partir del reconocimiento del problema con relación a los problemas a la hora de aperturar vías de pavimentación del suelo, ya que muchas veces no cumplen con la capacidad portante, mínima necesaria que sirve para emplear la subrasante, llevando esto a usar método de mejoramiento de suelos.

Una forma de solucionar este problema es utilizando glicerina y polímeros de maíz como aditivos en concentraciones del 3%, 6% y 9% en el suelo no cohesivo a nivel de la subrasante.

El planteamiento y la solución a dichos problemas crea desarrollo lógico según fases acciones los cuales hace más fácil su solución.

- **Planteamiento:** En esta etapa de busca el problema a solucionar, especificar lo que se va a abordar.
- **Diseño:** Esta es la etapa creativa, aquí se plantea imaginativamente la solución al problema encontrado
- **Planificación y gestión:** En esta etapa describiremos las actividades para la concreción del proyecto.

- **Programación y ejecución:** en esta etapa elaboraremos un rol de trabajo, secuencias de tiempos y actividades.
- **Evaluación:** En esta etapa revisaremos todo lo realizado según a lo que se proyectó, para así antes de culminar realizar alguna modificación si es necesario.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Análisis de las propiedades de la glicerina y polímero de maíz

Los materiales empleados como aditivos dentro de la investigación como la glicerina y el polímero de maíz fueron obtenidos por un proceso de compra a ser materiales obtenidos por un proceso industrial.

a) Glicerina



Figura N° 28: Glicerina

Nota: Propia

Tabla 15: Compuestos químicos de la glicerina

Glicerol	99% mín
Cloruros	10 ppm max
Ácidos grasos y ésteres	1 max
Sulfatos	20 ppm máx
Metales	5 ppm máx
Compuestos clorados	30 ppm máx
Aldehídos	5 ppm máx
Compuestos halogenados	35 ppm máx
Índice de refracción a 20°C	1.470-1.475
Azucar	Negativo
Cenizas sulfatadas	0.01% máx.
Agua	0.5% máx.
Residuos de ignición	0.01% máx.

Nota: Ficha técnica

Tabla 16: Propiedades físicas de la glicerina

Apariencia	Líquido siruposo
Color (APHA)	10 máx.
Olor	inodoro
Punto de inflamación	177 °C
Punto de fusión	17°C
Punto de ebullición	290°C
Gravedad específica (a 25/25 °C)	1.249 min
Temperatura de autoignición	393°C

Nota: Ficha técnica

b) Polímero de maíz

Polímero de maíz o fécula de maíz está constituido por una cadena de amilopectina y amilosa esta última es muy importante para llegar a formarse una forma de gel. Este presenta un aspecto de polvo fino, es de color blanco ligeramente amarillento, sabor no desagradable.

Tabla 17: Propiedades del polímero de maíz

Propiedades	Unidades	Mínimo	Máximo
Humedad	%		12.5
PH	PH	5.0	6.5
Impurezas	N/A		5
Proteínas B.S	%		0.40
SO 2	Ppm		50
Aceite (grasa)B.S	%		0.15
Viscosidad	cps	2,000	
Densidad			
Suelto		0.485	
Compacto	g/cm3	0.550	
Malla N° 2000 % pasa	g/cm3	96 MN	

Nota: Ficha técnica

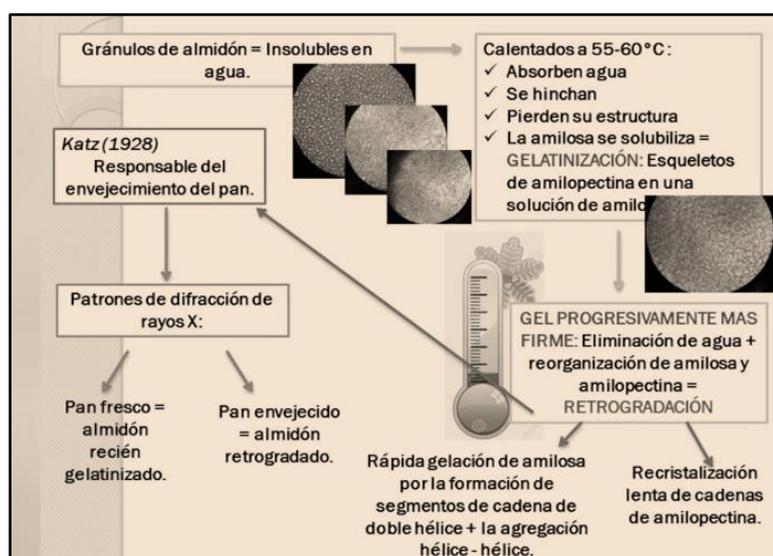


Figura N° 29: Comportamiento químico del polímero de maíz

Nota: Tomado de “Comportamiento de polímero de maíz”, García, (2020)

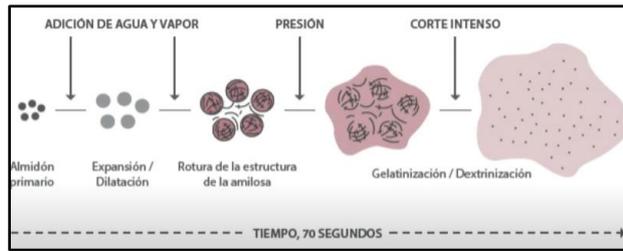


Figura N° 30: Modificación de la estructura del polímero durante el proceso de extracción

Nota: Tomado de “Comportamiento de polímero de maíz”, García, (2020)

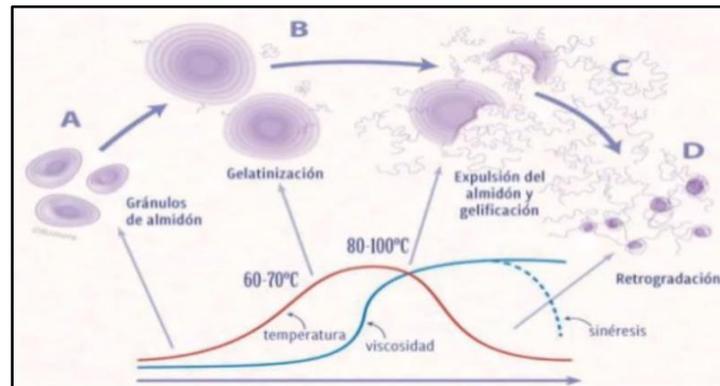


Figura N° 31: Comportamiento químico del polímero de maíz

Nota: Tomado de “Comportamiento de polímero de maíz”, García, (2020)

La fécula de maíz es un material que se emplea principalmente como un elemento estabilizante, aglutinante y gelificador, que a la vez se convierte en un gel progresivamente más firme mediante un proceso de eliminación de agua + reorganización de amilosa y amilopectina logrando así una retrogradación.

Tanto como la glicerina como el polímero de maíz se comporta como un elemento aglutinante y estabilizante con el contacto de humedad, logrando estabilizarlas partículas del suelo.

5.2.2. Características de los suelos no cohesivos

a. Clasificación de los suelos no cohesivos

Se realizó la clasificación de suelos para comprender las propiedades geotécnicas de los suelos no cohesivos. Esto implicó una serie de ensayos de laboratorio que abarcaron el contenido de humedad, el análisis granulométrico y la determinación de los límites de consistencia. Además, se aplicaron las clasificaciones SUCS y AASHTO, cuyos resultados se presentan detalladamente en la tabla 18 que sigue.

Tabla 18: Clasificación de las características de los suelos.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	MUESTRA-1	MUESTRA-2	MUESTRA-3
Grava	13.78%	12.93%	12.96%
Arena	69.90%	70.62%	70.45%
Fino	16.31%	16.45%	16.57%
SUCS	SM (arena limosa)	SM (arena limosa)	SM (arena limosa)
AASHTO	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)

Nota: Propia

Como se observa en la tabla, la muestra extraída muestra un menor porcentaje de finos en las diferentes muestras, con resultados de 16.31% (M1), 16.45% (M2) y 16.57% (M3). Según la clasificación SUCS, se clasifica como arena limosa, mientras que según AASHTO se clasifica como A-1-b (0). Para visualizar la gradación de las muestras, se presenta a continuación la curva granulométrica.

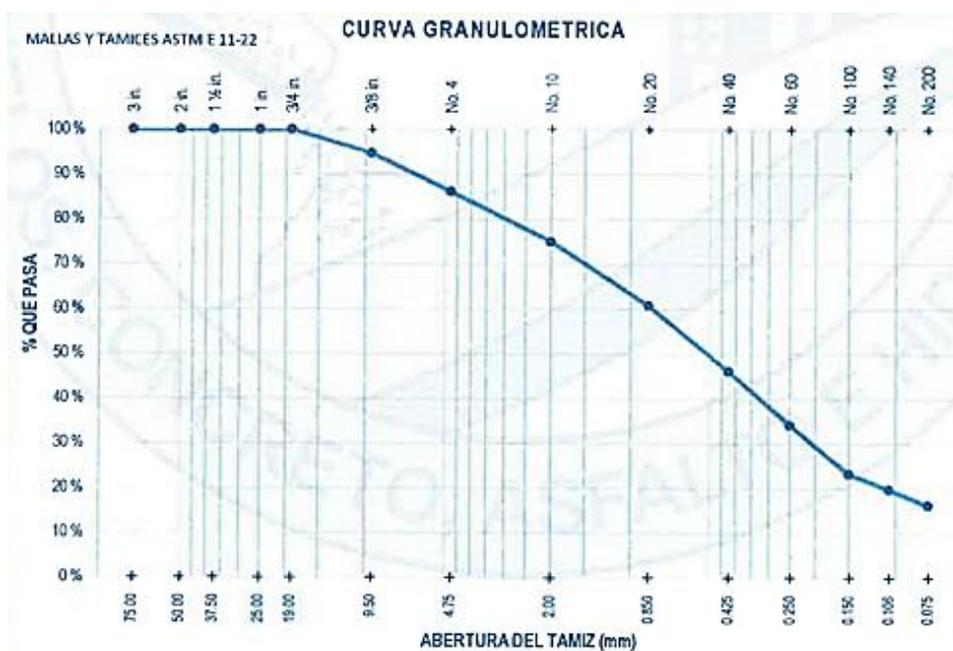


Figura N° 32: Gráfica de distribución de tamaños de partículas de la muestra estándar.

Nota: Propia.

5.2.3. Características de la glicerina

Para las características de la glicerina, se tuvo en cuenta la ficha de información técnica de Acofarma.

Tabla 19: Características de la glicerina.

Características de la Glicerina	
Denominación	Glicerol, alcohol glicérico, propano – 1,2,3 – triol, E -422
Formula molecular	C ₃ H ₈ O ₃
Peso molecular	92.09
Densidad	1.256 – 1.264 g/ml
Índice de refracción	1.4700 – 1.4750

Nota: Propia

En la tabla 19, se indica las características físico - químicas de la glicerina.

5.2.4. Análisis de la máxima densidad seca de suelos no cohesivos con la incorporación de glicerina y polímeros de maíz.

Se realizó un estudio sobre cómo varía la máxima densidad seca de muestras de suelos no cohesivos mediante el ensayo de Proctor Modificado, utilizando una energía de compactación ajustada. Luego, se contrastaron los resultados de las muestras estándar con las muestras experimentales que incluían adiciones del 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

A. Para muestras de un suelo natural

Tabla 20: MDS de muestras de suelo natural.

Mezclas	Máxima densidad seca (g/cm³)
Muestra-01	2.036
Muestra-02	2.028
Muestra-03	2.022

Nota: Propia

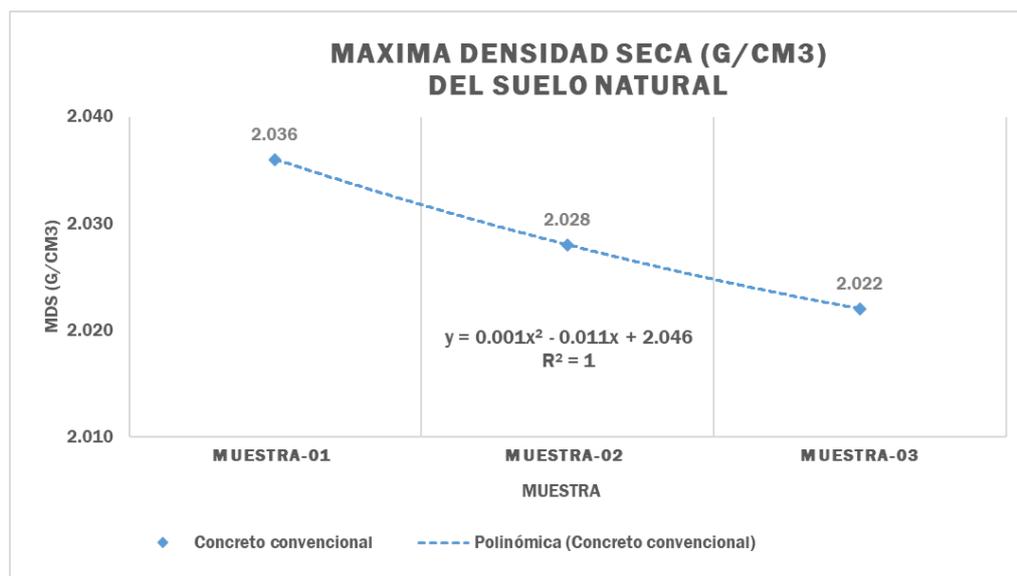


Figura N° 33: Densidad máxima del suelo en estado seco natural.
Nota: Propia

La tabla 20 y la figura 33 muestran la variación de la densidad en las tres muestras analizadas. La primera muestra registró una densidad máxima seca de 2.036 g/cm³, seguida de una disminución a 2.028 g/cm³ para la segunda muestra, y finalmente, la tercera muestra alcanzó 2.022 g/cm³. Se aplicó el método de regresión simple a los datos de la figura, lo que resultó en una ecuación de $y=0.001x^2-0.011x+2.046$, con un coeficiente de correlación de 1.00.

Tabla 21: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Máxima densidad seca (g/cm ³)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

B. Para muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 22: Máxima densidad seca de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Máxima densidad seca (g/cm ³)
Muestra-01	2.096
Muestra-02	2.138
Muestra-03	2.132

Nota: Propia

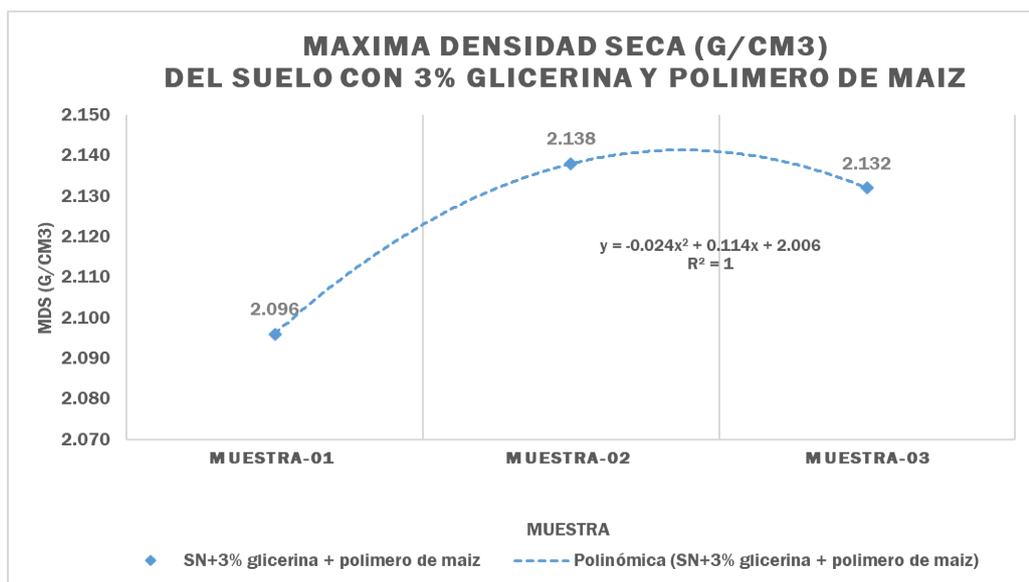


Figura N° 34: Máxima densidad seca del suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.
Nota: Propia.

La tabla 22 y la figura 34 los datos ilustran las variaciones de densidad en las tres muestras tras la adición del 3% de glicerina y polímeros de maíz. La muestra N° 01 logró una densidad máxima en estado seco de 2.096 g/cm³, mientras que la muestra N° 02 aumentó a 2.138 g/cm³, y la muestra N° 03 disminuyó a 2.132 g/cm³. Para modelar estos cambios, se aplicó el método de regresión simple, obteniendo la ecuación $y = -0.024x^2 + 0.114x + 2.006$, con un grado de correlación de 1.00.

Tabla 23: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Máxima densidad seca (g/cm ³)	R ² = 1.00	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que R=1.00, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

C. Para muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 24: MDS de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Máxima densidad seca (g/cm ³)
Muestra-01	2.056
Muestra-02	2.071
Muestra-03	2.039

Nota: Propia

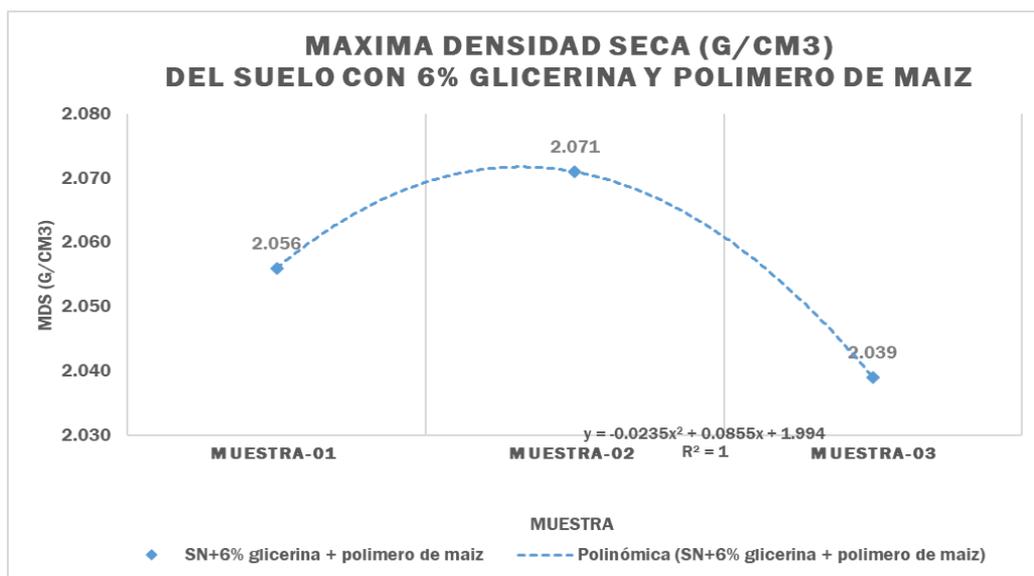


Figura N° 35: Máxima densidad seca del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.
Nota: Propia

La tabla 24 y la figura 35, los datos ilustran cómo cambia la densidad en las tres muestras con la adición del 6% de glicerina y polímeros de maíz. La muestra N° 01 alcanzó una densidad máxima en estado seco de 2.056 g/cm³, mientras que la muestra N° 02 aumentó a 2.071 g/cm³, y la muestra N° 03 disminuyó a 2.039 g/cm³. Se empleó el método de regresión simple en la figura para obtener una ecuación de $y = -0.0235x^2 + 0.0855x + 1.994$, con un grado de correlación de 1.00.

Tabla 25: Coeficiente de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Máxima densidad seca (g/cm ³)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

D. Para muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 26: Densidad máxima en estado seco de las muestras de suelo natural con una adición del 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Máxima densidad seca (g/cm ³)
Muestra-01	2.006
Muestra-02	2.027
Muestra-03	2.013

Nota: Propia

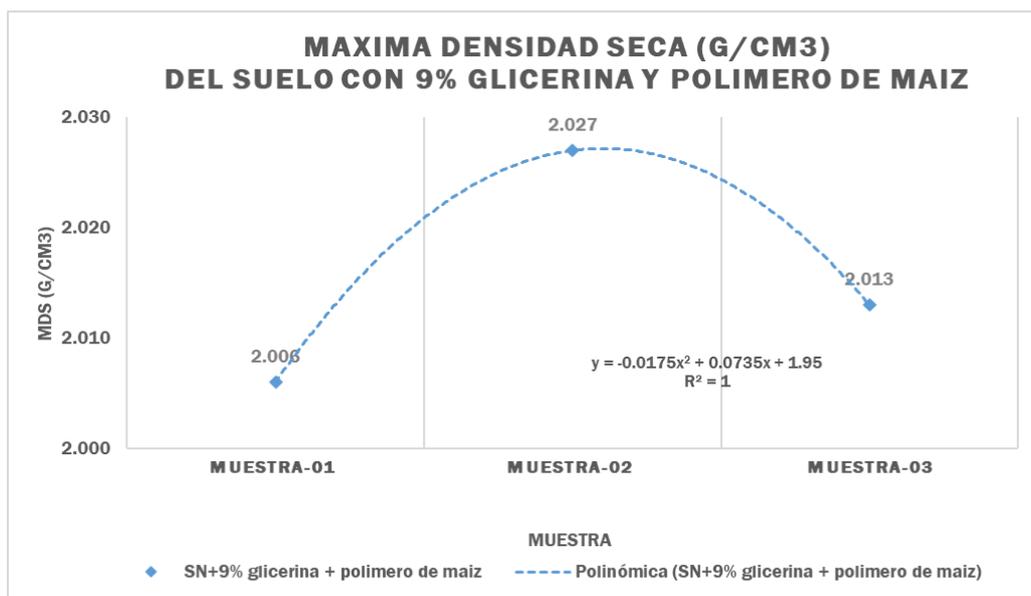


Figura N° 36: MDS del suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia.

La tabla 26 y figura 36, los datos muestran cómo varía la densidad en las tres muestras con la adición del 6% de glicerina y polímeros de maíz. La muestra N° 01 registró una densidad máxima en estado seco de 2.006 g/cm³, la muestra N° 02 aumentó a 2.027 g/cm³ y, finalmente, la muestra N° 03 disminuyó a 2.013 g/cm³. Se utilizó el método de regresión simple en la figura para obtener una ecuación de $y = -0.0175x^2 + 0.0735x + 1.95$, con un grado de correlación de 1.00.

Tabla 27: Coeficiente de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Máxima densidad seca (g/cm ³)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

E. Resumen de resultados de máxima densidad seca muestras de suelo natural con adición de 0%, 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Tabla 28: Resumen de MDS de los suelos

Suelo	Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Máxima densidad seca (g/cm ³)	% De variación
Suelo natural (SN)	2.036	2.028	2.022	2.03	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	2.096	2.138	2.132	2.12	4.60%
SN+6% glicerina + polímero de maíz	2.056	2.071	2.039	2.06	1.31%
SN+9% glicerina + polímero de maíz	2.006	2.027	2.013	2.02	-0.66%

Nota: Propia

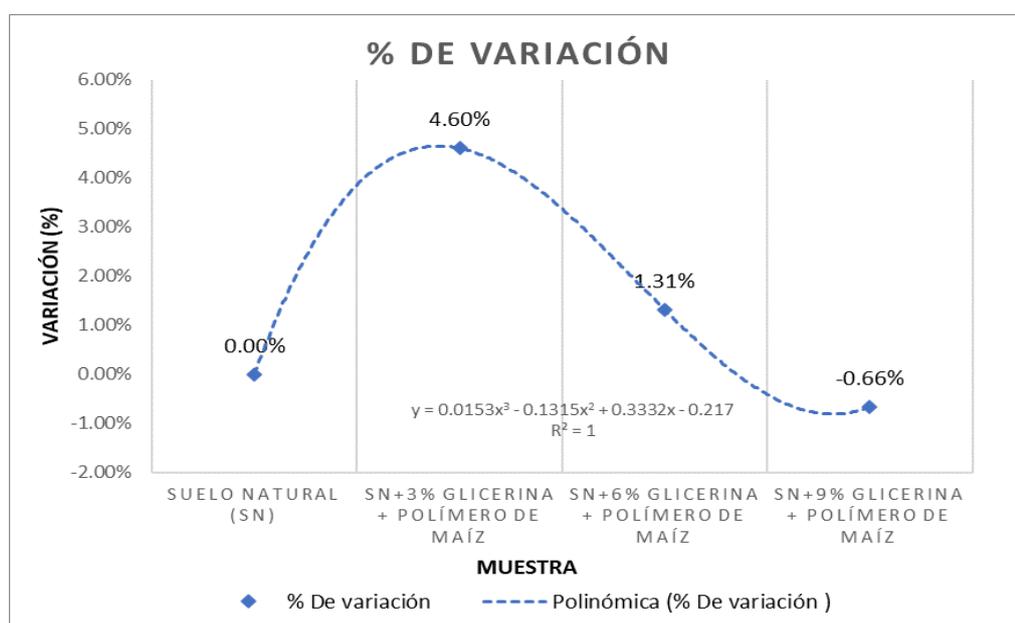


Figura N° 37: Variación porcentual de máxima densidad seca

Nota: Propia

Los resultados de la MDS de las muestras de la subrasante compuestas por suelos no cohesivos se presentan en la tabla 28 y la figura 37. Según el análisis, se observan resultados favorables, donde se obtiene una densidad seca de 2.03 g/cm² en una condición de contenido de humedad específico. Al agregar glicerina y polímeros de maíz al 3%, se registra un aumento del 4.60% en la densidad seca. Con una adición del 6% de glicerina y polímeros de maíz, la densidad seca aumenta en un 1.31%. Asimismo, al incorporar glicerina y polímeros de maíz al 9%, se observa una reducción del 0.66% en la densidad seca, en relación con el contenido de humedad.

Concluyendo, se sostiene que la incorporación del 9% de glicerina junto con polímeros de maíz arroja resultados favorables y significativos en la compactación del suelo. Esta adición promueve una mejor impermeabilización,

reducción de vacíos y, por consiguiente, mejora la resistencia en suelos no cohesivos.

5.2.5. Evaluación del contenido óptimo de humedad en suelos no cohesivos mediante la adición de glicerina y polímeros de maíz.

Para investigar la influencia de la glicerina y los polímeros de maíz en el contenido óptimo de humedad de las muestras de suelo no cohesivo, se realizó el ensayo de Proctor Modificado con una energía de compactación modificada. Luego, se contrastaron los resultados de las muestras convencionales con las experimentales, que contenían niveles de adición del 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

A. Para muestras de un suelo natural

Tabla 29: OCH de muestras de suelo natural.

Mezclas	Optimo contenido de humedad (%)
Muestra-01	7.12
Muestra-02	7.07
Muestra-03	7.08

Nota: Propia

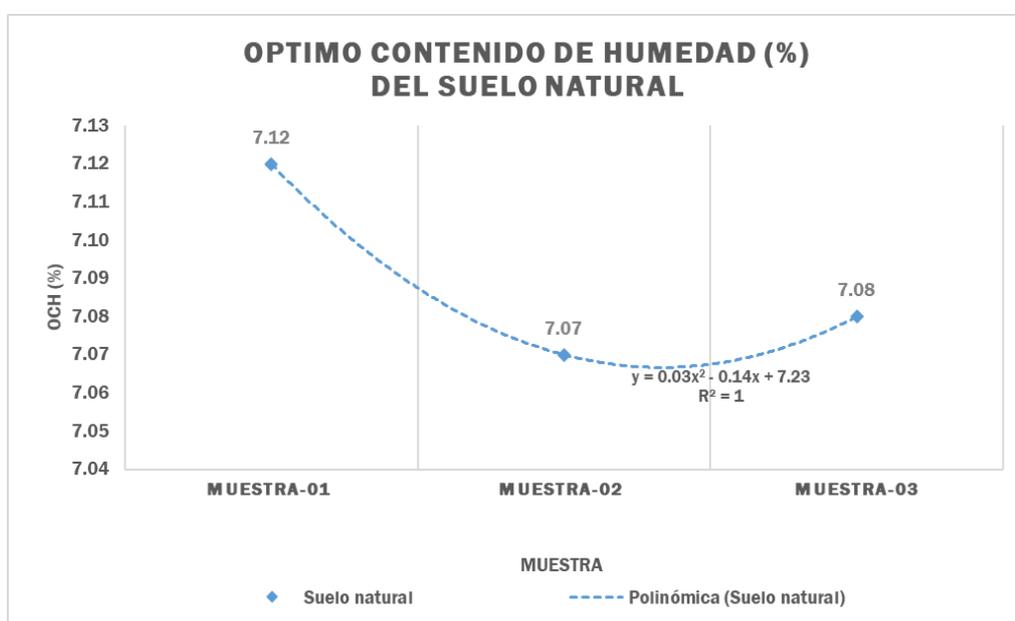


Figura N° 38: Optimo contenido de humedad de suelo natural.

Nota: Propia

La tabla 29 y la figura 38, las cifras ilustran la variación en el contenido óptimo de humedad en cada una de las muestras. La muestra N° 01 exhibe un contenido óptimo de humedad del 7.12%, mientras que en la muestra N° 02 este

valor disminuye a 7.07%, y finalmente, en la muestra N° 03 aumenta a 7.08%. Se aplicó el método de regresión simple en el gráfico, obteniendo una ecuación de $y=0.03x^2+0.14x+7.23$, con un grado de correlación de 1.00.

Tabla 30: Coeficiente de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Optimo contenido de humedad (%)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

B. Para las muestras de suelo natural con una adición del 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Tabla 31: OCH del suelo natural con una adición del 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Optimo contenido de humedad (%)
Muestra-01	6.53
Muestra-02	6.43
Muestra-03	6.38

Nota: Propia

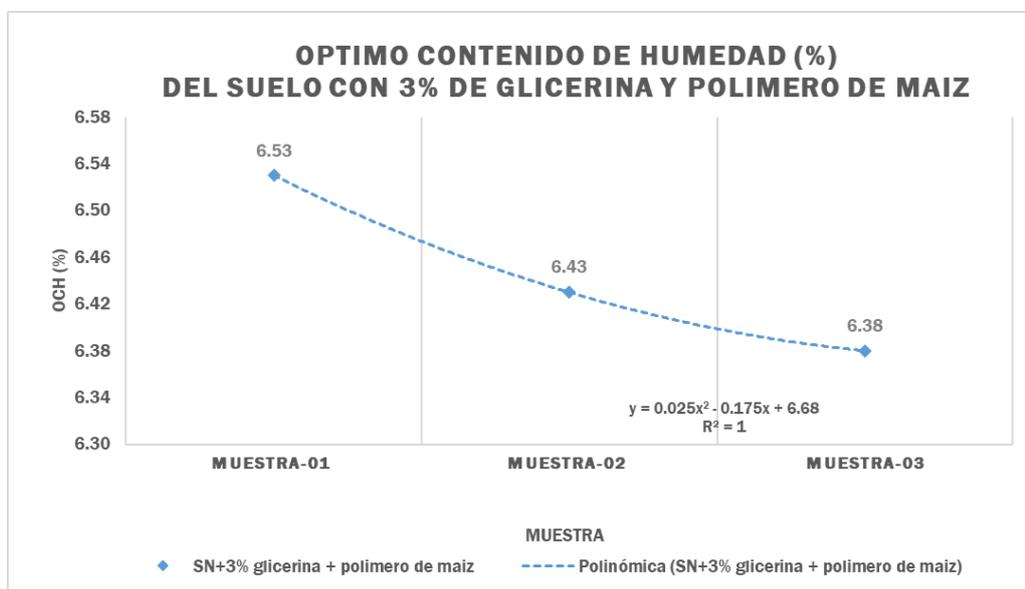


Figura N° 39: OCH del suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 31 y la figura 39, las gráficas ilustran las variaciones en el contenido óptimo de humedad en cada una de las muestras. En la muestra número 01, el contenido óptimo de humedad es del 6.53%, mientras que en la muestra

número 02 se reduce a 6.43%. Finalmente, en la muestra número 03, el contenido óptimo de humedad es del 6.38%. Se aplicó el método de regresión simple en la figura, obteniendo una ecuación de $y=0.025x^2 - 0.175x + 6.68$, con un grado de correlación de 1.00.

Tabla 32: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Optimo contenido de humedad (%)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

C. Para muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 33: OCH del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Optimo contenido de humedad (%)
Muestra-01	9.14
Muestra-02	9.10
Muestra-03	9.18

Nota: Propia

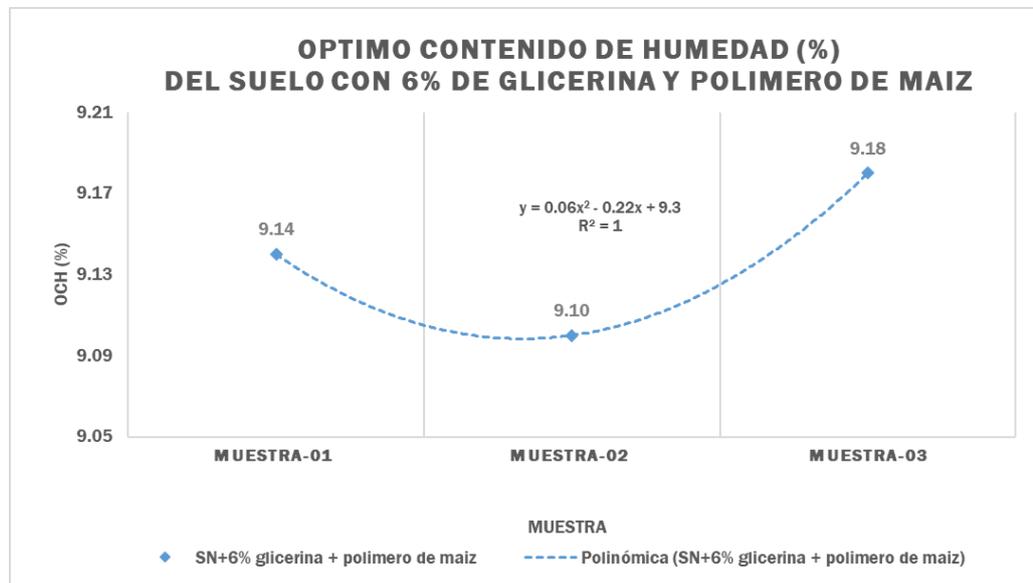


Figura N° 40: OCH del suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 33 y la figura 40 muestran cómo varía el contenido óptimo de humedad en cada una de las muestras. En la muestra número 01, el OCH es de 9.14%, mientras que en la muestra número 02 se reduce a 9.10%. Por último, en

la muestra número 03, el contenido óptimo de humedad aumenta a 9.18%. Se identifico una ecuación de $y=0.06x^2 - 0.22x + 9.3$.

Tabla 34: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Optimo contenido de humedad (%)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

D. Para muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 35: OCH de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	Optimo contenido de humedad (%)
Muestra-01	8.72
Muestra-02	8.21
Muestra-03	8.91

Nota: Propia

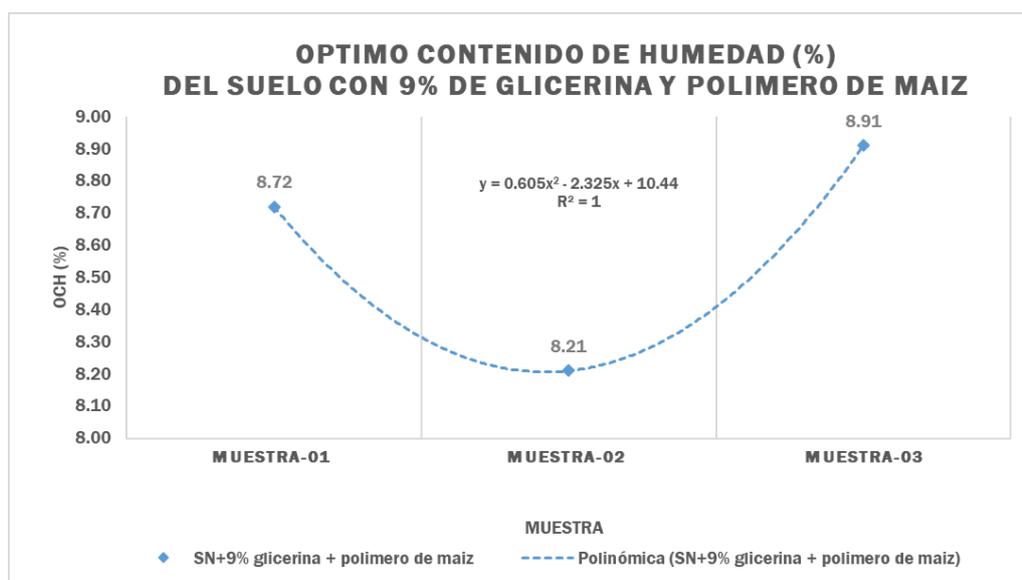


Figura N° 41: OCH en suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 35 y la figura 41 presentan la variación en el contenido óptimo de humedad para cada muestra. La muestra N° 01 exhibe un contenido óptimo de humedad de 8.72%, mientras que la N° 02 disminuye a 8.21%, y la N° 03 aumenta a 8.91%. Se aplicó la regresión simple en la figura, generando una ecuación de $y=0.605x^2 + 2.325x + 10.44$.

Tabla 36: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelo natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímeros de maíz)	Optimo contenido de humedad (%)	$R^2 = 1.00$	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que $R=1.00$, lo cual determina que existe un <i>ALTO GRADO DE CORRELACION</i> entre las variables analizadas.

Nota: Propia.

E. Resumen de los resultados del contenido óptimo de humedad en muestras de suelo natural con la inclusión de 0%, 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Tabla 37: Resumen de OCH de los suelos

Mezcla	Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Optimo contenido de humedad (%)	% De variación
Suelo natural (SN)	7.12	7.07	7.08	7.09	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	6.53	6.43	6.38	6.45	-9.07%
SN+6% glicerina + polímero de maíz	9.14	9.10	9.18	9.14	28.91%
SN+9% glicerina + polímero de maíz	8.72	8.21	8.91	8.61	21.49%

Nota: Propia

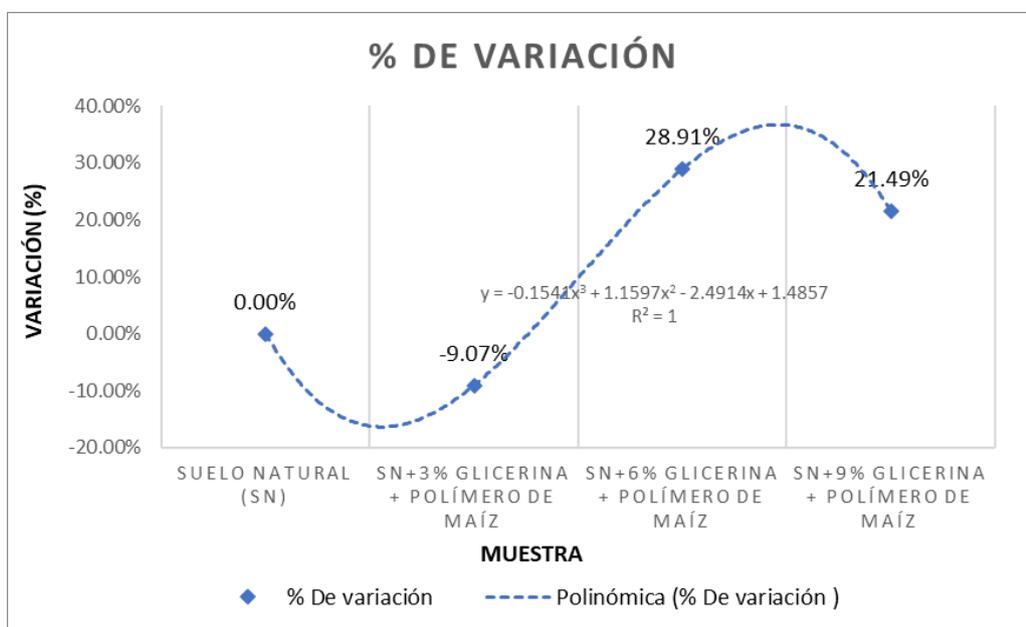


Figura N° 42: Variación en porcentaje del contenido óptimo de humedad.

Nota: Propia.

En la tabla 37 y figura 42, se observan los resultados del optimo contenido de humedad de las muestras de la subrasante compuesto por suelos no cohesivos, en base al análisis se obtuvieron resultados propicios pues en una MC se obtuvo

7.09 %, al adicionar glicerina + polímeros de maíz al 3% su OCH varia negativamente un 9.07 %, al adicionar glicerina + polímeros de maíz al 6% su OCH aumenta a 28.91%, de la misma forma al adicionar glicerina + polímeros de maíz al 9% Su OCH reduce un 23.49% en basa a MC.

5.2.6. Cambios en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos al añadir glicerina y polímeros de maíz

Para evaluar el efecto de la adición de glicerina y polímeros de maíz en la resistencia del suelo no cohesivo de la subrasante, se llevó a cabo un análisis utilizando ensayos de CBR (índice de soporte de California), donde los resultados revelaron que para la muestra convencional con un 95% de la máxima densidad seca (MDS), la resistencia fue del 3.10%, mientras que para el 100% de MDS, la resistencia fue del 6.10%. Estos valores sitúan la clasificación de la subrasante como insuficiente. A continuación, se evaluó la resistencia de la subrasante del suelo no cohesivo con adiciones del 3%, 6% y 9% de glicerina y polímero de maíz.

5.2.6.1. Cambios en el índice de resistencia CBR al 95% de suelos no cohesivos al agregar glicerina y polímeros de maíz.

A. Para muestras de un suelo natural

Tabla 38: CBR al 95% de muestras de suelo natural.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	4.50
Muestra-02	4.30
Muestra-03	4.10

Nota: Propia

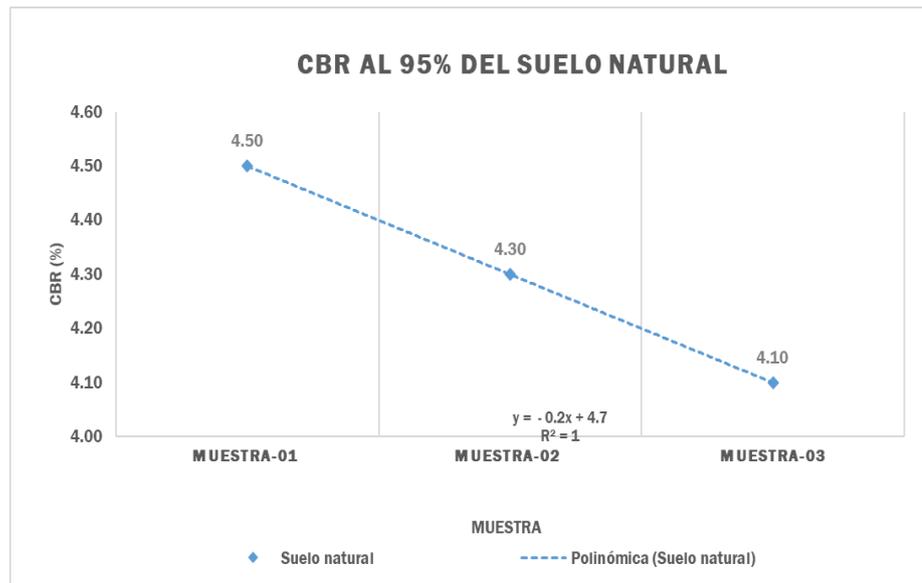


Figura N° 43: CBR al 95% de muestras de suelo natural.

Nota: Propia

La tabla 38 y figura 43, muestran la alteración del del CBR al 95% de cada muestra, la N° 01 con un CBR de 4.5%, la N° 02 se redujo hasta 4.30% y por último, la N° 03 disminuyó hasta 4.10%. Obteniendo una ecuación de $y = -0.2x + 4.7$ obteniendo un grado de correlación de 1.00.

Tabla 39: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 95% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

B. Para muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 40: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	15.20
Muestra-02	15.60
Muestra-03	14.30

Nota: Propia

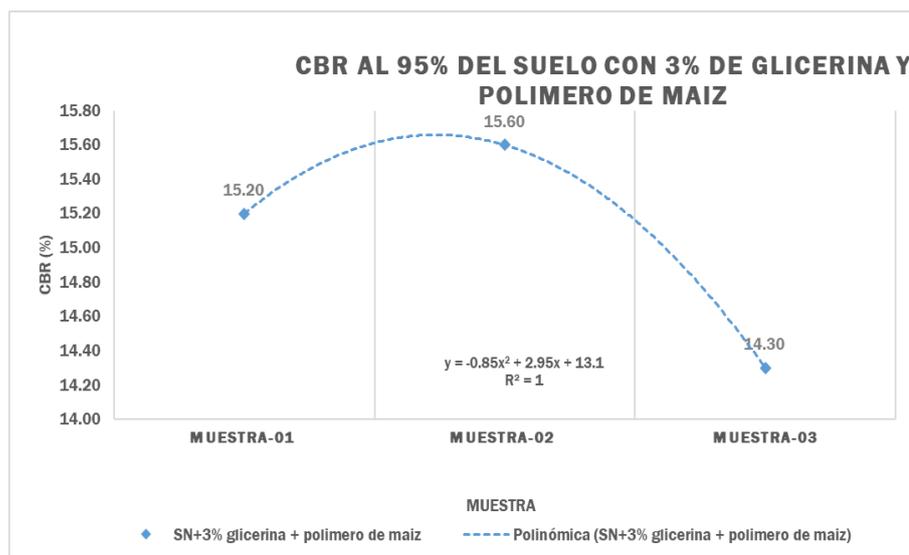


Figura N° 44: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 40 y figura 44, muestran la alteración del del CBR al 95% de cada muestra, la N° 01 con un CBR de 15.20%, la N° 02 aumentó hasta 15.60% y por último, la N° 03 disminuyó hasta 14.30%. Se obtuvo la ecuación de $y = -0.85x^2 + 2.95x + 13.1$.

Tabla 41: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 95% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

C. Para muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 42: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	13.70
Muestra-02	13.00
Muestra-03	13.70

Nota: Propia

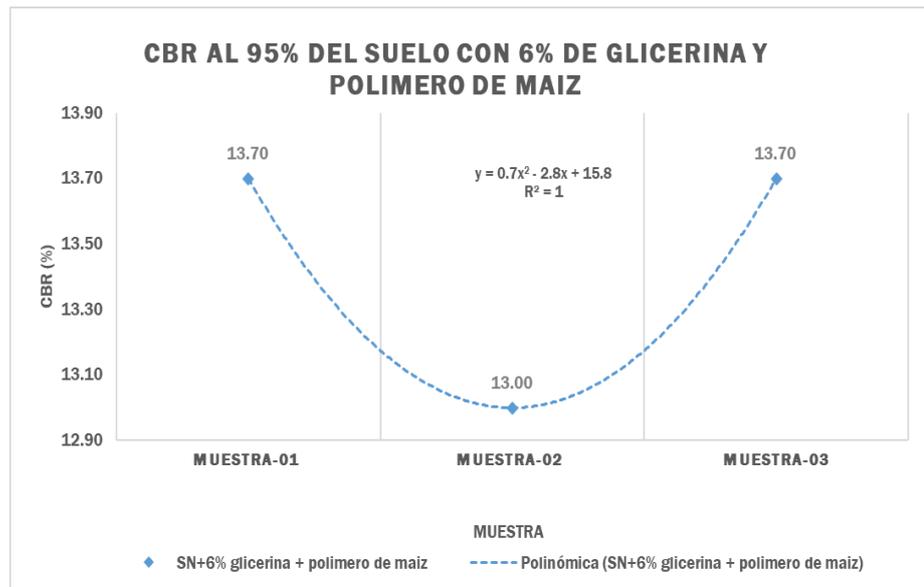


Figura N° 45: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 42 y figura 45, muestran la alteración del del CBR al 95% de cada muestra, la N° 01 con un CBR de 13.70%, la N° 02 se redujo hasta 13.00% y por último, la N° 03 ascendió de nuevo hasta 13.70%. Se identificó la ecuación de $y = 0.7x^2 - 2.8x + 15.8$.

Tabla 43: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 95% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

D. Para muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 44: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	13.30
Muestra-02	12.10
Muestra-03	12.50

Nota: Propia

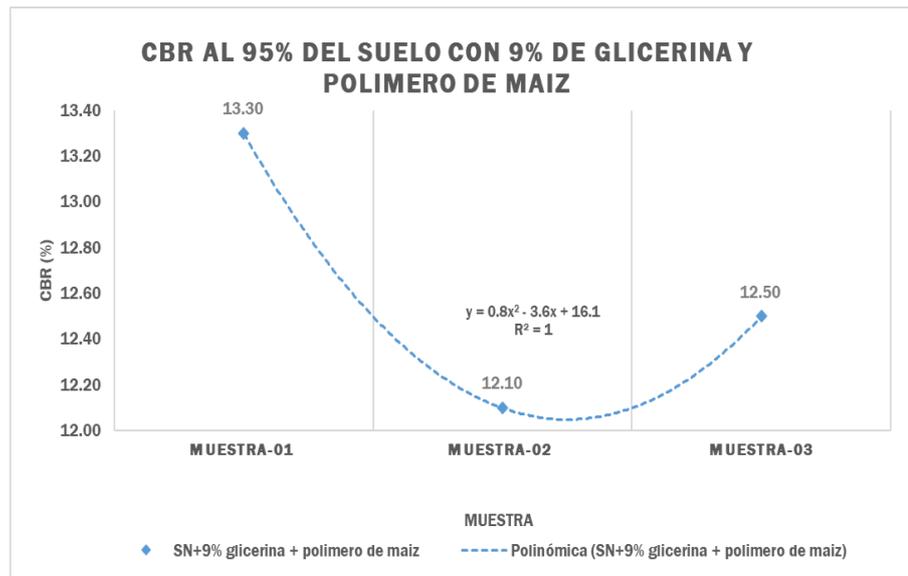


Figura N° 46: CBR al 95% de muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 44 y figura 46, muestran la alteración del del CBR al 95% de cada muestra, la N° 01 con un CBR de 13.30%, la N° 02 se redujo hasta 12.10% y por último, la N° 03 ascendió de nuevo hasta 12.50%. Obtuvo la ecuación de $y = 0.8x^2 - 3.6x + 16.1$ obteniendo un grado de correlación de 1.00.

Tabla 45: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 95% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

E. Resumen de los resultados del CBR al 95% en las muestras de suelo natural con la inclusión de 0%, 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Tabla 46: Resultados de CBR al 95% de los suelos no cohesivos

MUESTRA DE SUELO	Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	CBR al 95%	% de variación CBR al 95%
Suelo natural (SN)	4.50	4.30	4.10	4.30	0.00%
SN + 3% glicerina + polímero de maíz	15.20	15.60	14.30	15.03	249.61%
SN + 6% glicerina + polímero de maíz	13.70	13.00	13.70	13.47	213.18%
SN + 9% glicerina + polímero de maíz	13.30	12.10	12.50	12.63	193.80%

Nota: Propia

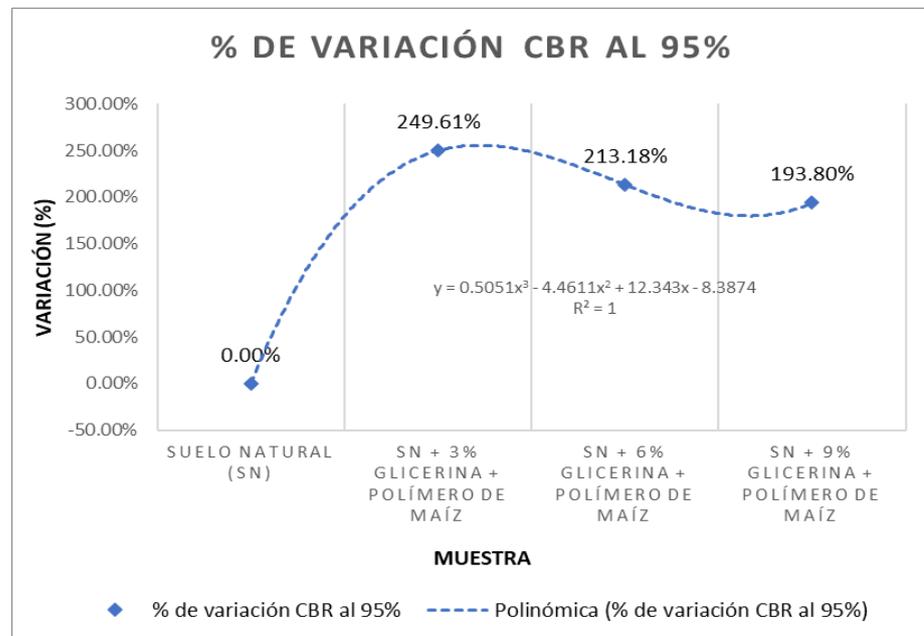


Figura N° 47: Variación porcentual del CBR al 95%.

Nota: Propia

En la tabla 46 y figura 47, se aprecia que en la prueba del CBR al 95% de un SN o muestra convencional fue de 4.30%, del 3% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 249.61%, el 6% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 213.18%, el 9% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 193.80% con respecto a la muestra convencional.

5.2.6.2. Variación de CBR a 100% de suelos no cohesivos con la incorporación de glicerina y polímeros de maíz.

A. Para muestras de un suelo natural

Tabla 47: CBR al 100% de muestras de suelo

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	6.40
Muestra-02	6.10
Muestra-03	5.90

Nota: Propia

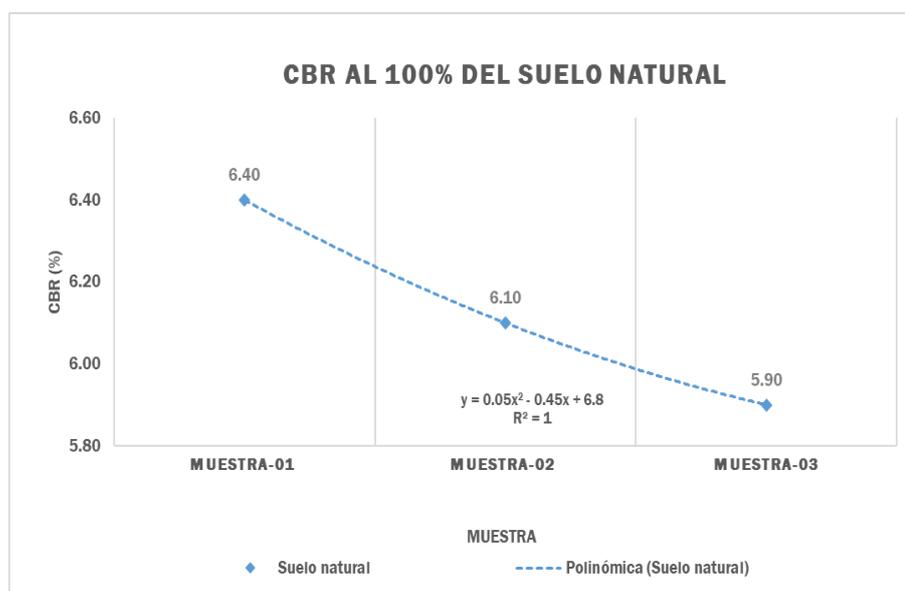


Figura N° 48: CBR al 100% de muestras de suelo

Nota: Propia

La tabla 47 y figura 48, muestran la alteración del del CBR al 100% de cada muestra, la N° 01 con un CBR de 6.40%, la N° 02 se redujo hasta 6.10% y por último, la N° 03 disminuyó hasta 5.90%. Se obtuvo la ecuación de $y = 0.06x^2 - 0.45x + 6.8$ obteniendo un grado de correlación de 1.00.

Tabla 48: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 100% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

B. Para muestras de suelo natural con 3% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 49: CBR al 100% de muestras de suelo con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	17.50
Muestra-02	17.90
Muestra-03	17.50

Nota: Propia

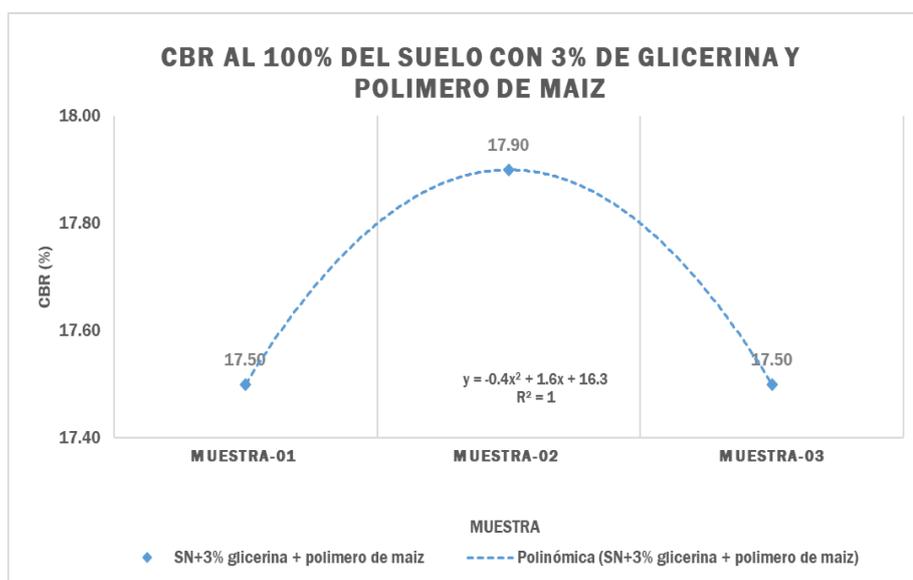


Figura N° 49: CBR al 100% de muestras de suelo con 3% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla y el gráfico 49 presentan la modificación del CBR al 100% de cada muestra. La muestra N° 01 registró un CBR del 17.50%, mientras que la muestra N° 02 aumentó a 17.90%, y la muestra N° 03 volvió a disminuir a 17.50%. Se obtuvo la ecuación de $y = -0.4x^2 + 1.6x + 16.3$.

Tabla 50: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 100% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

C. Para muestras de suelo natural con 6% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 51: (CBR) de muestras de suelo con 6% de glicerina y polímeros de maíz, calculado al 100%.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	20.20
Muestra-02	20.30
Muestra-03	20.10

Nota: Propia

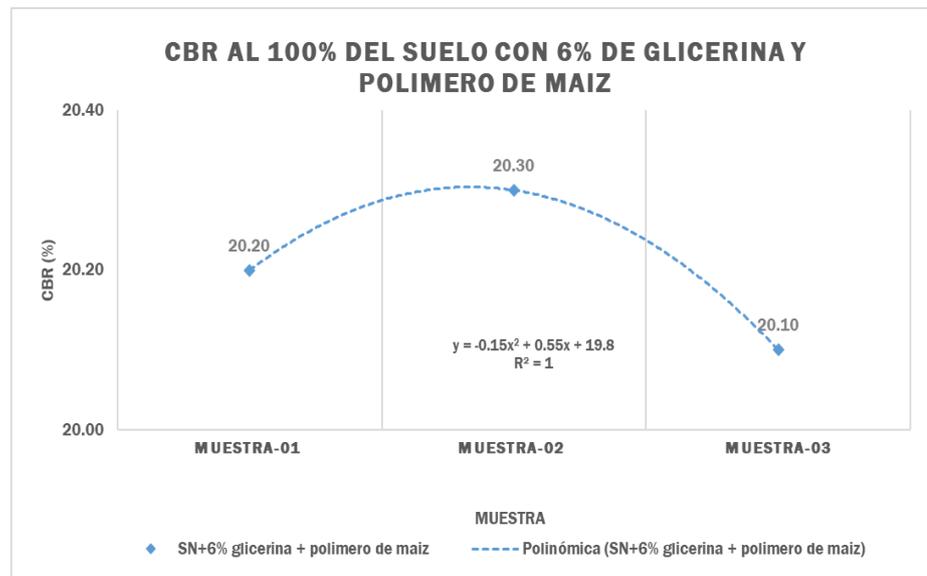


Figura N° 50: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 6% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 51 y la figura 50 exhiben la variación en el Índice de capacidad portante (CBR) al 100% para cada muestra. En la muestra N° 01, el CBR se sitúa en 20.20%, mientras que en la muestra N° 02 asciende ligeramente a 20.30%, y en la muestra N° 03 desciende levemente a 20.10%. Se identificó la ecuación de $y = -0.15x^2 + 0.55x + 19.8$.

Tabla 52: Intervalo de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 100% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

D. Para muestras de suelo natural con 9% de glicerina y polímeros de maíz

Tabla 53: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Mezclas	CBR (%)
Muestra-01	15.50
Muestra-02	14.40
Muestra-03	14.20

Nota: Propia

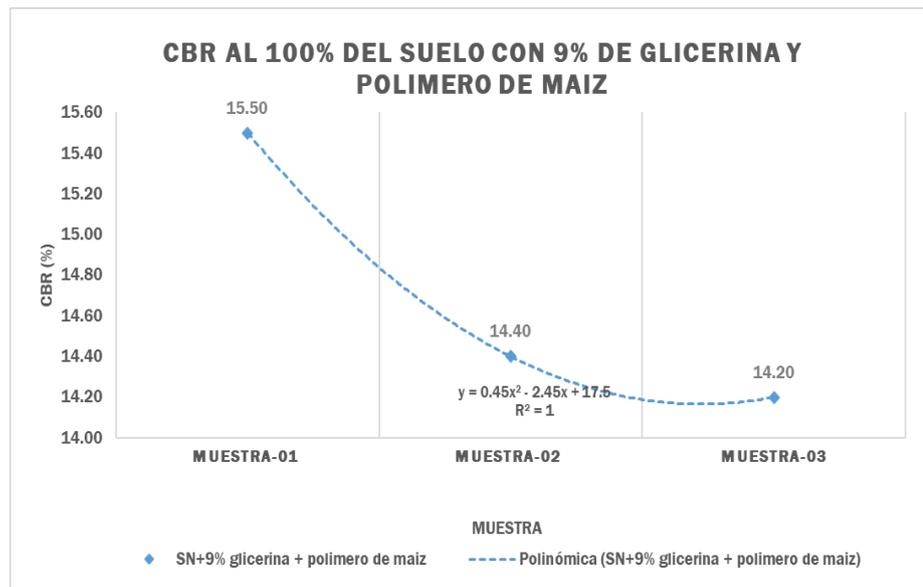


Figura N° 51: CBR al 100% de muestras de suelo convencional con 9% de glicerina y polímeros de maíz.

Nota: Propia

La tabla 53 y la figura 51 presentan la variación del CBR al 100% de cada muestra, donde la muestra N° 01 muestra un CBR de 15.50%, la muestra N° 02 disminuyó a 14.40%, y la muestra N° 03 descendió a 14.20%. Se identificó la ecuación de $y=0.45x^2 - 2.45x + 17.5$.

Tabla 54: Grado de correlación.

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
Suelos natural con (0%, SN+3%, 6% y 9% glicerina + polímero de maíz)	CBR al 100% (%)	$R^2 = 1.00$	El nivel de correlación identificado en el gráfico supera $R=1.00$, lo que indica una FUERTE CORRELACIÓN entre las variables examinadas.

Nota: Propia.

E. Resumen de los resultados del CBR al 100% en las muestras de suelo natural con diferentes adiciones de glicerina y polímeros de maíz (0%, 3%, 6% y 9%).

Tabla 55: Resultados de CBR al 100% de los suelos no cohesivos

MUESTRA DE SUELO	Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	CBR al 100%	% de variación CBR al 100%
Suelo natural (SN)	6.40	6.10	5.90	6.13	0.00%
SN + 3% glicerina + polímero de maíz	17.50	17.90	17.50	17.63	187.50%
SN + 6% glicerina + polímero de maíz	20.20	20.30	20.10	20.20	229.35%
SN + 9% glicerina + polímero de maíz	15.50	14.40	14.20	14.70	139.67%

Nota: Propia

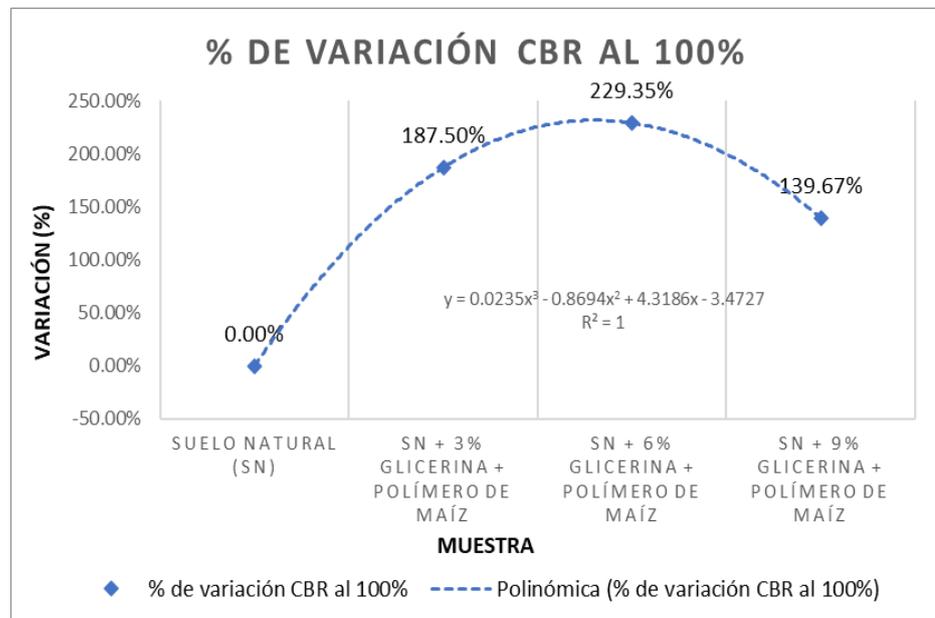


Figura N° 52: Variación porcentual del CBR al 100%.

Nota: Propia

En la tabla 55 y figura 52, se aprecia que en la prueba del CBR al 100% de un SN o muestra convencional fue de 6.13%, del 3% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 187.5%, el 6% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 229.35%, el 9% de glicerina + polímero de maíz mejoró la resistencia del suelo no cohesivo hasta 139.67% con respecto a la muestra convencional.

5.3. Contrastación de hipótesis

5.3.1. Hipótesis específico 1 (Densidad seca y contenido de humedad)

La incorporación de glicerina y polímeros de maíz aumenta la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

Se llevaron a cabo pruebas de densidad seca y contenido óptimo de humedad del suelo con la adición de 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz como parte del proceso de comprobación de hipótesis.

(Ho): La incorporación de glicerina y polímeros de maíz NO aumenta la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante

(Ha): La incorporación de glicerina y polímeros de maíz aumenta la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante

Prueba de Normalidad para datos de MDS y OCH

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Secuencia normal de datos

Ha: Secuencia no es normal de datos

Pruebas de normalidad							
	Glicerina + polimero de maiz	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Maxima densidad seca	Suelo normal	,204	3	.	,993	3	,843
	SN + 3% glicerina + polimero de maiz	,337	3	.	,855	3	,253
	SN + 6% glicerina + polimero de maiz	,183	3	.	,999	3	,931
	SN + 9% glicerina + polimero de maiz	,253	3	.	,964	3	,637
Optimo contenido de humedad	Suelo normal	,314	3	.	,893	3	,363
	SN + 3% glicerina + polimero de maiz	,253	3	.	,964	3	,637
	SN + 6% glicerina + polimero de maiz	,175	3	.	1,000	3	1,000
	SN + 9% glicerina + polimero de maiz	,283	3	.	,935	3	,507

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 53: Resultado de la prueba de normalidad del OCH y MDS

Nota: IBM SPSS statistics.

En la figura 53, Los resultados obtenidos del test de normalidad de Shapiro-Wilk indican que los valores de significancia son mayores a 0.05. Por lo tanto, se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, sugiriendo

que los datos siguen una distribución normal con un nivel de confianza del 95%. Tras confirmar la normalidad de los datos, se procede a realizar la prueba de homogeneidad de varianzas.

Prueba de homogeneidad de varianzas del contenido de humedad y densidad seca:

Formulación de la hipótesis:

(Ho): No hay diferencias entre las varianzas de datos

(Ha): Hay diferencias entre las varianzas de datos

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Maxima densidad seca	Se basa en la media	1,889	3	8	,210
	Se basa en la mediana	,385	3	8	,767
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,385	3	3,706	,771
	Se basa en la media recortada	1,727	3	8	,238
Optimo contenido de humedad	Se basa en la media	6,891	3	8	,013
	Se basa en la mediana	1,789	3	8	,227
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,789	3	2,211	,364
	Se basa en la media recortada	6,343	3	8	,016

Figura N° 54: Resumen de prueba de hipótesis de datos de máxima densidad seca
Nota: IBM SPSS statistics.

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, mostrados en la figura 54, revelan que no todos los valores de significancia asociados a las medias son mayores a 0.05. Esto conduce a rechazar la hipótesis nula, lo que implica, con un nivel de significancia del 5%, que hay una diferencia significativa de varianzas entre la muestra convencional y los materiales con adición de glicerina y polímeros de maíz.

Después de llevar a cabo las pruebas de normalidad y homogeneidad, se avanza hacia la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Prueba no paramétrica Kruskal Wallis de la densidad seca y contenido húmedo:

- P-Valor $\leq \alpha$ se rechaza Ho, se acepta Ha
- P-Valor $> \alpha$ no se rechaza Ho, se acepta Ho

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Maxima densidad seca	Entre grupos	,020	3	,007	28,870	<.001
	Dentro de grupos	,002	8	,000		
	Total	,022	11			
Optimo contenido de humedad	Entre grupos	14,372	3	4,791	137,697	<.001
	Dentro de grupos	,278	8	,035		
	Total	14,650	11			

Figura N° 55: Resultados de la prueba de Anova de la MDS y OCH
Nota: IBM SPSS statistics

De acuerdo con el análisis realizado, se nota un valor de <0.001 , Lo que se interpreta como 0.000 el cual está por debajo del 5%. Esto sugiere que existe evidencia que apoya la aceptación de la hipótesis formulada por el investigador. Por lo tanto, se concluye que la incorporación de glicerina y polímeros de maíz conlleva a un aumento en la densidad máxima seca de los suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

5.3.2. Hipótesis específico 2 (CBR)

La incorporación de glicerina y polímeros de maíz incrementa la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

Enfoque estadístico para la evaluación de la hipótesis:

Para el proceso se realizó ensayos de CBR del suelo con adición de 3%, 6% y 9% de glicerina y polímeros de maíz.

(H₀): La incorporación de glicerina y polímeros de maíz NO incrementa la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

(H_a): La incorporación de glicerina y polímeros de maíz incrementa la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

Prueba de Normalidad para datos del ensayo de CBR

Planteamiento de la hipótesis:

H₀: Secuencia normal de datos

H_a: Secuencia no es normal de datos

Pruebas de normalidad							
	Adición de glicerina + polimeros de maiz	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR de 95	Suelo normal	,175	3	.	1,000	3	1,000
	SN+3% glicerina + polimero de maiz	,265	3	.	,953	3	,583
	SN+6% glicerina + polimero de maiz	,385	3	.	,750	3	,000
	SN+9% glicerina + polimero de maiz	,253	3	.	,964	3	,637
CBR de 100	Suelo normal	,219	3	.	,987	3	,780
	SN+3% glicerina + polimero de maiz	,385	3	.	,750	3	,000
	SN+6% glicerina + polimero de maiz	,175	3	.	1,000	3	1,000
	SN+9% glicerina + polimero de maiz	,333	3	.	,862	3	,274

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 56: Prueba de normalidad para datos del CBR
Nota: IBM SPSS statistics

En la figura 56, Se analizan los resultados del test de Shapiro-Wilk, en el que se encuentran valores de significancia por debajo del umbral de 0.05. Por consiguiente, se descarta la hipótesis nula, indicando que los datos no se distribuyen normalmente con un nivel de significancia del 5%. Por ende, se optará por realizar la prueba de Kruskal-Wallis

Prueba no paramétrica Kruskal Wallis del CBR:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- P-Valor $\leq \alpha$ se rechaza Ho, se acepta Ha
- P-Valor $> \alpha$ no se rechaza Ho, se acepta Ho

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CBR de 95 es la misma entre las categorías de Adición de glicerina + polimeros de maiz.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,018	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de CBR de 100 es la misma entre las categorías de Adición de glicerina + polimeros de maiz.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,015	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura N° 57: Resumen de prueba de hipótesis del ensayo de CBR
Nota: Propia

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis revelan valores de significancia de 0.018 y 0.015, ambos por debajo del umbral del 5%. Estos resultados respaldan la

hipótesis inicial del investigador. Se puede concluir que la incorporación de glicerina y polímeros de maíz al suelo normal tiene un efecto positivo en la resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión de resultados con antecedentes

6.1.1. Objetivo general

La incorporación de glicerina y polímeros de maíz mejora en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante. Identificando el mejor resultado fueron obtenidos con la adición del 3% glicerina + polímero de maíz mostrando el máximo valor de CBR al 95% de la MDS= 15.03 g/cm³ mostrando una variación de 249.61% respecto al suelo natural, logrando una máxima variación en los resultados de la MDS y el OCH en 4.60% y -9.07% con respecto al suelo natural.

Con respecto a lo antes mencionado Flores (2019) El estudio titulado "Evaluación del impacto del estabilizador Z con polímero en el aumento del valor del CBR del material empleado como base en la carretera departamental AP-103, tramo puente Ullpuhuaycco – Karkatera (L= 14.050 KMS) Abancay-Apurímac 2018" indicó que el valor del CBR al 95% en el suelo natural fue del 12.55%. No obstante, al emplear el estabilizador Z con polímero, este valor se elevó a 13.09%, reflejando un incremento del 4.30% respecto al suelo natural. Estos resultados corroboran la idea de que la utilización del estabilizador mejora las características mecánicas del suelo.

6.1.2. Objetivo específico 1

Se identificó que la MDS y el OCH varían en los diferentes grupos de estudio en el SN la MDS = 2.03 g/cm³ y el OCH = 7.09%, en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.12 g/cm³ y el OCH = 6.45 %, en el SN + 6% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.06 g/cm³ y el OCH = 9.14 % y en el SN + 9% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.02 g/cm³ y el OCH = 8.61 %. Identificando el mejor resultado en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz mostrando una máxima variación en los resultados de la MDS y el OCH en 4.60% y -9.07% con respecto al suelo natural.

Según los resultados presentados por Nesterenko (2018) en su estudio titulado "Evaluación del comportamiento de suelos estabilizados con polímeros en Perú", se observa que al agregar polímeros al 3%, la densidad máxima seca (MDS) disminuyó de 2.36 kg/cm² a 1.89 kg/cm². Al aumentar la concentración de polímeros al 6%, la MDS disminuyó de 2.16 kg/cm² a 1.76 kg/cm². De manera similar, al agregar polímeros al 9%, la densidad seca disminuyó de 1.96 kg/cm² a 1.57 kg/cm².

6.1.3. Objetivo específico 2

Se identificó que el CBR a una MDS del 95% y del 100% varían en los diferentes grupos de estudio en el SN el CBR al 95% de la MDS = 4.03g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS = 6.16g/cm³, en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS = 15.03 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS = 17.63 g/cm³, en el SN + 6% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS = 13.47 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS = 20.20 g/cm³, en el SN + 9% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS = 12.63 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS = 14.70 g/cm³. Identificando el mejor resultado en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz mostrando el máximo valor de CBR al 95% de la MDS = 15.03 g/cm³ mostrando una variación de 249.61% respecto al suelo natural.

De acuerdo con los hallazgos de Flores (2019) en su investigación titulada "Impacto del estabilizador Z con polímero en el aumento del CBR del material empleado en la construcción de la carretera departamental AP-103, tramo puente Ullpuhuaycco – Karkatera (L= 14.050 KMS) Abancay-Apurímac 2018", se encontró que el valor del CBR al 95% en el suelo natural es de 12.55%. Sin embargo, al

emplear el estabilizador Z con polímero, este valor se eleva a 13.09%. En consecuencia, con la aplicación del polímero, se registra un incremento del 4.30% en el valor del CBR en comparación con el suelo natural.

CONCLUSIONES

a) Objetivo general

La inclusión de glicerina y polímeros de maíz mejora el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante. El mejor resultado se observó con la combinación del 3% de glicerina y polímero de maíz, que mostró el valor máximo de CBR al 95% de la máxima densidad seca (MDS), con un valor de 15.03 g/cm³, representando un incremento del 249.61% en comparación con el suelo natural. Esto resultó en una variación máxima en los resultados de la MDS y el OCH de 4.60% y -9.07%, respectivamente, en comparación con el suelo natural.

b) Objetivo específico 1

Según el análisis estadístico de Anova llevado a cabo, se encontraron valores de p igual a 0.000, ambos por debajo del 5%. Esto sugiere que existe evidencia que respalda la hipótesis formulada por el investigador. Por lo tanto, se concluye que la inclusión de glicerina y polímeros de maíz incrementa la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

Se identificó que la MDS y el OCH varían en los diferentes grupos de estudio en el SN la MDS = 2.03 g/cm³ y el OCH = 7.09%, en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.12 g/cm³ y el OCH = 6.45 %, en el SN + 6% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.06 g/cm³ y el OCH = 9.14 % y en el SN + 9% glicerina + polímero de maíz la MDS = 2.02 g/cm³ y el OCH = 8.61 %. Identificando el mejor resultado en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz mostrando una máxima variación en los resultados de la MDS y el OCH en 4.60% y -9.07% con respecto al suelo natural.

c) Objetivo específico 2

Tras el análisis estadístico de Kruskal-Wallis, se observaron valores de p de 0.018 y 0.015, ambos por debajo del 5%. Esto sugiere que hay evidencia que respalda la hipótesis formulada por el investigador. En conclusión, se afirma que la adición de glicerina y polímeros de maíz aumenta la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.

Se identificó que el CBR a una MDS del 95% y del 100% varían en los diferentes grupos de estudio en el SN el CBR al 95% de la MDS = 4.03g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS = 6.16g/cm³, en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS =

15.03 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS= 17.63 g/cm³, en el SN + 6% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS= 13.47 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS= 20.20 g/cm³, en el SN + 9% glicerina + polímero de maíz el CBR al 95% de la MDS= 12.63 g/cm³ y el CBR al 100% de la MDS= 14.70 g/cm³. Identificando el mejor resultado en el SN + 3% glicerina + polímero de maíz mostrando el máximo valor de CBR al 95% de la MDS= 15.03 g/cm³ mostrando una variación de 249.61% respecto al suelo natural.

RECOMENDACIONES

- a) Tomando como base los datos obtenidos en la investigación se recomienda usar una dosificación de 3% glicerina + polímero de maíz, como base de posteriores investigaciones como una evaluación de máxima densidad seca y el CBR a una MDS del 95% obtenida. De esta forma hacer públicos los resultados ampliando la base de datos informática.
- b) Para futuras investigaciones se recomienda seguir investigando el uso de estos aditivos (glicerina y polímero de maíz) en vías impuestas a una variación extrema de temperatura, así mismo en muestras de suelo de diferentes clasificaciones SUCS.
- c) Se debe tener una clara consideración de las dosificaciones propuestas en la investigación para que muestre resultados iguales o semejantes al aplicarlo en un proyecto de lo contrario se podrían presentar complicaciones y un comportamiento no deseado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello G., y otros. 2020.** *Produccion de polimero biodegradable a partir de almidon modificado, glicerina y Lignina.* 2020.
- Alvarez R. . 2020.** *Clasificacion de la investihgaciones.* 2020.
- Brokosky D. 2010.** *Tecnologia y procesos de produccion.* Facultad de ciencias exactas y tecnologia, Universidad nacional de Tucumán. 2010.
- Camacho V. 2020.** *Estabilizacion de suelos.* Lima : s.n., 2020.
- Características de la glicerina generada en la produccion de biodisel, aplicaciones generales y su uso en el suelo.* **Betancourt A. y Castellano G. 2016.** La habana : s.n., 03 de 09 de 2016, Scielo.
- Carrasco D. 2016.** *Metodologia de la investigacion.* 2016.
- Cindy A., y otros. 2012.** *Contenido de humedad de los agregados.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2012.
- Claveria V., Triana M. y Varon O. 2018.** *Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcanico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como materiañ para subrasante.* 2018.
- Fernández G. 2020.** *Geomorfología:Los Suelos.* Universidad Complutense de Madrid. Madrid : s.n., 2020.
- Fernández B. 2019.** *Tipos de justificacion en la investigacion cientifica.* 2019.
- Garcia C. 2020.** *Comportamiento de polímero de maíz.* Ramiro rama . 2020.
- Gomez S. 2019.** *Comportamiento geotecnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cragas estaticas y dinamicas.* Madrid : s.n., 2019.
- Gonzales V. 2004.** *Tipos de suelos en función a su granulometría.* 2004.
- Institut Cartografic i Geologic de Catalunya. 2019.** *Institut Cartografic i Geologic de Catalunya.* 2019.
- Jaime H. 2021.** *Estabilizacion de suelos con polímeros.* Facultad de ingenieria , Universisdad de la república. 2021. tesis de postgrado.
- Lopez P. 2020.** *Poblacion Muetra y Muestreo.* s.l. : Punto cero, 2020.
- LubricantesChile.CL. 2020.** Glicerina industrial. [En línea] 2020. [Citado el: 25 de 08 de 2022.]
- M.T.C. 2013.** *SULOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.* Peru : s.n., 2013.
- Marquez M. 2019.** *Mejoramiento de la estabilizacion en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos de suelos arcillosos usando plásticos relacionados pet en el distrito*

- de Encantada, provincia de Morropon-Piura 2019.* Universidad nacional de Piura .
Piura : s.n., 2019. Tesis de pregrado .
- Marroquín P. 2020.** *Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación.* Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Ciudad Universitaria Santa Anita : s.n., 2020.
- Martínez C. 2019.** *ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS CON ADITIVO ÓRGANOSILANOS A NIVEL DE SUBRASANTE.* Huancayo : s.n., 2019.
- Mendez A. 2020.** *Metodología de la investigación quinta edición.* s.l. : ALPHAEDITORIAL, 2020.
- geotecnia y pavimentos.* Dirección general de caminos y ferrocarriles. Lima : s.n., 2013
- Ministerio de transportes y comunicaciones. 2013.** *Manual de carreteras suelos, geología,.*
- Montoya C. 2020.** *Polímeros como mejoradores de suelos erosionados.* Medellín : s.n., 2020.
- Montoya C. y Pizano M. 2020.** *Polímeros como mejoradores de suelos erosionados.* Medellín : s.n., 2020.
- Mousallfh -KP. 2016.** *Metodo de investigación.* 2016.
- Nesterenko C. . 2018.** *Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Peru.* Lima : s.n., 2018.
- Nesterenko C. 2018.** *Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Peru.* Lima : s.n., 2018.
- Nesterenko Cortes, Darko y Nesterenko C. . 2018.** *Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú.* Lima : s.n., 2018.
- Niño S. 2018.** *Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el K4+180 de la vía puente Reyes-Gameza.* Facultad de ingeniería, Universidad Privada del Norte. Somadoso : s.n., 2018. Tesis de pregrado.
- Ñaupas P., y otros. 2018.** *Metodología de la investigación cuantitativa cualitativa.* Bogota : s.n., 2018.
- Poma C. y Pucllas Q. 2022.** *Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.* Facultad de ingeniería , Universidad Peruana los Andes . Huancayo : s.n., 2022. pág. 105, Tesis de pregrado .
- Quintanilla E. 2019.** *Resistencia al corte de los suelos no cohesivos.* 2019.
- Rodríguez D. 2020.** *Investigación aplicada.* Argentina : Lifeder, 2020.

- Ropaiin R. 2017.** *Procesamiento de un polímero a base de almidón de maíz: efecto de la formulación en las propiedades mecánicas y biodegradación del material.* Bogotá : s.n., 2017.
- Shuan L. 2004.** *Limite Líquido, Limite Plástico.* s.l. : Universidad nacional de ingeniería, 2004.
- Valencia H. 2022.** *Suelo arenoso.* Lima : s.n., 2022.
- Yepes Pequeras, Víctor. 2021.** Universidad Politécnica de Valencia. [En línea] 22 de 02 de 2021. [Citado el: 25 de 08 de 2022.] <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/02/22/estabilizacion-de-suelos-con-cemento/>.
- Zamora Mozo, Ruben Carlos. 2013.** *Granulometría por tamizado .* s.l. : Universidad de Alicante y de la laguna , 2013.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general: ¿Cuánto incide la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante?	Objetivo general: Determinar la incidencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.	Hipótesis general: La incorporación de glicerina y polímeros de maíz mejora en el comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.	Variable Independiente: Glicerina y polímeros de maíz	Dosificación	Porcentaje	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Experimental. TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo. CUANDO: Año 2022. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: El diseño de investigación se basará en un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es demostrable en todo el proceso. POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: La población consistirá en muestras de suelo en su estado natural extraídas del Jr. Lima, distrito de Orcotuna, provincia de Concepción, departamento Junín, y suelo no cohesivo incorporando glicerina y polímeros de maíz. MUESTRA: La muestra será determinada mediante un tipo de muestreo no probabilístico, conformado por 3 moldes de diferentes dosificaciones al 3%, 6%, y 9% de glicerina y polímeros de maíz.
				Ph	Potencial de hidrogeno	
Problemas específicos: a) ¿Cómo influye la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante? b) ¿De qué manera incide la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante?	Objetivos específicos: a) Analizar la influencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante. b) Identificar la incidencia de la incorporación de glicerina y polímeros de maíz en la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.	Hipótesis específicas a) La incorporación de glicerina y polímeros de maíz aumenta la densidad máxima seca de suelos no cohesivos a nivel de subrasante. b) La incorporación de glicerina y polímeros de maíz incrementa la capacidad de resistencia de suelos no cohesivos a nivel de subrasante.	Variable dependiente: Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos	Densidad máxima seca	Ensayo de Proctor Modificado	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Recolección de datos: Se emplearán diversas técnicas. Técnicas de procesamiento de datos: Principalmente estadísticas.
				Capacidad de resistencia	CBR	

Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>1: Variable Independiente</p> <p>Glicerina y polímeros de maíz</p>	<p>La glicerina también reconocida como glicerol o también llamado alcohol de azúcar o polirol, donde la glicerina contiene un poco más de calorías por gramo de azúcar y es de 60 – 75% dulce, siendo un líquido viscoso consistente compuesto por alcohol de azúcar. Este es carente de color. Betancourt Aguilar, & ; Castellano Gonzáles, (2016)</p> <p>El polímero de maíz es un compuesto en el cual las moléculas llegan a estar formadas por cadenas en las que se repite una unidad básica, el cual tiene cualidades similares al plástico, pero se caracteriza por ser 100% biodegradable. Ropain Rodriguez, (2017)</p>	<p>La variable independiente VII, que implica la utilización de glicerina y polímeros de maíz, se desarrollará a través de dos dimensiones que reflejan las características D1: Dosificación y D2: pH. Cada una de estas dimensiones cuenta con un indicador correspondiente.</p>	<p>Dosificación</p> <hr/> <p>Ph</p>	<p>Porcentaje</p> <hr/> <p>Potencial de hidrogeno</p>
<p>2: Variable Dependiente</p> <p>Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos</p>	<p>El comportamiento geotécnico del suelo viene a ser estudiado por parte de la ingeniería civil en el que se realiza un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de un terreno para definir el tipo de estructura que descansara sobre esta y los tratamientos que necesita para cumplir con determinadas perspectivas. Matinez Chavez, (2019)</p>	<p>La variable V2 "Suelos no cohesivos a nivel subrasante" se define a través de sus dimensiones, que son D1: Densidad máxima seca y D2: Capacidad de resistencia. Cada una de estas dimensiones cuenta con un indicador asociado.</p>	<p>Densidad máxima seca</p> <hr/> <p>Capacidad de resistencia</p>	<p>Ensayo de Proctor Modificado</p> <hr/> <p>CBR</p>

Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumentos

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
				1	2	3	4	5
1: Variable Independiente								
Glicerina y polímeros de maíz	Dosificación	Porcentaje	Ficha técnica		X			
	Ph	Potencial de hidrogeno	Ficha técnica		X			
2: Variable Dependiente								
Comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos	Densidad máxima seca	Ensayo de Proctor Modificado	Ficha de recolección de datos			X		
	Capacidad de resistencia	CBR	Ficha de recolección de datos			X		

Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación

FICHA TÉCNICA

GLICERINA USP

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Glicerina USP.
Formula Química	$C_3H_5(OH)_3$
Peso molecular	92.09 g/mol
Sinónimos	Glicerol Alcohol glicílico 1,2,3-propanotriol

2. DESCRIPCIÓN

Líquido siruposo, claro, incoloro e inodoro, sabor dulce, higroscópico Soluble en agua y alcohol (las soluciones acuosas son neutras), insoluble en éter, benceno, cloroformo y ceites fijos y volátiles. Combustible, poco tóxico.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Glicerol	99 % mín.
Cloruros	10 ppm máx.
Ácidos grasos y ésteres	1 máx (ml de 0.5 N NaOH/ 50g)
Sulfatos	20 ppm máx.
Metales pesados	5 ppm máx.
Compuestos clorados	30 ppm máx.
Aldehídos	5 ppm máx
Compuestos halogenados	35 ppm, máx
Índice de refracción a 20°C	1.470 – 1.475
Azúcar	negativo
Cenizas sulfatadas	0.01% máx
Agua	0.5% máx
Residuos por ignición	0.01% máx

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO	I.Q. Iván Dario Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020	

Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín Colombia

4. PROPIEDADES

Apariencia	Líquido siruposo
Color (APHA)	10 máx
Olor	inoloro
Punto de inflamación	177° C
Punto de fusión	17° C
Punto de ebullición	290° C
Gravedad específica (a 25/25 °C)	1.249 mín
Temperatura de autoignición	393° C

5. APLICACIONES

Resinas alquídicas, celofán, explosivos, gomas de éster, productos farmacéuticos, perfumería, plastificante para celulosa regenerada, cosméticos, productos alimenticios, acondicionamiento de tabaco, licores, disolventes, rollos para tinta de imprenta, agente emulsionante, sellos de goma y tintas de copia, ligante para cementos y mezclas, revestimientos de papeles y acabados, jabones especiales, lubricantes y reblandecedor, fluido hidráulico, humectante.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, **DISTRIBUIDORA DE QUIMICOS INDUSTRIALES** no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO	I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020	

Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín Colombia

Fécula de Maíz



Descripción

La FÉCULA DE MAÍZ o almidón nativo es un polímero de la dextrosa, constituido por cadenas de amilopectina y amilosa. Esta última es la que le imparte la propiedad de formar gel al cocinarse. Se obtiene a partir de maíz seleccionado de alta calidad industrial, mediante procesos modernos y estrictos sistemas de aseguramiento de calidad. Ha sido utilizada durante décadas en diversas industrias y para infinidad de aplicaciones.

Características organolépticas

Aspecto: Polvo fino homogéneo
Color: Blanco a ligeramente amarillo
Olor: Característico
Sabor: Característico, no desagradable

Propiedades típicas

Propiedades	Unidades	Mínimo	Máximo
Humedad	%		12.5
pH	pH	5.0	6.5
Impurezas	N/A		5
Proteína, B.S.	%		0.40
SO ₂	ppm		50
Aceite (grasa), B.S.	%		0.15
Viscosidad	cps	2,000	
B. Mesof. aerobias	ufc/g		5,000
Hongos	ufc/g		150
Levaduras	ufc/g		150
Otros datos físico-químicos:			
Densidad:			
Suelto	g/cm ³		0.485
Empacado	g/cm ³		0.550
Malla No. 200, % pasa	%		96 Mn.

Manejo

Debe evitarse generar nubes de polvo. Su almacenamiento debe ubicarse en una área fresca y seca, sin fuentes de calor y sin olores extraños, de preferencia a menos de 30° C. Bajo estas condiciones la vida de anaquel del almidón en sacos cerrados es indefinida, no obstante se recomienda que no se almacene por más de dos años.

Ventajas

La FÉCULA DE MAÍZ es un producto de grado alimenticio que ofrece una gran diversidad de aplicaciones a bajo costo.

FÉCULA DE MAÍZ

Usos y aplicaciones alimentarias

- Aderezos
- Mayonesas
- Cárnicos
- Rellenos de pastel
- Cerveza
- Botanas
- Quesos
- Budines
- Alimentos preparados
- Dulces
- Atoles
- Galletas
- Harinas preparadas

La FÉCULA DE MAÍZ se emplea principalmente como agente estabilizante, espesante, aglutinante y gelificador; en confitería se utiliza como formador de gel y para recubrimientos; la industria cervecera la utiliza como fuente de carbono para procesos de fermentación, por su elevado extracto fermentable, de más de 102% B.S.

Usos y aplicaciones en otras industrias

- Medicamentos
- Cartón corrugado
- Papel
- Textiles
- Paneles de yeso
- Separación de minerales

En la industria farmacéutica, la FÉCULA DE MAÍZ se emplea como agente lubricante, aglutinante, diluyente, desintegrante y como sustancia inerte; en la fabricación de empaques de cartón corrugado se utiliza para preparar adhesivos; en el papel se emplea como aditivo para impartir resistencia interna; en la manufactura de hilos y telas se usa como apresto para evitar rupturas y aumentar la eficiencia de los telares; la industria minera lo utiliza como agente depresor en los sistemas de flotación para separar minerales.

Disponibilidad

- 1) En sacos de papel Kraft multicapa de 25 kg netos.
- 2) En supersacos de polipropileno de 1,000 kg netos.
- 3) A granel, entregado en carros tolva de acero inoxidable o de acero al carbón con recubrimiento epóxico grado alimenticio, de aproximadamente 30 ton.



Sembramos calidad para cosechar bienestar

ALMIDONES MEXICANOS, S.A. de C.V.

Calle 26 No. 2756 Zona Industrial
Guadalajara, Jal. C.P. 44940
Conmutador (33) 3668-4500

Servicio a clientes:

01-800-633-9653, 01-800-633-9676, (33) 3668-4676
e-mail: almexcorp@almidones.com.mx
Fax: (33) 3368-4662

Visite nuestra página Web:

www.almidones.com.mx

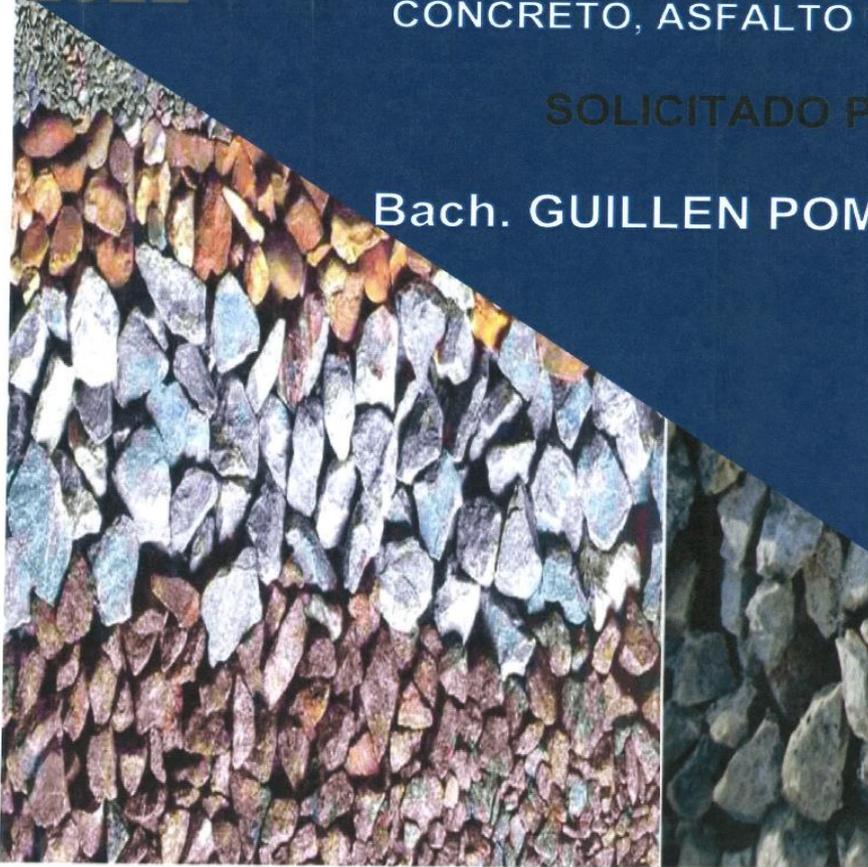


2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

SOLICITADO POR:

Bach. GUILLEN POMA ISMAEL



**TESIS- "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO
GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS
INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ
A NIVEL DE LA SUBRASANTE"**



G E O T E S T V S.A.C.



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



👤 RUC: 20606529229
📍 Ps.J. GRAU #211- CHILCA
☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicacion : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-1
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (GRADUACIÓN) DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ - ASTM D-6913

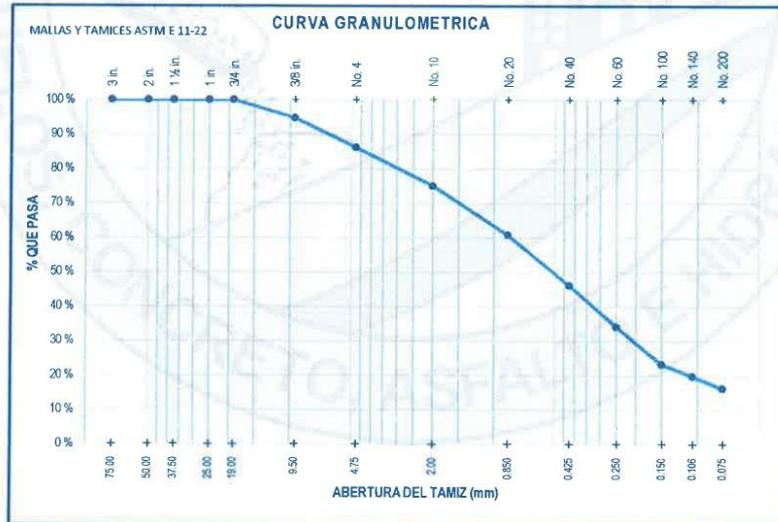
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 in.	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 in.	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 in.	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 in.	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 in.	9.50	152.70	5.25	5.25	94.75
No. 4	4.75	248.20	8.53	13.78	86.22
No. 10	2.00	325.80	11.20	24.98	75.02
No. 20	0.850	413.20	14.20	39.19	60.81
No. 40	0.425	426.20	14.65	53.84	46.16
No. 60	0.250	350.20	12.04	65.87	34.13
No. 100	0.150	315.50	10.85	76.72	23.28
No. 140	0.106	100.00	3.44	80.16	19.84
No. 200	0.075	102.60	3.53	83.69	16.31
FONDO		474.6	16.31	100.00	0.00
TOTAL		2909.00	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

GRAVA	13.78 %
ARENA	69.90 %
FINO	16.31 %
TOTAL	100.00 %

Clasificación SUCS ASTM D-2487 :	SM
Nombre del grupo (SUCS) :	ARENA LIMOSA
Clasificación AASTHO, ASTM D-3282 :	A-1-b (0)
Tipo usuales de materiales :	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA
Clasificación General Subrasante :	EXCELENTE A BUENO



Nota:

* Los Ensayos se realizaron en las Condiciones Ambientales.

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 102131

📍 RUC: 20606529229
 📍 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

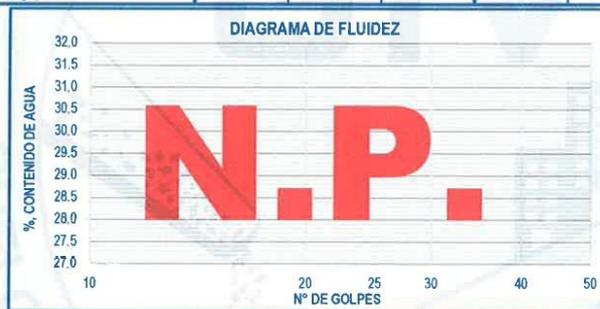
Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicacion : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-1
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS, ASTM D4318-17e1

Metodo de preparación: Vía Humeda Porcentaje retenido en el Tamiz No. 40: 53.84 %

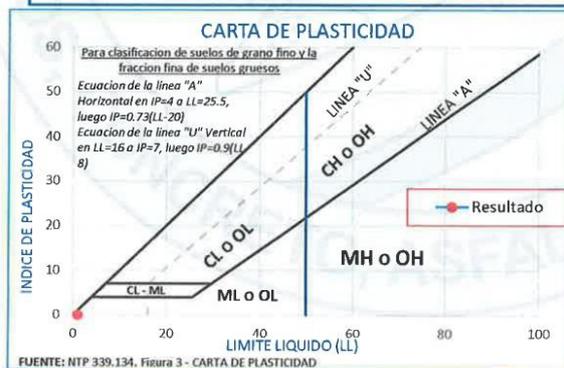
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
Nro. De cápsula	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	-	-
Masa cápsula + Suelo seco (g)	-	-
Masa cápsula (g)	-	-
Masa del agua (g)	-	-
Masa del suelo seco (g)	-	-
Contenido de humedad %	-	-
Nro. De golpes	-	-



LÍMITE LÍQUIDO
LL.: N.P.

LÍMITE PLÁSTICO
LP.: N.P.

ÍNDICE PLÁSTICO
IP.: N.P.



CONTENIDO DE AGUA, ASTM D-2216, %	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	74.20 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	415.20 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	380.20 g
Masa de agua (g)	35.00 g
Masa de suelo seco (g)	306.00 g
Contenido de Agua %	11.44 %

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

👤 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA
 ☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
 Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : SUBRASANTE
 Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
 Cantera : MATERIAL DE CALICATA
 Clase de material : ALTERADO
 N° de muestra : M-1
 Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

Condiciones Ambientales: Temperatura 18.6 °C
 Humedad Relativa 46%
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,548.0	5,798.0	5,837.0	5,762.0
Masa molde (g)	3,764.0	3,764.0	3,764.0	3,764.0
Masa suelo compactado (g)	1,784.0	2,034.0	2,073.0	1,998.0
Volumen del molde (cm ³)	947.9	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.862	2.146	2.187	2.108

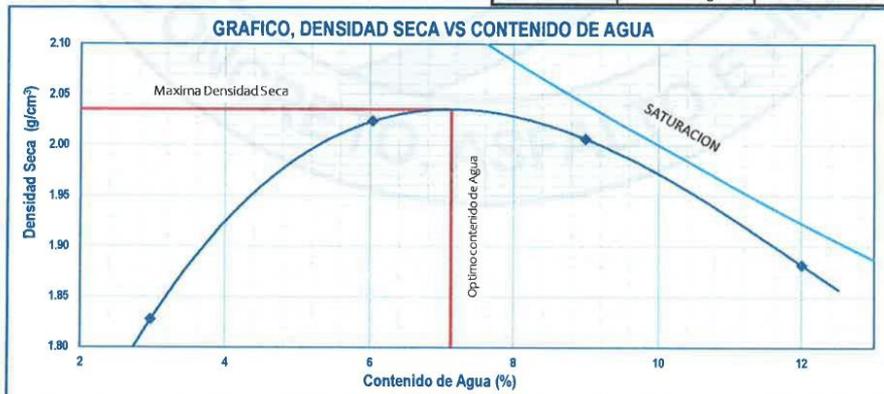
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	86.2	89.5	100.7	86.5
Tara + suelo seco (g)	84.2	85.4	93.8	78.9
Masa de agua (g)	2.0	4.1	6.9	7.6
Masa de tara (g)	16.8	17.5	17.1	15.6
Masa de suelo seco (g)	67.4	67.9	76.7	63.3
Humedad (%)	2.97	6.04	9.00	12.01
Densidad seca (g/cm ³)	1.828	2.024	2.006	1.882

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,764.0
VOLUMEN (cm ³)	947.9

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.036
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2035.54
Óptimo Contenido de Humedad (%):	7.12
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19963

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	1136 g	8.49
N° 4	2033 g	15.20
PASANTE N° 4	10209 g	76.31
TOTAL	13378 g	100.00



RUC: 20606529229
 P.S.J. GRAU #211 - CHILDA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-1

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12798.0	13009.0	12340.0	12779.0	12294.0	12775.0
Peso de molde (g)	7570.0	7570.0	7544.0	7544.0	7725.0	7725.0
Peso del suelo húmedo (g)	5228.0	5439.0	4796.0	5235.0	4569.0	5050.0
Volumen del molde (cm ³)	2422.7	2422.7	2415.3	2415.3	2420.1	2420.1
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.158	2.245	1.986	2.167	1.888	2.087
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	101.2	81.2	182.4	107.3	188.0	108.2
Peso suelo seco + tara (g)	94.7	75.0	169.6	99.0	172.8	97.0
Peso de tara (g)	15.5	11.3	13.7	17.9	11.8	17.4
Peso de agua (g)	6.5	6.2	12.8	8.3	13.2	9.2
Peso de suelo seco (g)	79.2	63.7	155.9	81.1	161.0	79.6
Contenido de humedad (%)	8.21	9.73	8.21	10.23	8.20	11.56
Densidad seca (g/cm ³)	1.994	2.046	1.835	1.986	1.745	1.871

EXPANSION					
FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	03/08/2023 10:00	3.06	1.05	2.37	
Final	07/08/2023 11:00	3.08	1.090	2.42	
Expansión	mm	0.02	0.040	0.05	
	%	0.017	0.033	0.042	

PENETRACION															
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1					MOLDE N°2				MOLDE N°3				
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%			
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00				0.000	0.00				0.000	0.00		
0.025		0.003	1.76				0.001	1.52				0.000	1.39		
0.050		0.011	2.74				0.007	2.25				0.001	1.52		
0.075		0.019	3.72				0.011	2.74				0.004	1.88		
0.100	70.31	0.027	4.70	4.7	6.6		0.017	3.48	3.5	4.9		0.008	2.37	2.5	3.5
0.150		0.038	6.05				0.026	4.58				0.015	3.23		
0.200	105.46	0.047	7.15	7.4	7.0		0.030	5.07	5.4	5.2		0.020	3.85	4.0	3.8
0.250		0.058	8.50				0.039	6.17				0.027	4.70		
0.300		0.062	8.98				0.044	6.78				0.030	5.07		
0.400		0.065	9.35				0.047	7.15				0.033	5.44		
0.500		0.069	9.84				0.052	7.76				0.035	5.68		

▲ RUC: 20606529229
 📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA
 ☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-1

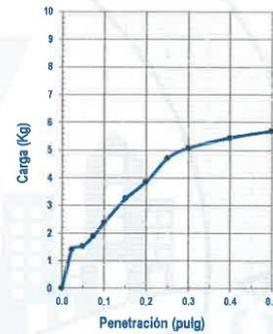
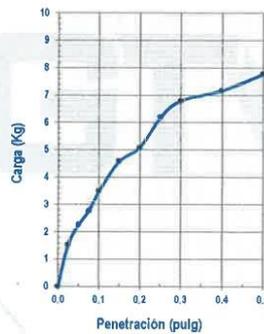
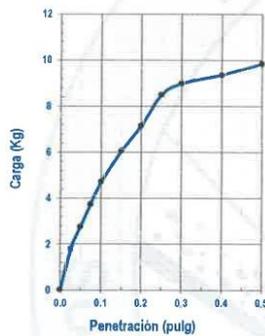
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

MTC E 132

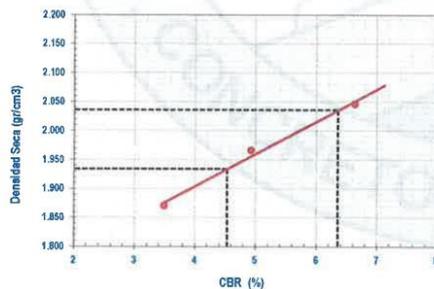
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	6.6 %
CBR (0.2")	7.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.046

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	4.9 %
CBR (0.2")	5.2 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.966

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	3.5 %
CBR (0.2")	3.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.871



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.036
 Óptimo contenido de humedad (%) : 7.1
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.934

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 6.4 0.2" 6.7
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 4.5 0.2" 4.8

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.5 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 N°P 196101

RUC: 20606529229
 P.S.J. GRAU #211- CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

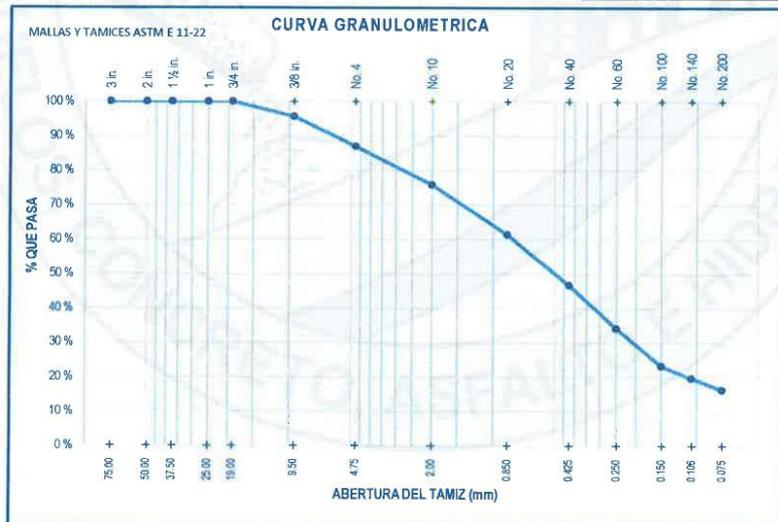
MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (GRADUACIÓN) DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ - ASTM D-6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 in.	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½ in.	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 in.	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾ in.	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 in.	9.50	127.60	4.32	4.32	95.68
No. 4	4.75	253.91	8.60	12.93	87.07
No. 10	2.00	333.29	11.29	24.22	75.78
No. 20	0.850	422.70	14.32	38.55	61.45
No. 40	0.425	436.00	14.77	53.32	46.68
No. 60	0.250	368.40	12.48	65.80	34.20
No. 100	0.150	322.76	10.94	76.74	23.26
No. 140	0.106	102.30	3.47	80.21	19.79
No. 200	0.075	98.56	3.34	83.55	16.45
FONDO		485.5	16.45	100.00	0.00
TOTAL		2951.04	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

GRAVA	12.93 %
ARENA	70.62 %
FINO	16.45 %
TOTAL	100.00 %

Clasificación SUCS ASTM D-2487 :	SM
Nombre del grupo (SUCS) :	ARENA LIMOSA
Clasificación AASTHO, ASTM D-3282 :	A-1-b (0)
Tipo usuales de materiales :	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA
Clasificación General Subrasante :	EXCELENTE A BUENO



Nota:
* Los Ensayos se realizaron en las Condiciones Ambientales.

Luis Camarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

RUC: 20606529229
 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

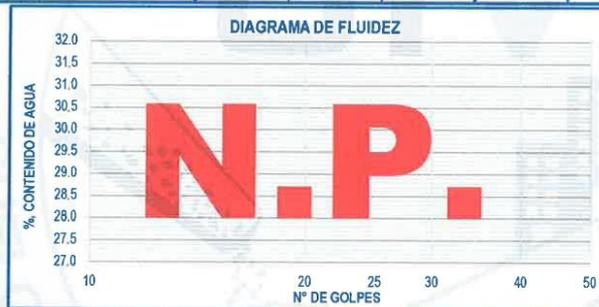
Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicacion : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS, ASTM D4318-17e1

Metodo de preparacion: Via Humeda Porcentaje retenido en el Tamiz No. 40: 53.32 %

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. De capsula	-	-
Masa capsula + Suelo humedo (g)	-	-
Masa capsula + Suelo seco (g)	-	-
Masa capsula (g)	-	-
Masa del agua (g)	-	-
Masa del suelo seco (g)	-	-
Contenido de humedad %	-	-
Nro. De golpes	-	-



LIMITE LIQUIDO
LL.: N.P.

LIMITE PLASTICO
LP.: N.P.

INDICE PLASTICO
IP.: N.P.



CONTENIDO DE AGUA, ASTM D-2216, %	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	84.26 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	426.78 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	392.04 g
Masa de agua (g)	34.74 g
Masa de suelo seco (g)	307.78 g
Contenido de Agua %	11.29 %

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

👤 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211-CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V.S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 📧 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

Condiciones Ambientales: Temperatura 18.7 °C
 Humedad Relativa 47%

Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,545.0	5,791.0	5,829.0	5,756.0
Masa molde (g)	3,764.0	3,764.0	3,764.0	3,764.0
Masa suelo compactado (g)	1,781.0	2,027.0	2,065.0	1,992.0
Volumen del molde (cm ³)	947.9	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.879	2.138	2.178	2.101

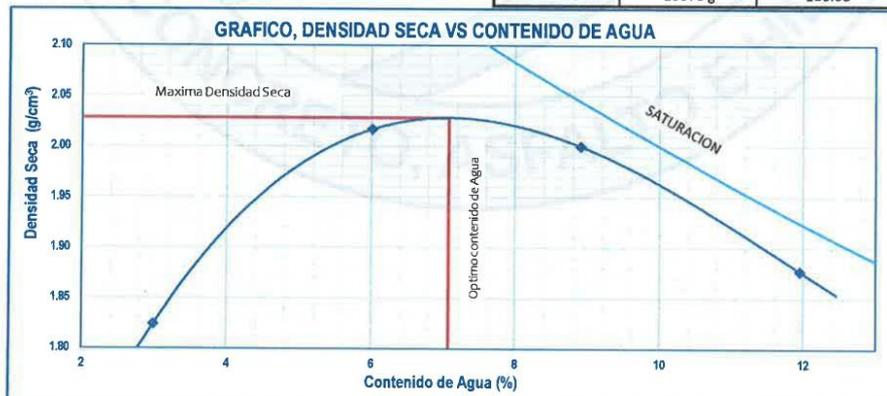
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	88.8	92.2	103.7	89.1
Tara + suelo seco (g)	86.7	88.0	96.6	81.3
Masa de agua (g)	2.1	4.2	7.1	7.8
Masa de tara (g)	17.8	17.8	16.8	15.8
Masa de suelo seco (g)	68.9	70.2	79.8	65.5
Humedad (%)	2.99	6.02	8.90	11.96
Densidad Seca (g/cm ³)	1.824	2.017	2.000	1.877

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,764.0
VOLUMEN (cm ³)	947.9

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.028
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2028.38
Óptimo Contenido de Humedad (%):	7.07
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19892

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	1136 g	8.49
N° 4	2033 g	15.20
PASANTE N° 4	10209 g	76.31
TOTAL	13378 g	100.00



RUC: 20606529229
 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198167



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-2

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12821.0	13032.0	12363.0	12802.0	12317.0	12798.0
Peso de molde (g)	7570.0	7570.0	7544.0	7544.0	7725.0	7725.0
Peso del suelo húmedo (g)	5251.0	5462.0	4819.0	5258.0	4592.0	5073.0
Volumen del molde (cm3)	2422.7	2422.7	2415.3	2415.3	2420.1	2420.1
Densidad húmeda (g/cm3)	2.167	2.255	1.995	2.177	1.897	2.096
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	101.2	81.2	182.4	107.3	186.0	106.2
Peso suelo seco + tara (g)	84.7	75.0	169.6	99.0	172.8	87.0
Peso de tara (g)	15.5	11.3	13.7	17.9	11.8	17.4
Peso de agua (g)	6.5	6.2	12.8	8.3	13.2	9.2
Peso de suelo seco (g)	79.2	63.7	155.9	81.1	161.0	79.6
Contenido de humedad (%)	8.21	9.73	8.21	10.23	8.20	11.56
Densidad seca (g/cm3)	2.003	2.055	1.844	1.875	1.754	1.879

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	03/08/2023	10:00	3.06	1.05	2.37
Final	07/08/2023	11:00	3.08	1.090	2.42
Expansión	mm		0.02	0.040	0.05
	%		0.017	0.033	0.042



PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
Pulgadas	kg/cm2	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.003	1.76			0.001	1.52			0.000	1.39		
0.050		0.011	2.74			0.007	2.25			0.001	1.52		
0.075		0.019	3.72			0.011	2.74			0.004	1.88		
0.100	70.31	0.027	4.70	4.7	6.6	0.017	3.48	3.5	4.9	0.008	2.37	2.5	3.5
0.150		0.038	6.05			0.026	4.58			0.015	3.23		
0.200	105.46	0.047	7.15	7.4	7.0	0.030	5.07	5.4	5.2	0.020	3.85	4.0	3.8
0.250		0.058	8.50			0.039	6.17			0.027	4.70		
0.300		0.062	8.98			0.044	6.78			0.030	5.07		
0.400		0.065	9.35			0.047	7.15			0.033	5.44		
0.500		0.069	9.84			0.052	7.76			0.035	5.68		

📍 RUC: 20606529229
📍 PSJ. GRAU #211- CHILCA
📞 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP: 10010



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

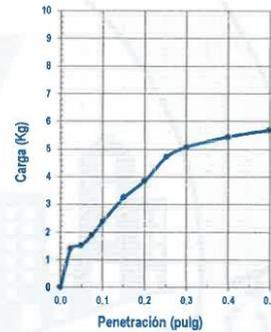
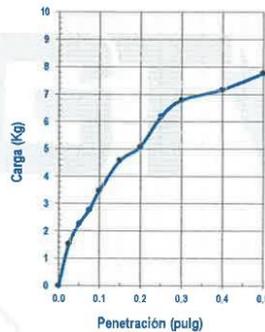
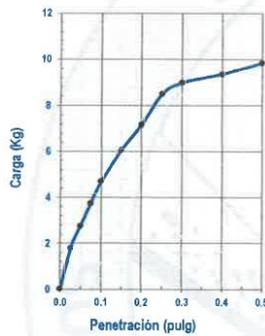
Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-2

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

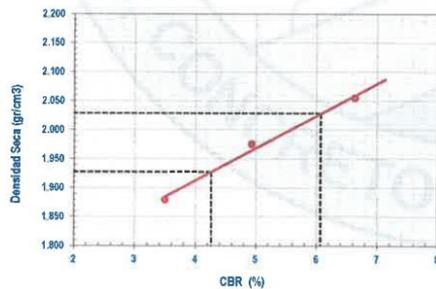
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	6.6 %
CBR (0.2")	7.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.055

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	4.9 %
CBR (0.2")	5.2 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.975

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	3.5 %
CBR (0.2")	3.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.879



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.028
 Óptimo contenido de humedad (%) : 7.1
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.927

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 6.1 0.2" 6.4
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 4.3 0.2" 4.5

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.3 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6 - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 Ps.J. GRAU #211-CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicacion : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-3
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

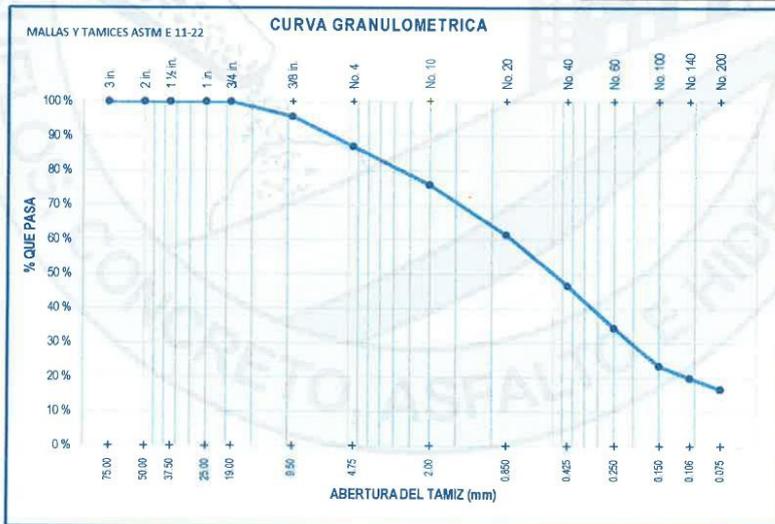
MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULAS (GRADUACIÓN) DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS DE TAMIZ - ASTM D-6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 in.	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½ in.	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 in.	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾ in.	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 in.	9.50	130.79	4.36	4.36	95.64
No. 4	4.75	258.90	8.62	12.98	87.02
No. 10	2.00	336.80	11.22	24.19	75.81
No. 20	0.850	433.27	14.43	38.62	61.38
No. 40	0.425	446.90	14.88	53.51	46.49
No. 60	0.250	365.80	12.18	65.69	34.31
No. 100	0.150	330.83	11.02	76.71	23.29
No. 140	0.106	104.86	3.49	80.20	19.80
No. 200	0.075	96.87	3.23	83.43	16.57
FONDO		497.7	16.57	100.00	0.00
TOTAL		3002.67	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

GRAVA	12.98 %
ARENA	70.45 %
FINO	16.57 %
TOTAL	100.00 %

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : SM
Nombre del grupo (SUCS) : ARENA LIMOSA
Clasificación AASTHO, ASTM D-3282 : A-1-b (0)
Tipo usuales de materiales : FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA
Clasificación General Subrasante : EXCELENTE A BUENO



Nota
* Los Ensayos se realizaron en las Condiciones Ambientales.

Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 196161

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211- CHILCA
 980329953 / 952525151
 GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

Cantera : MATERIAL DE CALICATA

Clase de material : ALTERADO

N° de muestra : M-3

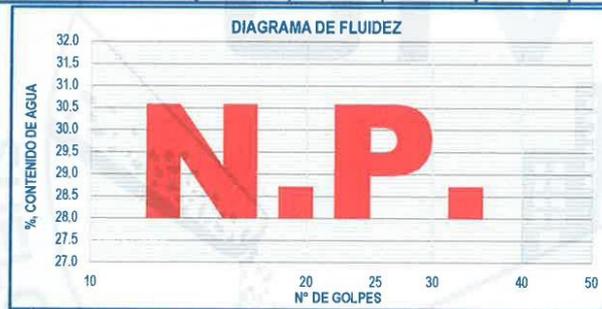
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS, ASTM D4318-17e1

Metodo de preparación: Via Humeda Porcentaje retenido en el Tamiz No. 40: 53.51 %

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. De cápsula	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo seco (g)	-	-	-	-
Masa cápsula (g)	-	-	-	-
Masa del agua (g)	-	-	-	-
Masa del suelo seco (g)	-	-	-	-
Contenido de humedad %	-	-	-	-
Nro. De golpes	-	-	I	II



LÍMITE LÍQUIDO
LL : N.P.

LÍMITE PLÁSTICO
LP : N.P.

ÍNDICE PLÁSTICO
IP : N.P.



CONTENIDO DE AGUA, ASTM D-2216, %	
Código de recipiente	-
Masa de recipiente (g)	85.62 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	536.89 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	489.62 g
Masa de agua (g)	47.27 g
Masa de suelo seco (g)	404.00 g
Contenido de Agua %	11.70 %

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

👤 RUC: 20606529229
📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA
☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : ALTERADO
N° de muestra : M-3
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56,000 ft-lb/ft³ 3 (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

Condiciones Ambientales: Temperatura 18.7 °C
 Humedad Relativa 47%

Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Cepas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,539.0	5,787.0	5,824.0	5,751.0
Masa molde (g)	3,764.0	3,764.0	3,764.0	3,764.0
Masa suelo compactado (g)	1,775.0	2,023.0	2,060.0	1,987.0
Volumen del molde (cm ³)	947.9	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.873	2.134	2.173	2.096

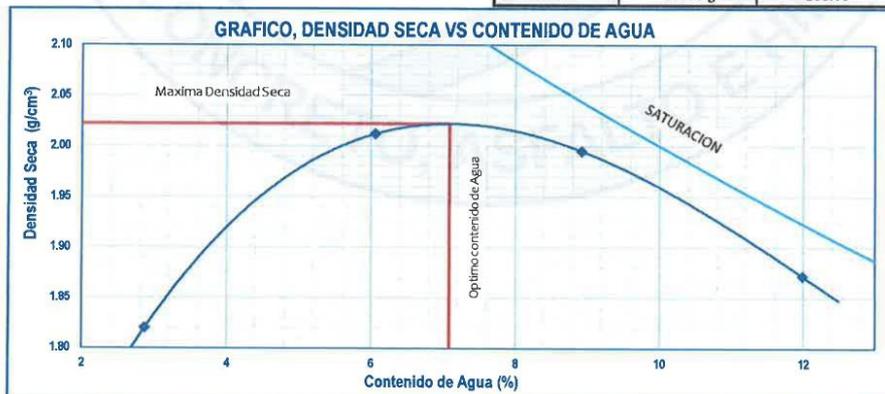
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	111.0	115.2	129.7	111.4
Tara + suelo seco (g)	108.6	110.0	120.8	101.6
Masa de agua (g)	2.4	5.3	8.9	9.8
Masa de tara (g)	25.6	22.9	21.2	20.0
Masa de suelo seco (g)	83.0	87.1	99.5	81.6
Humedad (%)	2.87	6.06	8.93	11.99
Densidad Seca (g/cm ³)	1.820	2.012	1.995	1.872

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,764.0
VOLUMEN (cm ³)	947.9

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.022
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2022.15
Óptimo Contenido de Humedad (%):	7.08
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19831

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	1136 g	8.49
N° 4	2033 g	15.20
PASANTE N° 4	10209 g	76.31
TOTAL	13378 g	100.00



RUC: 20606529229
 P5J.GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-3

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12821.0	13032.0	12383.0	12802.0	12317.0	12798.0
Peso de molde (g)	7570.0	7570.0	7544.0	7544.0	7725.0	7725.0
Peso del suelo húmedo (g)	5251.0	5462.0	4819.0	5258.0	4592.0	5073.0
Volumen del molde (cm3)	2422.7	2422.7	2415.3	2415.3	2420.1	2420.1
Densidad húmeda (g/cm3)	2.167	2.255	1.995	2.177	1.897	2.096
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	136.6	109.6	246.2	144.9	251.1	143.4
Peso suelo seco + tara (g)	127.8	101.3	229.0	133.7	233.3	131.0
Peso de tara (g)	20.9	15.3	18.5	24.2	15.9	23.5
Peso de agua (g)	8.8	8.4	17.3	11.2	17.8	12.4
Peso de suelo seco (g)	106.9	86.0	210.5	109.5	217.4	107.5
Contenido de humedad (%)	8.21	9.73	8.21	10.23	8.20	11.56
Densidad seca (g/cm3)	2.003	2.055	1.844	1.975	1.754	1.879

EXPANSION					
FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	03/08/2023	10:00	0.25	0.11	3.15
Final	07/08/2023	11:00	0.29	0.170	3.23
Expansión	mm		0.04	0.060	0.08
	%		0.033	0.050	0.067

PENETRACION														
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1					MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%		
Pulgadas	kg/cm2	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	%	
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00			
0.025		0.003	1.75			0.001	1.51			0.000	1.39			
0.050		0.011	2.72			0.007	2.24			0.001	1.51			
0.075		0.019	3.68			0.011	2.72			0.004	1.87			
0.100	70.31	0.026	4.64	4.6	6.5	0.017	3.44	3.4	4.9	0.008	2.36	2.4	3.5	
0.150		0.037	5.96			0.025	4.52			0.015	3.20			
0.200	105.46	0.046	7.04	7.3	6.9	0.029	5.00	5.4	5.1	0.020	3.80	3.9	3.7	
0.250		0.057	8.35			0.038	6.08			0.026	4.64			
0.300		0.061	8.83			0.043	6.68			0.029	5.00			
0.400		0.064	9.19			0.046	7.04			0.032	5.36			
0.500		0.068	9.67			0.051	7.63			0.034	5.60			

RUC: 20606529229
 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V.S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Camarraz Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : ALTERADO

Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-3

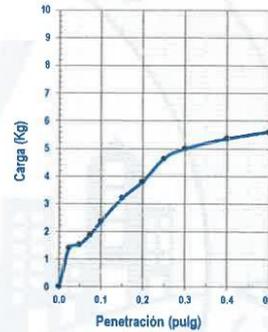
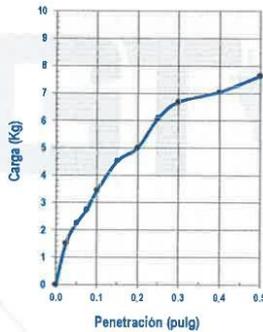
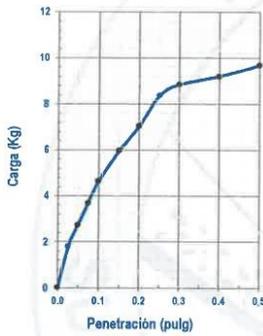
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-10-01

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

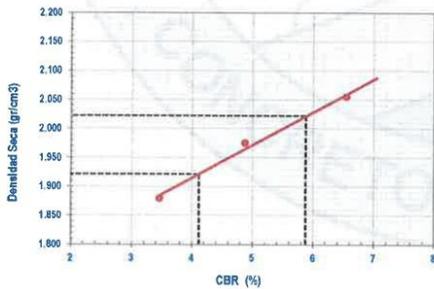
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	6.5 %
CBR (0.2")	6.9 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.055

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	4.9 %
CBR (0.2")	5.1 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.975

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	3.5 %
CBR (0.2")	3.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.879



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.022
 Optimo contenido de humedad (%) : 7.1
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.921

CBR al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 5.9 0.2" 6.2
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 4.1 0.2" 4.4

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.1 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

👤 RUC: 20606529229
 📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA
 ☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
 ✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



👤 RUC: 20606529229
📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA
☎ 980329953 / 952525151

🌐 GEO TEST V S.A.C.
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL +3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-1
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/3))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 18.6 °C
 Humedad Relativa 47%

Revisión: 01
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,459.0	5,681.0	5,739.0	5,650.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,863.0	2,085.0	2,143.0	2,054.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.952	2.185	2.245	2.152

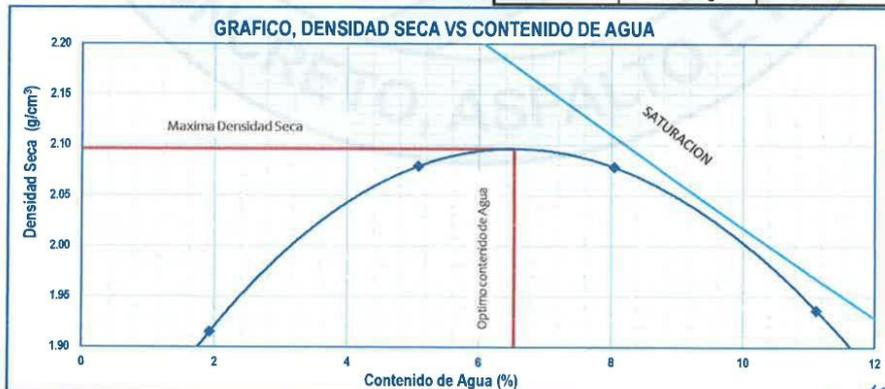
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	623.0	691.7	729.6	682.4
Tara + suelo seco (g)	612.4	661.4	681.6	621.4
Masa de agua (g)	10.6	30.3	48.0	61.0
Masa de tara (g)	62.5	64.3	85.2	72.4
Masa de suelo seco (g)	549.9	597.1	596.4	549.0
Humedad (%)	1.93	5.08	8.05	11.12
Densidad Seca (g/cm ³)	1.915	2.079	2.078	1.937

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.096
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2096.40
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.53
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	20559

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	1584 g	3.91
N° 4	5689 g	14.03
PASANTE N° 4	33268 g	82.06
TOTAL	40541 g	100.00



📍 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211-CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

🌐 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Camarra Espinoza
 Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-1

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12241.0	11857.0	11438.0	11588.0	11167.0	11357.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5209.0	4825.0	4504.0	4654.0	4157.0	4347.0
Volumen del molde (cm ³)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.416	2.238	2.089	2.159	1.928	2.016
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	552.3	635.3	583.2	742.5	584.3	736.6
Peso suelo seco + tara (g)	509.8	570.8	536.6	683.1	538.9	653.0
Peso de tara (g)	86.3	72.5	56.7	82.3	82.0	70.1
Peso de agua (g)	42.5	64.5	46.6	79.4	45.4	83.6
Peso de suelo seco (g)	423.5	498.3	479.9	600.8	456.9	582.9
Contenido de humedad (%)	10.04	12.94	9.71	13.22	9.94	14.34
Densidad seca (g/cm ³)	2.196	1.981	1.904	1.907	1.754	1.763

EXPANSION					
FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	2023-06 10:30	0.66	2.56	2.57	
Final	2023-06 11:00	1.08	3.110	3.05	
Expansión	mm	0.42	0.550	0.48	
	%	0.350	0.458	0.400	

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.033	5.41			0.028	4.81			0.021	3.93		
0.050		0.053	7.91			0.045	6.91			0.033	5.47		
0.075		0.066	9.42			0.056	8.21			0.041	6.46		
0.100	70.31	0.078	10.92	10.6	15.1	0.066	9.52	9.2	13.1	0.049	7.34	7.2	10.2
0.150		0.090	12.42			0.077	10.82			0.057	8.33		
0.200	105.46	0.098	13.42	14.3	13.6	0.084	11.62	12.4	11.8	0.061	8.88	9.5	9.0
0.250		0.106	14.42			0.091	12.52			0.067	9.54		
0.300		0.115	15.42			0.097	13.32			0.072	10.20		
0.400		0.123	16.41			0.105	14.22			0.076	10.75		
0.500		0.131	17.41			0.111	15.02			0.082	11.41		

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211- CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

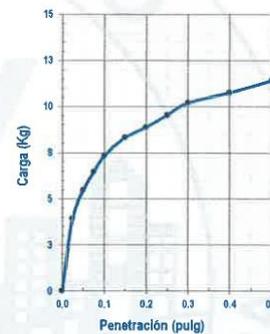
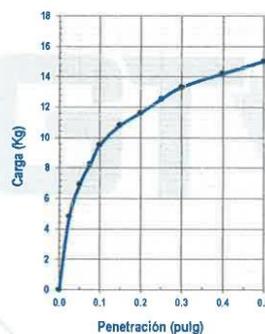
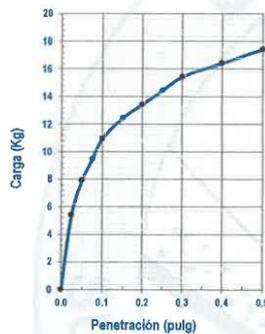
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-1

Codiglo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

MTC E 132

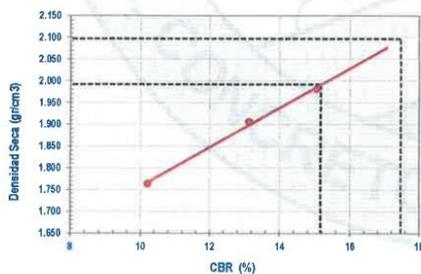
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	15.1 %
CBR (0.2")	13.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.961

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	13.1 %
CBR (0.2")	11.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.907

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	10.2 %
CBR (0.2")	9.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.763



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.096
 Optimo contenido de humedad (%) : 6.5
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.992

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 17.5 0.2" 15.8
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 15.2 0.2" 13.7

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 17.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 15.2 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229 GEO TEST V.S.A.C.
 Psj. GRAU #211- CHILCA GEO TEST.V@GMAIL.COM
 980329953 / 952525151 LABGEO TEST V02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/3))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 18.6 °C
 Humedad Relativa 46%

Revisión: 01
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,562.0	5,728.0	5,767.0	5,664.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,966.0	2,132.0	2,171.0	2,068.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.060	2.234	2.275	2.167

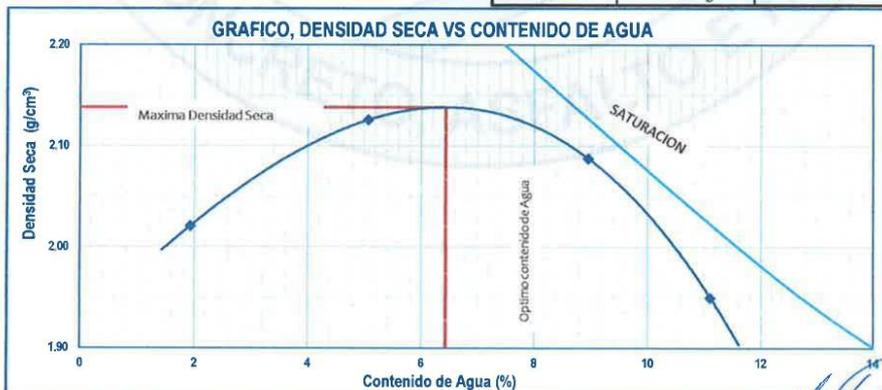
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	623.0	691.7	729.6	682.4
Tara + suelo seco (g)	612.4	661.4	676.6	621.4
Masa de agua (g)	10.6	30.3	53.0	61.0
Masa de tara (g)	62.5	64.3	85.2	72.4
Masa de suelo seco (g)	549.9	597.1	591.4	549.0
Humedad (%)	1.93	5.08	8.96	11.12
Densidad Seca (g/cm ³)	2.021	2.126	2.088	1.950

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.138
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2138.34
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.43
Peso Unitario Seco (kNim ³):	20971

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



📍 RUC: 20606529229
 📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

[Firma]
 Luis Guayra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLÍMERO DE MAÍZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-2

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12220.0	11834.0	11429.0	11579.0	11142.0	11302.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5188.0	4802.0	4495.0	4645.0	4132.0	4292.0
Volumen del molde (cm ³)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.406	2.227	2.085	2.154	1.917	1.991
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	447.0	520.8	628.1	518.5	572.0	569.7
Peso suelo seco + tara (g)	410.0	470.8	575.0	460.1	521.5	498.8
Peso de tara (g)	45.7	48.4	45.1	46.5	48.3	70.4
Peso de agua (g)	37.0	50.0	53.1	59.4	50.5	70.9
Peso de suelo seco (g)	364.3	422.4	529.9	413.6	473.2	428.4
Contenido de humedad (%)	10.16	11.84	10.02	14.36	10.68	16.55
Densidad seca (g/cm ³)	2.184	1.991	1.895	1.884	1.732	1.708

EXPANSION						
	FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	2023-06	10:30	4.40	4.05	5.06	
Final	2023-06	11:00	4.64	4.570	5.85	
Expansión	mm		0.24	0.520	0.79	
	%		0.200	0.433	0.658	

PENETRACION														
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1					MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00			
0.025		0.033	5.39			0.025	4.47			0.017	3.48			
0.050		0.053	7.88			0.041	6.37			0.027	4.74			
0.075		0.065	9.37			0.050	7.55			0.034	5.56			
0.100	70.31	0.077	10.86	10.5	15.0	0.060	8.72	8.5	12.0	0.040	6.28	6.2	8.8	
0.150		0.090	12.35			0.069	9.89			0.047	7.09			
0.200	105.46	0.098	13.35	14.2	13.5	0.075	10.62	11.4	10.8	0.050	7.55	8.1	7.7	
0.250		0.106	14.34			0.082	11.43			0.055	8.09			
0.300		0.114	15.34			0.088	12.15			0.059	8.63			
0.400		0.122	16.33			0.095	12.96			0.063	9.08			
0.500		0.130	17.32			0.100	13.68			0.067	9.62			

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211- DHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

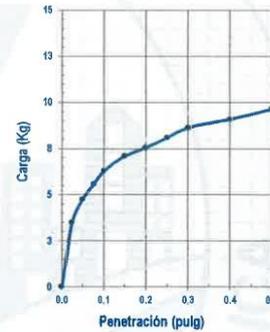
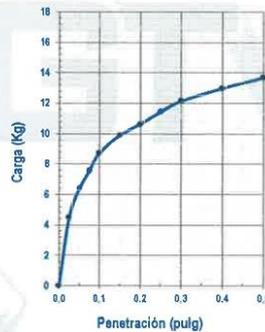
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-2

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

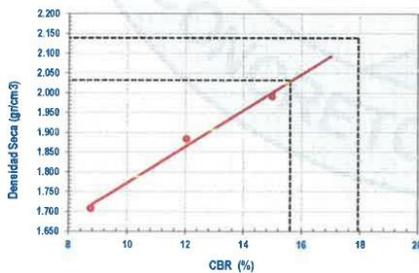
Hoja : 02 de 02



MOLDE Nº1	
CBR (0.1")	15.0 %
CBR (0.2")	13.5 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.991

MOLDE Nº2	
CBR (0.1")	12.0 %
CBR (0.2")	10.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.884

MOLDE Nº3	
CBR (0.1")	8.8 %
CBR (0.2")	7.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.708



Metodo de compactación : **ASTM D1557**
 Maxima densidad seca (g/cm³) : **2.138**
 Optimo contenido de humedad (%) : **6.4**
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : **2.031**

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 17.9 0.2" 16.2
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 15.6 0.2" 14.1

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 17.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 15.6 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLÉN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL +3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-3
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)
Condiciones Ambientales: Temperatura 18.6 °C, Humedad Relativa 44%
FP-CP-02
Revisión: 01
Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,529.0	5,721.0	5,769.0	5,650.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,933.0	2,125.0	2,173.0	2,054.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.025	2.227	2.277	2.152

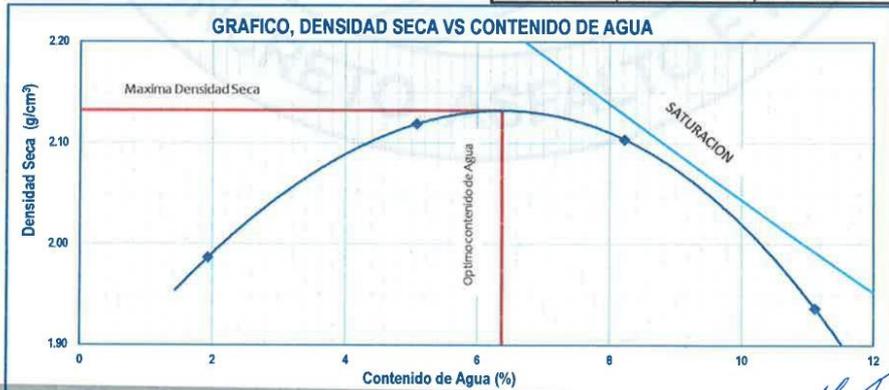
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	623.0	691.7	729.6	682.4
Tara + suelo seco (g)	612.4	661.4	680.6	621.4
Masa de agua (g)	10.6	30.3	49.0	61.0
Masa de tara (g)	62.5	64.3	85.2	72.4
Masa de suelo seco (g)	549.9	597.1	595.4	549.0
Humedad (%)	1.93	5.08	8.23	11.12
Densidad Seca (g/cm ³)	1.987	2.119	2.104	1.937

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.132
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2132.10
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.38
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	20909

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILLA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOESTV02@GMAIL.COM



Luis Damarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-3
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

Molde N°	5		25		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12352.0	11966.0	11494.0	11644.0	11274.0	11437.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5320.0	4934.0	4560.0	4710.0	4264.0	4427.0
Volumen del molde (cm3)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.468	2.288	2.115	2.185	1.978	2.053
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	562.3	521.3	630.5	628.3	653.2	725.6
Peso suelo seco + tara (g)	513.8	470.8	576.6	573.1	588.9	653.0
Peso de tara (g)	45.7	53.8	56.7	62.3	81.2	69.5
Peso de agua (g)	48.5	50.5	53.9	55.2	54.3	72.6
Peso de suelo seco (g)	468.1	417.0	519.9	510.8	517.7	583.5
Contenido de humedad (%)	10.36	12.11	10.37	10.81	10.49	12.44
Densidad seca (g/cm3)	2.236	2.041	1.916	1.972	1.790	1.826

EXPANSION

	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	0.66	2.56	2.57
Final	2023-06	11:00	1.08	3.110	3.05
Expansión	mm		0.42	0.550	0.48
	%		0.350	0.458	0.400



PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1						MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION	
		Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2		Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2		Dial, mm	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
0.000		0.000	0.00				0.000	0.00				0.000	0.00		
0.025		0.034	5.50				0.025	4.44				0.017	3.46		
0.050		0.054	8.06				0.040	6.32				0.027	4.71		
0.075		0.067	9.60				0.050	7.48				0.034	5.52		
0.100	70.31	0.080	11.14	10.8	15.4		0.059	8.65	8.4	11.9		0.039	6.23	6.1	8.7
0.150		0.092	12.67				0.069	9.81				0.046	7.04		
0.200	105.46	0.101	13.69	14.6	13.8		0.075	10.52	11.3	10.7		0.050	7.48	8.1	7.6
0.250		0.109	14.71				0.081	11.33				0.054	8.02		
0.300		0.117	15.74				0.087	12.04				0.059	8.56		
0.400		0.126	16.76				0.094	12.85				0.062	9.00		
0.500		0.134	17.78				0.099	13.56				0.067	9.54		

• RUC: 20606529229
 • PSJ. GRAU #211- CHILLA
 • 980329953 / 952525151

• GEO TEST V S.A.C.
 • GEOTEST.V@GMAIL.COM
 • LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Alfonso Gamarra Espinoza
 Alfonso Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 3%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

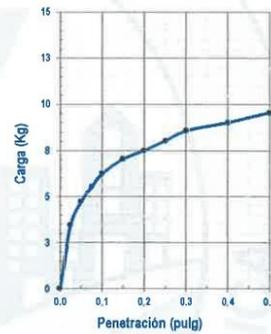
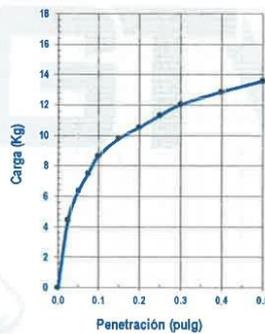
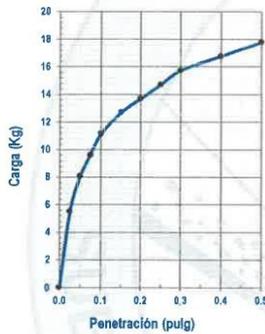
Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-3

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

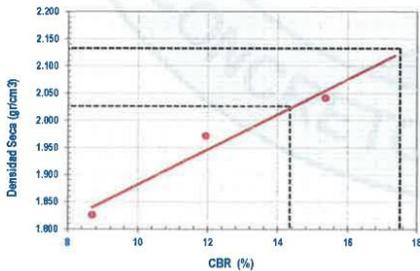
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	15.4 %
CBR (0.2")	13.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.041

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	11.9 %
CBR (0.2")	10.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.972

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	8.7 %
CBR (0.2")	7.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.826



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.132
 Optimo contenido de humedad (%) : 6.4
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 2.025

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 17.5 0.2" 15.9
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 14.3 0.2" 12.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 17.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 14.3 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211-CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMEROS DE MAIZ)
N° de muestra : M-1
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C
 Humedad Relativa 57%

Revisión: 01
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Cepas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,503.0	5,707.0	5,733.0	5,606.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,907.0	2,111.0	2,137.0	2,010.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.998	2.212	2.239	2.106

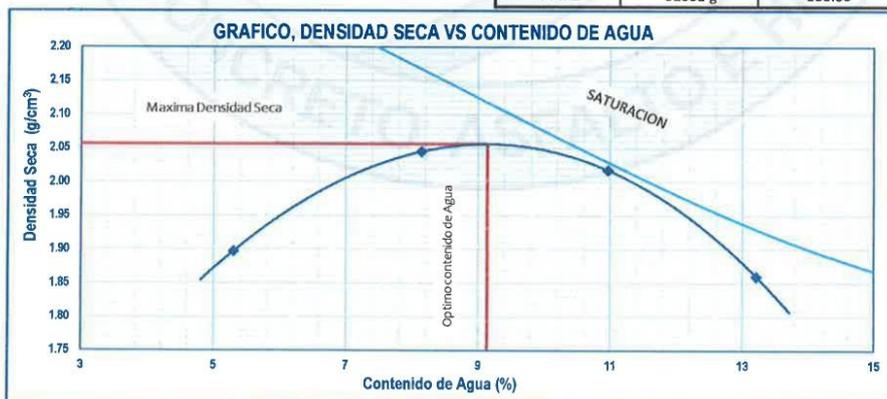
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	796.4	597.4	660.8	556.2
Tara + suelo seco (g)	760.6	558.2	603.8	500.6
Masa de agua (g)	35.8	39.2	57.0	55.6
Masa de tara (g)	85.6	76.8	84.3	79.6
Masa de suelo seco (g)	675.0	481.4	519.5	420.9
Humedad (%)	5.30	8.14	10.98	13.22
Densidad Seca (g/cm ³)	1.897	2.045	2.018	1.860

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.056
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2056.41
Óptimo Contenido de Humedad (%):	9.14
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	20167

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



RUC: 20606529229
 P5J. GRAU #211 - CHILDA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Camarraz Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198731



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLÍMERO DE MAÍZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-1

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

Molde N°	5		5		5	
	56		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11615.0	11714.0	11834.0	11921.0	11578.0	11827.0
Peso de molde (g)	6839.0	6839.0	7182.0	7182.0	7293.0	7293.0
Peso del suelo húmedo (g)	4776.0	4875.0	4652.0	4739.0	4285.0	4534.0
Volumen del molde (cm ³)	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.268	2.315	2.209	2.250	2.035	2.153
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	587.6	654.8	632.8	741.2	746.5	786.3
Peso suelo seco + tara (g)	548.7	598.0	590.4	672.9	681.4	710.5
Peso de tara (g)	78.7	68.5	84.3	56.8	61.3	74.3
Peso de agua (g)	38.9	56.8	42.4	68.3	55.1	75.8
Peso de suelo seco (g)	470.1	529.5	506.1	616.1	630.2	636.2
Contenido de humedad (%)	8.28	10.73	8.38	11.09	8.75	11.91
Densidad seca (g/cm ³)	2.094	2.091	2.038	2.026	1.871	1.924

EXPANSION

	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	11:30	0.67	0.15	0.17
Final	2023-06	13:15	1.06	0.387	0.52
Expansión	mm		0.19	0.237	0.35
	%		0.158	0.198	0.292



PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.054	7.95			0.040	6.35			0.026	4.60		
0.050		0.089	12.30			0.068	9.69			0.043	6.64		
0.075		0.107	14.48			0.081	11.29			0.052	7.80		
0.100	70.31	0.119	15.93	15.9	22.6	0.090	12.45	12.4	17.7	0.058	8.53	8.5	12.1
0.150		0.143	18.83			0.108	14.63			0.069	9.83		
0.200	105.46	0.166	21.72	22.9	21.7	0.126	16.80	17.6	16.8	0.081	11.29	11.9	11.3
0.250		0.184	23.89			0.140	18.54			0.089	12.30		
0.300		0.206	26.49			0.156	20.42			0.100	13.61		
0.400		0.224	28.65			0.170	22.16			0.108	14.63		
0.500		0.225	28.80			0.171	22.30			0.109	14.77		

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211- CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

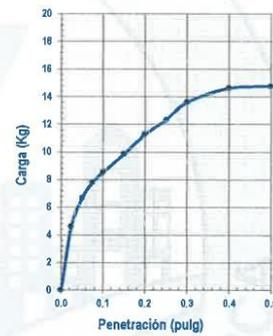
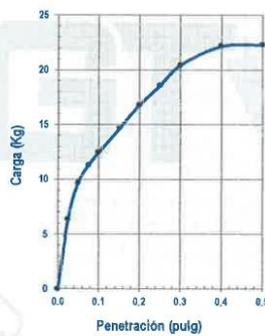
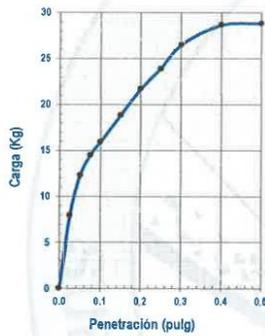
Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-1

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

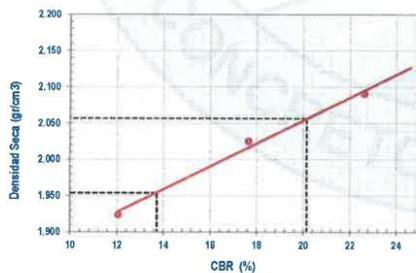
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	22.6 %
CBR (0.2")	16.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.091

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	17.7 %
CBR (0.2")	16.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.026

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	12.1 %
CBR (0.2")	11.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.924



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.056
 Óptimo contenido de humedad (%) : 9.1
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.954

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 20.2 0.2" 19.3
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 13.7 0.2" 12.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 20.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.7 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Camarero Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 196161

RUC: 20606529229 GEO TEST V S.A.C.
 Psj. GRAJ #211 - CHILCA GEOTEST.V@GMAIL.COM
 980329953 / 952525151 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN/m³))

ASTM D1557-12 (2021) FP-CP-02
Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C Revisión: 01
 Humedad Relativa 57% Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,409.0	5,704.0	5,739.0	5,614.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,813.0	2,108.0	2,143.0	2,018.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.900	2.209	2.245	2.114

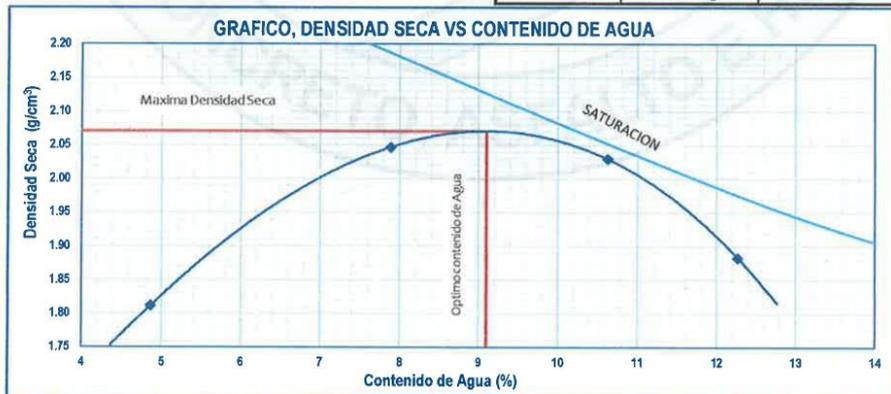
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	528.0	600.5	651.7	713.3
Tara + suelo seco (g)	505.8	560.1	593.5	641.6
Masa de agua (g)	22.2	40.4	58.2	71.7
Masa de tara (g)	48.8	48.2	45.8	57.3
Masa de suelo seco (g)	457.0	511.9	547.7	584.3
Humedad (%)	4.86	7.89	10.63	12.27
Densidad Seca (g/cm ³)	1.811	2.047	2.030	1.883

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.071
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2070.94
Óptimo Contenido de Humedad (%):	9.10
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	20310

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



RUC: 20606529229
 P.S.J. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-2

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11738.0	11839.0	11921.0	12007.0	11682.0	11935.0
Peso de molde (g)	6839.0	6839.0	7182.0	7182.0	7293.0	7293.0
Peso del suelo húmedo (g)	4899.0	5000.0	4739.0	4825.0	4389.0	4642.0
Volumen del molde (cm ³)	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.326	2.374	2.250	2.291	2.084	2.204
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	595.0	520.3	507.1	545.2	513.0	556.2
Peso suelo seco + tara (g)	549.9	468.0	465.9	490.2	474.9	498.6
Peso de tara (g)	88.2	44.7	46.4	48.2	85.5	87.0
Peso de agua (g)	45.1	52.3	41.2	55.0	38.1	57.6
Peso de suelo seco (g)	463.7	423.3	419.5	442.0	389.4	411.6
Contenido de humedad (%)	9.74	12.34	9.83	12.43	9.79	13.99
Densidad seca (g/cm ³)	2.120	2.113	2.049	2.038	1.888	1.934

EXPANSION					
FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	2023-06	11:30	1.19	1.32	1.48
Final	2023-06	13:15	1.36	1.520	1.86
Expansión	mm		0.17	0.200	0.38
	%		0.142	0.167	0.317

PENETRACION														
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1					MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00			
0.025		0.057	8.43			0.037	5.95			0.024	4.34			
0.050		0.096	13.11			0.062	9.03			0.039	6.22			
0.075		0.115	15.44			0.074	10.50			0.048	7.29			
0.100	70.31	0.128	17.00	17.0	24.1	0.083	11.57	11.5	16.4	0.054	7.96	7.9	11.3	
0.150		0.153	20.11			0.100	13.58			0.063	9.16			
0.200	105.46	0.179	23.21	24.5	23.2	0.116	15.58	16.5	15.6	0.074	10.50	11.1	10.5	
0.250		0.198	25.54			0.129	17.18			0.082	11.44			
0.300		0.221	28.33			0.143	18.91			0.092	12.64			
0.400		0.240	30.65			0.156	20.51			0.100	13.58			
0.500		0.241	30.80			0.158	20.64			0.101	13.71			

📍 RUC: 20606529229
📍 PSJ. GRAU #211- CHILCA
📞 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Camarraz Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198101



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06

Cantera : MATERIAL DE CALICATA

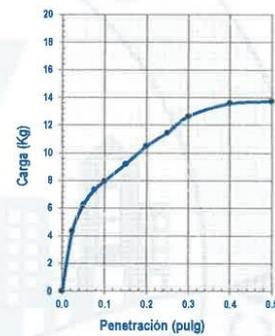
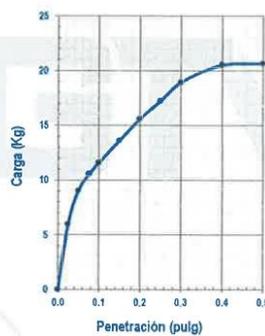
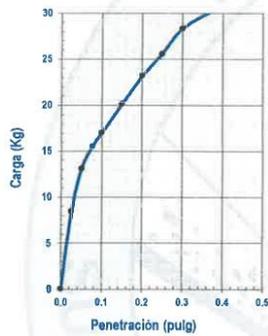
Clase de material : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

N° de muestra : M-2

Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

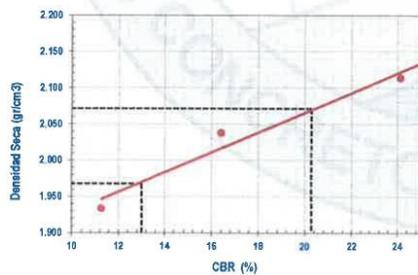
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	24.1 %
CBR (0.2")	23.2 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.113

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	16.4 %
CBR (0.2")	15.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.038

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	11.3 %
CBR (0.2")	10.5 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.934



Método de compactación : **ASTM D1557**
 Máxima densidad seca (g/cm³) : **2.071**
 Óptimo contenido de humedad (%) : **9.1**
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : **1.967**

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" **20.3** 0.2" **19.4**
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" **13.0** 0.2" **12.2**

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **20.3 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **13.0 (%)**

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU // 211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
 Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : SUBRASANTE
 Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
 Cantera : MATERIAL DE CALICATA
 Clase de material : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
 N° de muestra : M-3
 Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02
 Revisión: 01
 Hoja: 01 DE 01

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C
 Humedad Relativa 57%

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,409.0	5,694.0	5,719.0	5,614.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,813.0	2,098.0	2,123.0	2,018.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.900	2.198	2.224	2.114

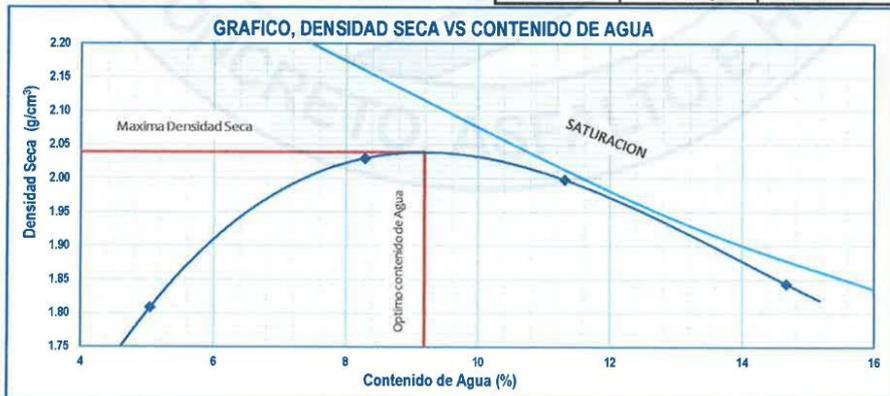
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	628.9	613.5	804.6	707.6
Tara + suelo seco (g)	602.3	571.0	730.8	627.6
Masa de agua (g)	26.6	42.5	73.8	80.0
Masa de tara (g)	75.5	58.6	78.6	82.2
Masa de suelo seco (g)	526.9	512.4	652.2	545.3
Humedad (%)	5.04	8.29	11.32	14.68
Densidad Seca (g/cm ³)	1.808	2.030	1.998	1.844

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.039
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2038.86
Óptimo Contenido de Humedad (%):	9.18
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19995

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00





LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLÉN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNÍN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLÍMERO DE MAÍZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-3

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11613.0	11713.0	11793.0	11880.0	11555.0	11806.0
Peso de molde (g)	6839.0	6839.0	7182.0	7182.0	7293.0	7293.0
Peso del suelo húmedo (g)	4774.0	4874.0	4611.0	4698.0	4262.0	4513.0
Volumen del molde (cm ³)	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0	2106.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.287	2.314	2.189	2.231	2.024	2.143
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	587.6	654.8	632.8	741.2	746.5	786.3
Peso suelo seco + tara (g)	548.7	598.0	590.4	672.9	691.4	710.5
Peso de tara (g)	78.7	68.5	84.3	56.8	61.3	74.3
Peso de agua (g)	38.9	56.8	42.4	68.3	65.1	75.8
Peso de suelo seco (g)	470.1	529.5	506.1	616.1	630.2	636.2
Contenido de humedad (%)	8.28	10.73	8.38	11.09	8.75	11.91
Densidad seca (g/cm ³)	2.094	2.090	2.020	2.008	1.861	1.915

EXPANSION					
FECHA	HORA	Expansión			Expansión, mm
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes	
Inicio	2023-06	11:30	0.47	0.61	0.25
Final	2023-06	13:15	0.61	0.830	0.49
Expansión	mm		0.14	0.216	0.24
	%		0.117	0.180	0.200



PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.055	8.15			0.042	6.50			0.027	4.70		
0.050		0.092	12.64			0.070	9.95			0.044	6.80		
0.075		0.110	14.88			0.083	11.59			0.054	8.00		
0.100	70.31	0.123	16.38	16.4	23.3	0.093	12.79	12.8	18.1	0.060	8.75	8.7	12.4
0.150		0.147	19.36			0.112	15.03			0.071	10.10		
0.200	105.46	0.172	22.35	23.6	22.3	0.130	17.27	18.3	17.3	0.083	11.59	12.3	11.6
0.250		0.190	24.58			0.145	19.07			0.092	12.64		
0.300		0.212	27.26			0.161	21.01			0.103	13.99		
0.400		0.230	29.49			0.175	22.79			0.112	15.03		
0.500		0.232	29.64			0.177	22.94			0.113	15.18		

📍 RUC: 20606529229
📍 PSJ. GRAU #211- CHILCA
☎ 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Manuel G.
Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 6%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

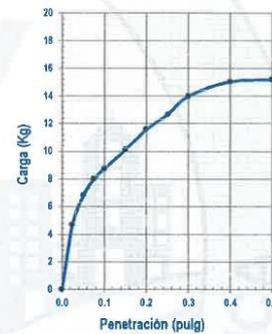
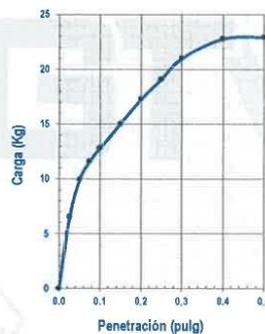
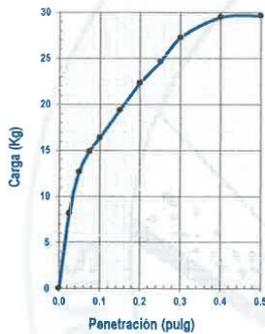
Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-3

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

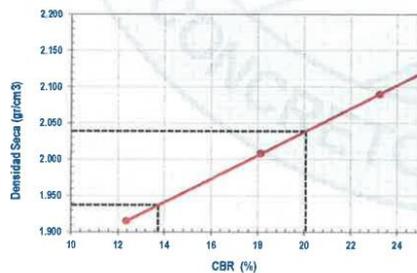
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	23.3 %
CBR (0.2")	22.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.090

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	18.1 %
CBR (0.2")	17.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.008

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	12.4 %
CBR (0.2")	11.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.915



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.039
 Optimo contenido de humedad (%) : 9.2
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.937

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 20.1 0.2" 19.2
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 13.7 0.2" 13.0

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 20.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.7 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

👤 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211- CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
 Peticionario : BACH GUILLÉN POMA ISMAEL
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : SUBRASANTE
 Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
 Cantera : MATERIAL DE CALICATA
 Clase de material : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
 N° de muestra : M-1
 Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02
 Revision: 01
 Hoja: 01 DE 01

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C
 Humedad Relativa 57%

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,509.0	5,641.0	5,679.0	5,560.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,913.0	2,045.0	2,083.0	1,964.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.004	2.143	2.183	2.058

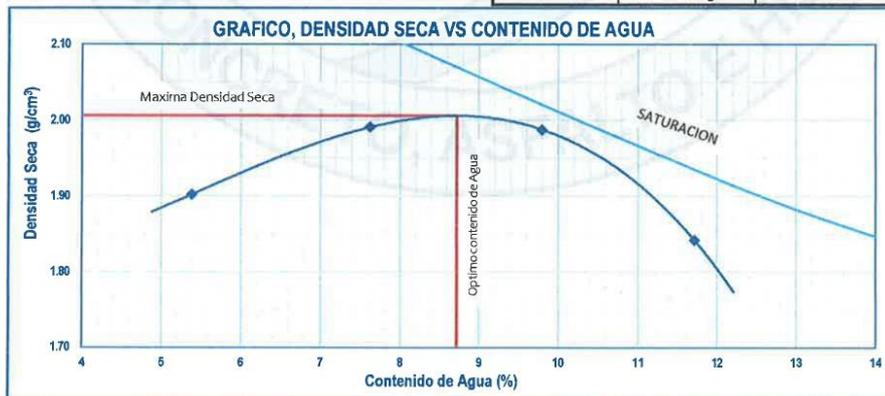
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	623.0	689.7	723.6	673.4
Tara + suelo seco (g)	594.4	645.4	666.6	610.4
Masa de agua (g)	28.6	44.3	57.0	63.0
Masa de tara (g)	62.5	64.3	85.2	72.4
Masa de suelo seco (g)	531.9	581.1	581.4	538.0
Humedad (%)	5.38	7.63	9.80	11.71
Densidad Seca (g/cm ³)	1.902	1.991	1.988	1.842

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.006
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2005.67
Óptimo Contenido de Humedad (%):	8.72
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19672

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



RUC: 20606529229
 P.S.J. GRAU #211 - CHILLA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-1

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12241.0	11857.0	11438.0	11588.0	11167.0	11357.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5209.0	4825.0	4504.0	4654.0	4157.0	4347.0
Volumen del molde (cm ³)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.416	2.238	2.089	2.159	1.928	2.016
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	552.3	635.3	583.2	742.5	584.3	738.6
Peso suelo seco + tara (g)	509.8	570.8	536.6	663.1	538.9	653.0
Peso de tara (g)	86.3	72.5	56.7	62.3	82.0	70.1
Peso de agua (g)	42.5	64.5	46.6	79.4	45.4	83.6
Peso de suelo seco (g)	423.5	498.3	479.9	600.8	456.9	582.9
Conferido de humedad (%)	10.04	12.94	9.71	13.22	9.94	14.34
Densidad seca (g/cm ³)	2.186	1.981	1.904	1.907	1.754	1.763

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	0.66	2.56	2.57
Final	2023-06	11:00	1.08	3.110	3.05
Expansión	mm		0.42	0.550	0.48
	%		0.350	0.458	0.400



PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.033	5.41			0.028	4.81			0.021	3.93		
0.050		0.053	7.91			0.045	6.91			0.033	5.47		
0.075		0.066	9.42			0.056	8.21			0.041	6.46		
0.100	70.31	0.078	10.92	10.6	15.1	0.066	9.52	9.2	13.1	0.049	7.34	7.2	10.2
0.150		0.090	12.42			0.077	10.82			0.057	8.33		
0.200	105.46	0.098	13.42	14.3	13.6	0.084	11.62	12.4	11.8	0.061	8.88	9.5	9.0
0.250		0.106	14.42			0.091	12.52			0.067	9.54		
0.300		0.115	15.42			0.097	13.32			0.072	10.20		
0.400		0.123	16.41			0.105	14.22			0.076	10.75		
0.500		0.131	17.41			0.111	15.02			0.082	11.41		

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Manuel Espinoza
 Manuel Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

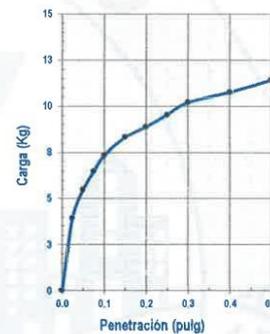
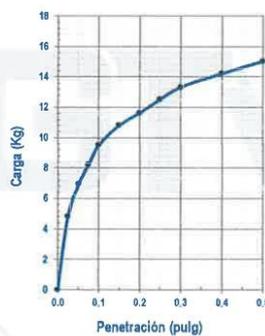
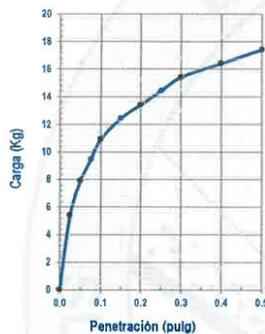
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
Estructura : SUBRASANTE **N° de muestra** : M-1
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

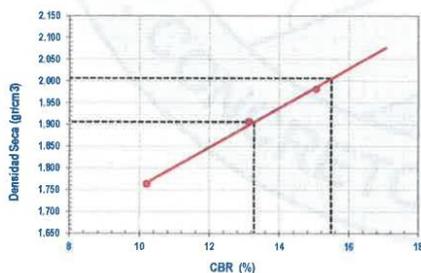
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	15.1 %
CBR (0.2")	13.6 %
Densidad seca (g/cm3)	1.981

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	13.1 %
CBR (0.2")	11.8 %
Densidad seca (g/cm3)	1.907

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	10.2 %
CBR (0.2")	9.0 %
Densidad seca (g/cm3)	1.763



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 2.006
 Optimo contenido de humedad (%) : 8.7
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 1.906

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 15.5 0.2" 14.0
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 13.3 0.2" 11.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 15.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.3 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Kamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU # 211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH GUILLÉN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-2
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)
Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C Humedad Relativa 57%
FP-CP-02
Revisión: 01
Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,509.0	5,641.0	5,679.0	5,560.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,913.0	2,045.0	2,083.0	1,964.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.004	2.143	2.183	2.058

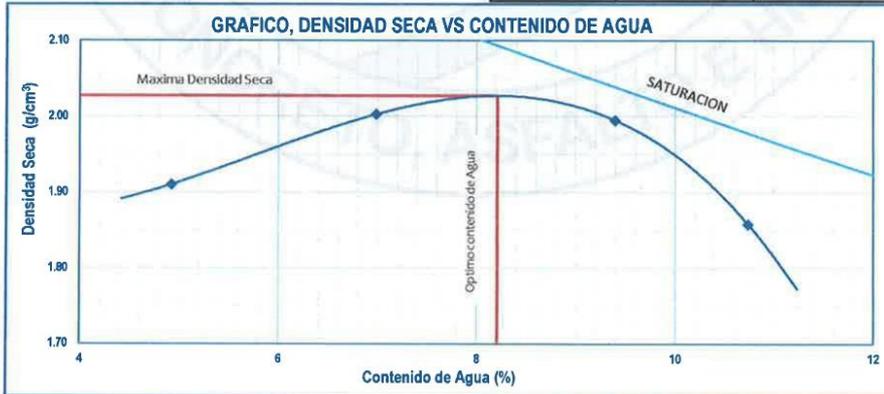
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	514.1	568.7	625.5	568.7
Tara + suelo seco (g)	492.4	535.4	576.6	518.4
Masa de agua (g)	21.7	33.3	48.9	50.3
Masa de tara (g)	51.3	58.5	56.3	49.9
Masa de suelo seco (g)	441.1	476.9	520.3	468.5
Humedad (%)	4.92	6.99	9.40	10.74
Densidad Seca (g/cm ³)	1.910	2.003	1.995	1.858

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.027
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2027.24
Óptimo Contenido de Humedad (%):	8.21
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19881

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00





LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-2

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12202.0	11816.0	11411.0	11581.0	11124.0	11287.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5170.0	4784.0	4477.0	4627.0	4114.0	4277.0
Volumen del molde (cm ³)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.398	2.219	2.077	2.146	1.908	1.994
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	562.3	521.3	630.5	628.3	653.2	725.6
Peso suelo seco + tara (g)	513.8	470.8	576.8	573.1	598.9	653.0
Peso de tara (g)	45.7	53.8	56.7	62.3	61.2	69.5
Peso de agua (g)	48.5	50.5	63.9	55.2	54.3	72.6
Peso de suelo seco (g)	468.1	417.0	519.9	510.8	517.7	583.5
Contenido de humedad (%)	10.36	12.11	10.37	10.81	10.49	12.44
Densidad seca (g/cm ³)	2.173	1.979	1.881	1.937	1.727	1.764

EXPANSION				
FECHA	HORA	Expansión		
		Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06 10:30	0.66	2.56	2.57
Final	2023-06 11:00	1.08	3.110	3.05
Expansión	mm	0.42	0.550	0.48
	%	0.350	0.458	0.400

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.029	4.98			0.025	4.44			0.017	3.46		
0.050		0.048	7.22			0.040	6.32			0.027	4.71		
0.075		0.059	8.56			0.050	7.48			0.034	5.52		
0.100	70.31	0.069	9.90	9.6	13.7	0.059	8.65	8.4	11.9	0.039	6.23	6.1	8.7
0.150		0.080	11.24			0.069	9.81			0.046	7.04		
0.200	105.46	0.088	12.13	12.9	12.3	0.075	10.52	11.3	10.7	0.050	7.48	8.1	7.6
0.250		0.095	13.02			0.081	11.33			0.054	8.02		
0.300		0.102	13.92			0.087	12.04			0.059	8.56		
0.400		0.110	14.81			0.094	12.85			0.062	9.00		
0.500		0.117	15.70			0.099	13.56			0.067	9.54		

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILDA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198191



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06

Cantera : MATERIAL DE CALICATA

Clase de material : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

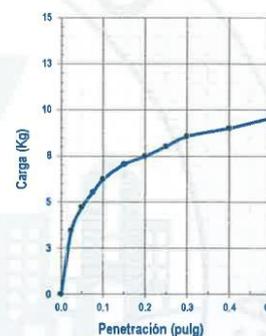
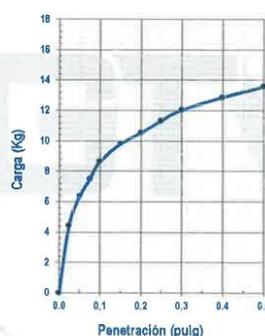
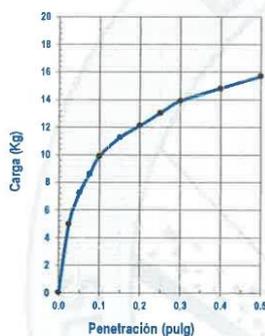
N° de muestra : M-2

Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

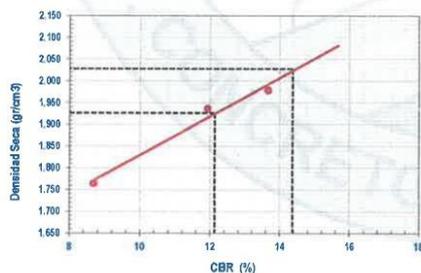
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	13.7 %
CBR (0.2")	12.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.979

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	11.9 %
CBR (0.2")	10.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.937

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	8.7 %
CBR (0.2")	7.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.764



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.027
 Óptimo contenido de humedad (%) : 8.2
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.926

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 14.4 0.2" 12.9
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 12.1 0.2" 10.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.1 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

[Firma]
 Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198101

📍 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211- CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : SUBRASANTE
Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06
Cantera : MATERIAL DE CALICATA
Clase de material : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)
N° de muestra : M-3
Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C
 Humedad Relativa 57%

Revisión: 01
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Masa suelo + molde (g)	5,512.0	5,648.0	5,687.0	5,564.0
Masa molde (g)	3,596.0	3,596.0	3,596.0	3,596.0
Masa suelo compactado (g)	1,916.0	2,052.0	2,091.0	1,968.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.008	2.150	2.191	2.062

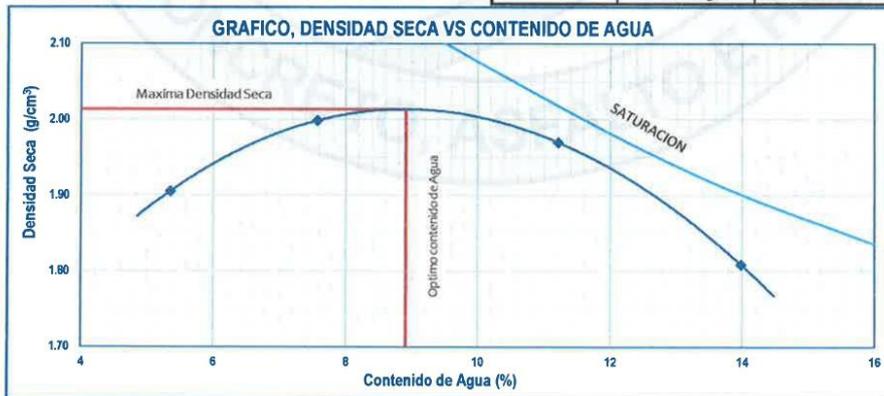
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	495.2	400.4	518.7	493.2
Tara + suelo seco (g)	472.4	375.4	471.2	438.4
Masa de agua (g)	22.8	25.1	47.5	54.8
Masa de tara (g)	46.5	44.7	48.0	46.5
Masa de suelo seco (g)	425.9	330.7	423.2	391.9
Humedad (%)	5.35	7.58	11.22	13.98
Densidad Seca (g/cm ³)	1.906	1.999	1.970	1.809

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	3,596.0
VOLUMEN (cm ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm ³):	2.013
Máxima Densidad Seca (Mg/m ³):	2013.49
Óptimo Contenido de Humedad (%):	8.91
Peso Unitario Seco (kN/m ³):	19746

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	0 g	0.00
3/8 in.	0 g	0.00
N° 4	0 g	0.00
PASANTE N° 4	32552 g	100.00
TOTAL	32552 g	100.00



RUC: 20606529229
 P.S.J. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLÍMEROS DE MAÍZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL **Cantera** : MATERIAL DE CALICATA

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Clase de material** : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLÍMERO DE MAÍZ)

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 **N° de muestra** : M-3

Código de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 **Fecha de emisión** : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

Molde N°	56		25		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12220.0	11834.0	11429.0	11579.0	11142.0	11302.0
Peso de molde (g)	7032.0	7032.0	6934.0	6934.0	7010.0	7010.0
Peso del suelo húmedo (g)	5188.0	4802.0	4495.0	4645.0	4132.0	4292.0
Volumen del molde (cm ³)	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0	2156.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.408	2.227	2.085	2.154	1.917	1.991
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	447.0	520.8	628.1	519.5	572.0	569.7
Peso suelo seco + tara (g)	410.0	470.8	575.0	460.1	521.5	498.8
Peso de tara (g)	45.7	48.4	45.1	45.5	48.3	70.4
Peso de agua (g)	37.0	50.0	53.1	59.4	50.5	70.9
Peso de suelo seco (g)	364.3	422.4	529.9	413.6	473.2	428.4
Contenido de humedad (%)	10.16	11.84	10.02	14.36	10.68	16.55
Densidad seca (g/cm ³)	2.184	1.991	1.895	1.884	1.732	1.708

EXPANSION

	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2022-08	10:30	4.40	4.05	5.06
Final	2022-08	11:00	4.64	4.570	5.85
Expansión	mm		0.24	0.520	0.79
	%		0.200	0.433	0.658



PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg/cm ²	Dial, mm	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial, mm	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.030	5.01			0.025	4.47			0.017	3.48		
0.050		0.048	7.27			0.041	6.37			0.027	4.74		
0.075		0.059	8.63			0.050	7.55			0.034	5.56		
0.100	70.31	0.070	9.98	9.7	13.8	0.060	8.72	8.5	12.0	0.040	6.28	6.2	8.8
0.150		0.081	11.34			0.069	9.89			0.047	7.09		
0.200	105.46	0.089	12.24	13.1	12.4	0.075	10.62	11.4	10.8	0.050	7.55	8.1	7.7
0.250		0.096	13.14			0.082	11.43			0.055	8.09		
0.300		0.103	14.04			0.088	12.15			0.059	8.63		
0.400		0.111	14.94			0.095	12.96			0.063	9.08		
0.500		0.118	15.84			0.100	13.68			0.067	9.62		

• RUC: 20606529229
 • PSJ. GRAU #211-CHILCA
 • 980329953 / 952525151

• GEO TEST V S.A.C.
 • GEOTEST.V@GMAIL.COM
 • LABGEOTESTV02@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198101



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : SUBRASANTE

Expediente N° : EXP-195-GEO-TEST-V-2022

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06

Cantera : MATERIAL DE CALICATA

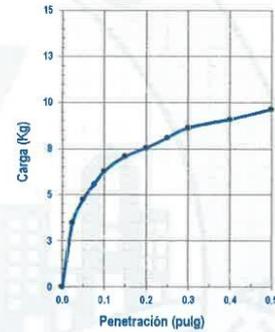
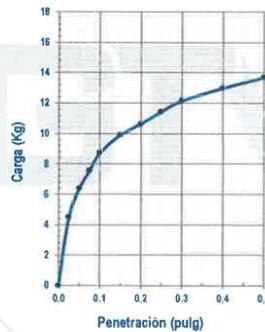
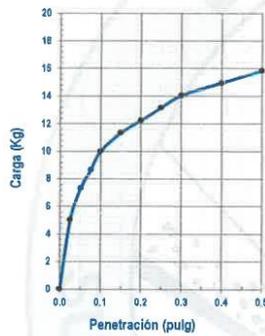
Clase de material : SUELO NATURAL + 9%(GLICERINA + POLIMERO DE MAIZ)

N° de muestra : M-3

Fecha de emisión : SETIEMBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

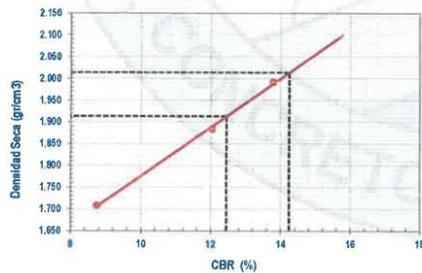
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	13.8 %
CBR (0.2")	12.4 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.991

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	12.0 %
CBR (0.2")	10.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.884

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	8.8 %
CBR (0.2")	7.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.708



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.013
 Óptimo contenido de humedad (%) : 8.9
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.913

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 14.2 0.2" 12.8
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 12.5 0.2" 11.1

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.5 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

👤 RUC: 20606529229
 📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA
 📞 980329953 / 952525151

🌐 GEO TEST V S.A.C.
 ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
 ✉️ LABGEOTESTV02@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO GEOTECNICO DE SUELOS NO COHESIVOS INCORPORANDO GLICERINA Y POLIMEROS DE MAIZ A NIVEL DE LA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. GUILLEN POMA ISMAEL
Ubicación : HUANCAYO - JUNÍN Clase de material : POLIMERO DE MAIZ
Estructura : VARIOS
Expediente No : EXP-195-GEO-TEST-V-2022 N° de muestra : POLIMERO DE MAIZ
Codigo de formato: C-F-EX-EX01/Rev.03/2023-06 Fecha de emisión : Setiembre - 22

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACIOS EN LOS AGREGADOS NTP 400.017

Tipo de agregado: POLIMERO DE MAIZ Código de Muestra: POLIMERO DE MAIZ
Procedencia: POLIMERO DE MAIZ

A. - PESO UNITARIO SUELTO - "METODO C".

PROCEDIMIENTO	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	20.77	20.77	20.77
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE (g)	23.17	23.24	23.19
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (g)	2.4	2.47	2.42
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)		71.640	
PESO APARENTE SUELTO (g/cm ³)	0.0335	0.0345	0.0338
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (g/cm ³)		0.034	

B. - PESO UNITARIO COMPACTADO - "METODO A".

PROCEDIMIENTO	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	20.77	20.77	20.77
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE (g)	48.65	48.95	48.76
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (g)	27.88	28.18	27.99
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)		71.640	
PESO APARENTE SUELTO (g/cm ³)	0.389	0.393	0.391
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (g/cm ³)		0.391	

* Este metodo de ensayo se adecuo para el aditivo.

** Estos datos fueron extraidos en laboratorio.

*** Trazabilidad para este ensayo se empleo Balanza Ohaus de sencibilidad de 0.01 g, para el volumen se empleo una embase verificado.


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198151

👤 RUC: 20606529229
📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA
☎ 980329953 / 952525151

📍 GEO TEST V S.A.C.
✉ GEOTEST.V@GMAIL.COM
✉ LABGEOESTV02@GMAIL.COM

Anexo N°05: Fichas de calibración de equipos para ensayos de laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 355 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

1. Expediente	220714	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEO TEST V SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	500 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	NO INDICA (*)	
Clase de exactitud	III	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	AWS	
Modelo	AWS-600	
Número de Serie	756-A	
Capacidad mínima	2 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2022-11-16	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-11-25

Firmado digitalmente por

Williams Pérez

Fecha: 2022.11.25 18:22:09
-05'00'**Metrologia & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.commetrologia@metrologiatecnicas.comwww.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 355 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento automático clase III y IIII (1ra Ed. Mayo 2019)"

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,0	21,0
Humedad Relativa (%)	30	31

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Para los cálculos del presente documento se considera 0,1 g como división de verificación (e).

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 355 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

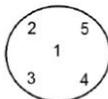
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21 °C	21 °C

Medición N°	Carga L1 = 250,00 g			Carga L2 : 500,00 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	250,0	50	0	500,0	50	0
2	250,0	60	-10	500,0	40	10
3	250,0	50	0	500,0	40	10
4	249,9	40	-90	500,0	50	0
5	249,9	40	-90	500,0	50	0
6	250,0	50	0	500,0	50	0
7	249,9	60	-110	500,0	60	-10
8	250,0	50	0	500,0	50	0
9	250,0	50	0	500,0	50	0
10	250,0	40	10	500,0	40	10
	Diferencia Máxima		120	Diferencia Máxima		20
	Error Máximo Permissible		± 300	Error Máximo Permissible		± 300

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21 °C	21 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (L)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		1,0	50	0		150,0	50	0	0
2		1,0	60	-10		150,0	50	0	10
3	1,00 g	1,0	60	-10	150,00 g	149,9	30	-80	-70
4		1,0	50	0		149,9	40	-90	-90
5		1,0	50	0		150,0	50	0	0
						Error máximo permisible			± 200

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 355 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	21 °C	21 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (mg)**
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,00	1,0	50	0						
2,00	2,0	50	0	0	2,0	60	-10	-10	100
5,00	5,0	60	-11	-10	5,0	60	-11	-10	100
50,00	50,0	40	10	10	50,0	40	10	10	100
100,00	100,0	40	10	10	100,0	50	0	0	200
150,00	150,0	50	0	0	150,0	60	-10	-10	200
200,00	200,0	60	-10	-10	200,0	50	0	0	200
250,00	250,0	50	0	0	250,0	40	10	10	300
300,00	299,9	30	-80	-80	300,0	40	10	10	300
400,00	399,9	30	-81	-80	399,9	30	-81	-80	300
500,01	499,9	40	-97	-97	499,9	40	-97	-97	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_C: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,78 \times 10^{-4} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$U = 2 \times \sqrt{5,20 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,55 \times 10^{-7} \times R^2}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 351 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	220714	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEO TEST V SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	6200 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	SJX6201/E	
Número de Serie	C045454697 (*)	
Capacidad mínima	5 g	
Procedencia	USA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2022-11-16	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2022-11-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.11.25 18:16:11
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 351 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011 "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II (4ta Ed. Abril 2010)"

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,2	20,2
Humedad Relativa (%HR)	31	33

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 351 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

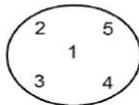
INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial	Final				
	Temperatura (°C)	21,2	21,2				
Medición Nº	Carga L1 = 3 000,0 g			Carga L2 = 6 000,0 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	3 000,0	50	-24	6 000,0	60	-32	
2	3 000,0	40	-14	6 000,0	50	-22	
3	3 000,0	40	-14	6 000,0	50	-22	
4	3 000,0	60	-34	6 000,1	60	68	
5	3 000,0	50	-24	6 000,1	60	68	
6	3 000,0	60	-34	6 000,0	30	-2	
7	3 000,0	30	-4	6 000,0	20	8	
8	3 000,0	50	-24	6 000,1	20	108	
9	3 000,0	50	-24	6 000,1	10	118	
10	3 000,0	40	-14	6 000,0	50	-22	
	Diferencia Máxima		30	Diferencia Máxima		150	
	Error Máximo Permissible		± 300	Error Máximo Permissible		± 300	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,2	21,2

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		1,0	30	20		2 000,0	50	-10	-30
2		1,0	30	20		1 999,9	30	-90	-110
3	1,0 g	1,0	20	30	2 000,0	1 999,9	30	-90	-120
4		1,0	60	-10		2 000,0	60	-20	-10
5		1,0	30	20		2 000,0	60	-20	-40
	Error máximo permisible								± 300

* Valor entre 0 y 10e

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 351 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,2	20,2

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,0	1,0	50	0						
2,0	2,0	20	30	30	1,9	80	-130	-130	100
10,0	10,0	60	-10	-10	9,9	80	-130	-130	100
50,0	50,0	60	-10	-10	49,9	30	-80	-80	100
100,0	100,0	60	-10	-10	99,9	80	-130	-130	100
1 000,0	999,9	20	-84	-84	999,9	80	-144	-144	200
2 000,0	2 000,0	70	-30	-30	1 999,9	70	-130	-130	300
3 000,0	3 000,0	70	-44	-44	3 000,0	30	-4	-4	300
4 000,0	4 000,1	20	110	110	4 000,0	50	-20	-20	300
5 000,0	5 000,1	20	122	122	5 000,1	20	122	122	300
6 200,0	6 200,1	20	108	108	6 200,1	20	108	108	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_C: Error corregido.

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0,000006030 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{0,0071 \text{ g}^2 + 0,000000002628 R^2}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 090 - 2022**

Página 1 de 3

1. Expediente	220714	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEO TEST V SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Instrumento de Medición	OLLA WASHINGTON (PRESS-AIR METER)	
Tipo	B	
Marca	FORNEY	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	723 (*)	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
Medidor de Aire:		
Tipo de Indicación	ANALOGICA	
Alcance de indicación	0 - 100% %	
5. Fecha de Calibración	2022-11-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-11-25

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.11.25 18:04:14
-05'00'



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 090 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Presión*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del manómetro de deformación elástica y el manómetro patrón tomando como referencia el método descrito en la norma ASTM C231 / C231M "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method" y el documento INACAL-DM PC-004:2019 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05% f.s."

7. Lugar de calibración**Las instalaciones del cliente.**

Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	20,5 °C
Humedad Relativa	32 % HR	32 % HR

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones trazables a los patrones de referencia de DM - INACAL LFP-077-2020 / LFP-076-2020	Manómetro de indicación digital con clase de exactitud 0,05% FS	INACAL - DM LFP-014-2022
Anillo Patrón INACAL DM / LLA-037-2021	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 11 µm	FA-0619-2022
Cilindro Patrón INACAL DM / LLA-033-2021		
Bloques Patrón (grado 0) 05461/20		
Bloques Patrón (grado 1) 05469/20		
Pesas Patrón INACAL DM / LLA-C-257-2020	Balanza de 5200 g clase de exactitud I	MT-LM-102-2022

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 090 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Presión*

Página 3 de 3

10. Resultados de Medición

Recipiente de Medición			
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Masa (kg)	Volumen (cm ³)
203,43	217,09	3,542	6990,3

Medidor de Aire tipo Bourdon		
Indicación A Calibrar (psi)	Indicación Manómetro Patrón (psi)	Error de Indicación (psi)
5,00	5,19	0,19
10,00	10,19	0,19
15,00	15,14	0,14

Ensayo de Carga Directa					
Valores Referenciales (% de aire)	Lecturas del A Calibrar			Promedio (% de aire)	Error (% de aire)
	L ₁ (% de aire)	L ₂ (% de aire)	L ₃ (% de aire)		
5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
10,0	9,9	9,9	9,9	9,9	-0,1
15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	0,0

Nota 1.- El diámetro del recipiente de medición es de 0,94 veces la altura del recipiente.**Nota 2.-** El punto inicial se determinó en 3%, para obtener el cero.**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALBRADO**.
- (*) Número de serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La densidad en el lugar de calibración es de 1,184 kg/m³
- Densidad del agua destilada utilizada para la calibración a 20 °C es de 998,38 (kg/m³).

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 183 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

1. Expediente	220714	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEO TEST V SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Capacidad	2000 kN	
Marca	UTEST	
Modelo	UTC-6231	
Número de Serie	18/000923	
Procedencia	TURQUIA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	UTEST	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Modelo	BC100	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,1 kN	
5. Fecha de Calibración	2022-11-16	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-11-25

Firmado digitalmente por

Williams Pérez

Fecha: 2022.11.25 17:35:55
-05'00'**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 183 - 2022***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza". (ISO 7500-1:2018).

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Grau Nro. 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	21,1 °C
Humedad Relativa	29 % HR	30 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-1 87747 / 2021-1 95857	CELDA DE CARGA calibrado a 1 000 kN con incertidumbre del orden de 0,24 %	LEDI-PUCP INF-LE 037-22B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- Se realizó la calibración hasta el 90 % debido a que el equipo no llega a su capacidad máxima.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 183 - 2022**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	101,1	101,0	100,9	101,0
20	200,0	201,7	201,8	201,7	201,8
30	300,0	300,9	301,0	301,0	301,0
40	400,0	401,0	400,8	400,9	400,9
50	500,0	501,6	501,7	501,6	501,7
60	600,0	601,2	601,2	601,2	601,2
70	700,0	701,3	701,4	701,3	701,3
80	800,0	800,9	801,0	801,0	801,0
90	900,0	900,2	900,3	900,2	900,2
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	-1,03	0,19	---	0,10	0,38
200,0	-0,87	0,05	---	0,05	0,38
300,0	-0,34	0,03	---	0,03	0,38
400,0	-0,22	0,05	---	0,03	0,38
500,0	-0,34	0,02	---	0,02	0,38
600,0	-0,20	0,02	---	0,02	0,38
700,0	-0,19	0,01	---	0,01	0,38
800,0	-0,12	0,01	---	0,01	0,38
900,0	-0,03	0,01	---	0,01	0,38

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

Anexo N°06: Data del procesamiento de datos

Máxima densidad seca de la muestra

MUESTRA DE SUELO	M-01	M-02	M-03	Máxima densidad seca (g/cm³)	% DE VARIACIÓN
Suelo natural	2.036	2.028	2.022	2.03	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	2.096	2.138	2.132	2.12	4.60%
SN+6% glicerina + polímero de maíz	2.056	2.071	2.039	2.06	1.31%
SN+9% glicerina + polímero de maíz	2.006	2.027	2.013	2.02	-0.66%

CBR del suelo al 95% de la MDS

MUESTRA DE SUELO	M-01	M-02	M-03	CBR al 95% (%)	% DE VARIACIÓN
Suelo natural	4.50	4.30	4.10	4.30	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	15.20	15.60	14.30	15.03	249.61%
SN+6% glicerina + polímero de maíz	13.70	13.00	13.70	13.47	213.18%
SN+9% glicerina + polímero de maíz	13.30	12.10	12.50	12.63	193.80%

OCH del suelo con glicerina + polímero de maíz

MUESTRA DE SUELO	M-01	M-02	M-03	Óptimo Contenido de Humedad (%)	% DE VARIACIÓN
Suelo natural	7.12	7.07	7.08	7.09	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	6.53	6.43	6.38	6.45	-9.07%
SN+6% glicerina + polímero de maíz	9.14	9.10	9.18	9.14	28.91%
SN+9% glicerina + polímero de maíz	8.72	8.21	8.91	8.61	21.49%

CBR del suelo al 100% de la MDS con glicerina + polimero de maíz

MUESTRA DE SUELO	M-01	M-02	M-03	CBR al 95% (%)	% DE VARIACIÓN
Suelo natural	6.40	6.10	5.90	6.13	0.00%
SN+3% glicerina + polímero de maíz	17.50	17.90	17.50	17.63	187.50%
SN+6% glicerina + polimero de maíz	20.20	20.30	20.10	20.20	229.35%
SN+9% glicerina + polimero de maíz	15.50	14.40	14.20	14.70	139.67%

Anexo N°07: Confiabilidad y validez del instrumento

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Ángel Pari Llantoy, CIP N° 139614
 De profesión Eng. Civil, y ejerciendo actualmente como docente, en la empresa Universidad Peruana Los Andes,
 Hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Ficha para análisis del comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos incorporando glicerina y polímeros de maíz a nivel de la subrasante" diseñado por el investigador BACH. Guillen Poma, Ismael, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem-Dimensión		✓	
Amplitud de contenidos		✓	
Redacción de los ítems			✓
Precisión de los ítems		✓	
Ortografía		✓	
Presentación			✓

En la ciudad de Huancayo, a los días 30 del mes de junio del 2023


Ing. Ángel Pari Llantoy
 INGENIERO CIVIL CIP 139614
 SUPERVISOR DE OBRA

Nombres y apellidos: Ángel pari Llantoy

DNI: 09766833

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Manuel Mucha Vásquez, CIP N° 270863
De profesión Ingeniería Civil, y ejerciendo actualmente como Residente, en la empresa Municipal Distrital de Tarma,
Hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Ficha para análisis del comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos incorporando glicerina y polímeros de maíz a nivel de la subrasante" diseñado por el investigador BACH. Guillen Poma, Ismael, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem-Dimensión		X	
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los ítems		X	
Precisión de los ítems		X	
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, a los días 30 del mes de junio del 2023



Firma

Nombres y apellidos: Manuel Mucha Vásquez
DNI: 45986098

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Pautrat Egoavil Henry Gustavo, CIP N° 73935
 De profesión Ingeniero Civil, y ejerciendo actualmente como Catedrático, en la empresa Universidad Peruana los Andes
 Hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Ficha para análisis de comportamiento geotécnico de suelos no cohesivos incorporando glicerina y polímeros de maíz a nivel de la subrasante" diseñado por el investigador BACH. Guillen Poma, Ismael, y luego de hacer la observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem-Dimensión		✓	
Amplitud de contenidos		✓	
Redacción de los ítems			✓
Precisión de los ítems		✓	
Ortografía			✓
Presentación		✓	

En la ciudad de Huancayo, a los días 30 del mes de junio del 2023


 FIRMA

Firma

Nombres y apellidos: Henry Gustavo Pautrat Egoavil

DNI: 40549130

Anexo N°07: Panel fotográfico

1. GRANULOMETRÍA



Fotografía N° 1: Prueba granulométrica del suelo

Nota: Propia.

2. CONTENIDO DE HUMEDAD



Fotografía N° 2: Prueba del contenido de humedad

Nota: Propia.

3. MALLA N°200



Fotografía N° 3: Prueba de pasantes de finos de la malla N°200

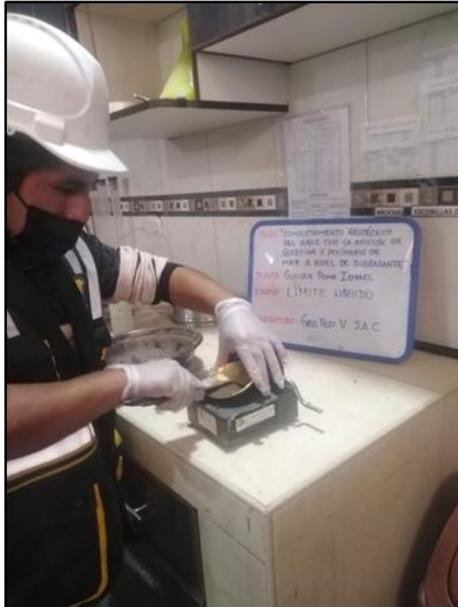
Nota: Propia.

4. LIMITES DE ATTERBENG



Fotografía N° 4: Prueba de LP sin el uso de aditivos.

Nota: Propia.



Fotografía N° 5: Prueba de limite liquido sin aditivo

Nota: Propia.

5. PROCTOR MODIFICADO



Fotografía N° 6: Preparación del material para el ensayo MTC E 115.

Nota: Propia.



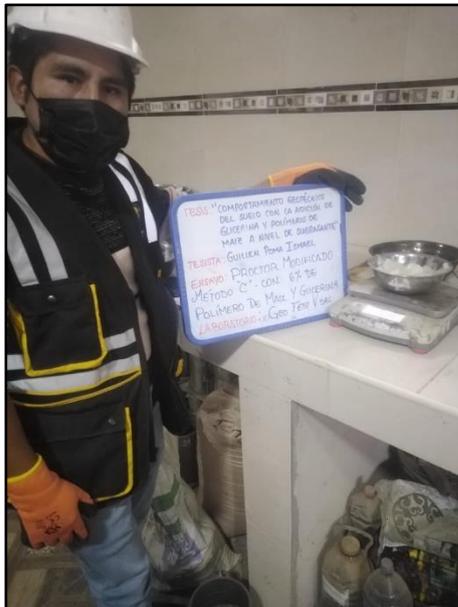
Fotografía N° 7: Apisonamiento del material convencional con 56 golpes por capa; MTC E 115.

Nota: Propia.



Fotografía N° 8: Preparación de la mezcla en un 3% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia.



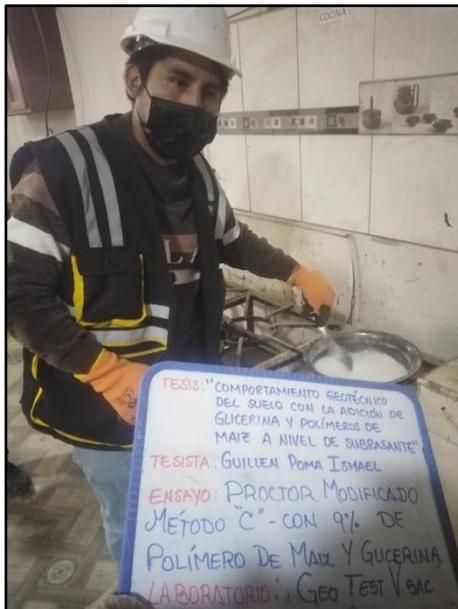
Fotografía N° 9: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 3% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia.



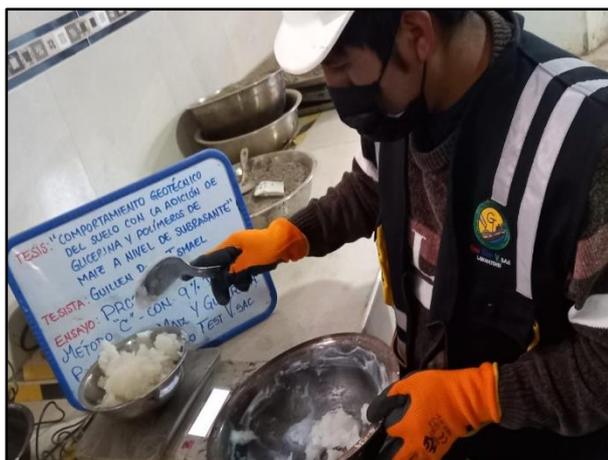
Fotografía N° 10: Combinación del material con la mezcla del 3% de polímero de maíz y glicerina para posteriormente hacer el ensayo de manera homogéneo; MTC E 115.

Nota: Propia.



Fotografía N° 11: Preparación de la mezcla en un 6% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 12: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 6% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia



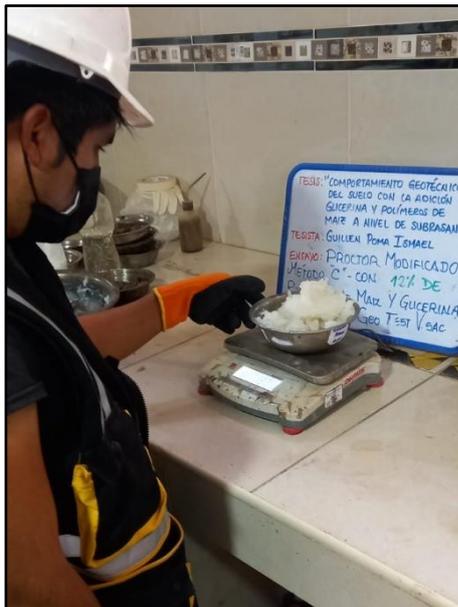
Fotografía N° 13: Apisonamiento de suelo con 6% de polímero de maíz y glicerina dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 14: Preparación de la mezcla en un 9% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 15: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 9% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 16: Apisonamiento del suelo con 9% de polímero de maíz y glicerina en 5 capas, en un molde con 56 golpes, MTC E 115.

Nota: Propia

6. ENSAYO DE RELACION SOPORTE CALIFORNIA (CBR)



Fotografía N° 17: Preparación de los materiales para CBR en 5 capas y 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 18: Apisonamiento de suelo en 5 capas, en molde con 56 golpes, en el segundo molde de 25 golpes y en el tercer molde con 12 golpes, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 19: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 6% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 20: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 9% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

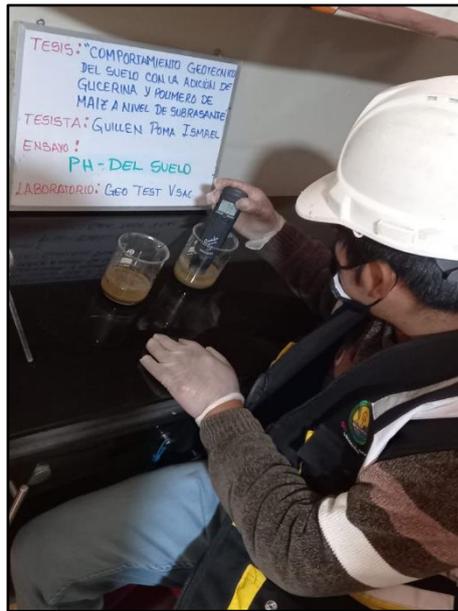
Nota: Propia



Fotografía N° 21: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 12% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia.

7. ANALISIS DE PH DEL SUELO



Fotografía N° 22: Análisis de PH del material de forma convencional, MTC E 129.

Nota: Propia.

8. LECTURA DE EXPANSIÓN



Fotografía N° 23: Prueba de expansión del suelo a las 96 hr y 24hr de suelo natural, SN+6%, SN+9% y SN+12% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia.

9. LECTURA DE PENETRACIÓN (CBR)



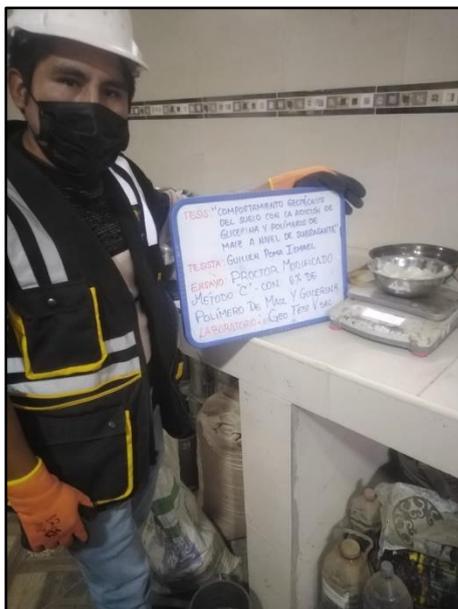
Fotografía N° 24: Prueba para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg natural, SN+3%, SN+6% y SN+9% polímero de maíz y glicerina.

Nota: Propia.



Fotografía N° 25: Preparación de la mezcla en un 3% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia.



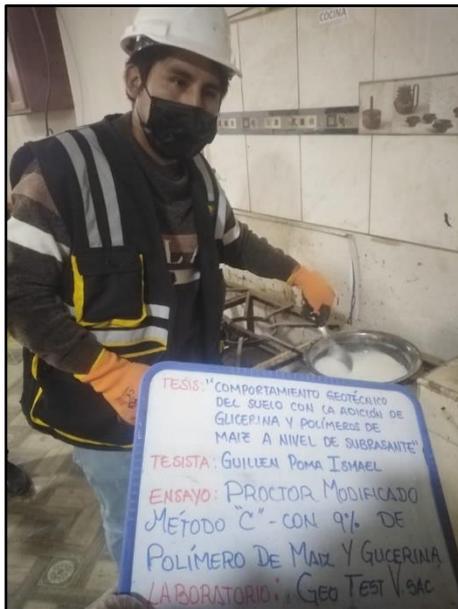
Fotografía N° 26: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 3% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia.



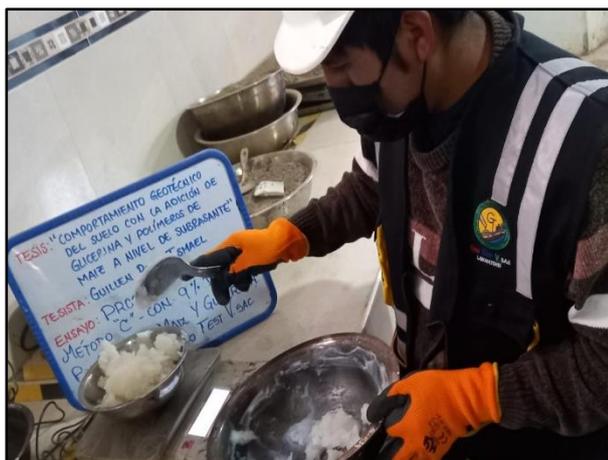
Fotografía N° 27: Combinación del material con la mezcla del 3% de polímero de maíz y glicerina para posteriormente hacer el ensayo de manera homogéneo; MTC E 115.

Nota: Propia.



Fotografía N° 28: Preparación de la mezcla en un 6% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 29: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 6% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 30: Apisonamiento de suelo con 6% de polímero de maíz y glicerina dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 31: Preparación de la mezcla en un 9% a base de polímero de maíz y glicerina para la investigación correspondiente, MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 32: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para el uso del 9% del polímero de maíz y glicerina; MTC E 115.

Nota: Propia



Fotografía N° 33: Apisonamiento del suelo con 9% de polímero de maíz y glicerina en 5 capas, en un molde con 56 golpes, MTC E 115.

Nota: Propia

10. ENSAYO DE RELACION SOPORTE CALIFORNIA (CBR)



Fotografía N° 34: Preparación de los materiales para CBR en 5 capas y 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 35: Apisonamiento de suelo en 5 capas, en molde con 56 golpes, en el segundo molde de 25 golpes y en el tercer molde con 12 golpes, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 36: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 6% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia



Fotografía N° 37: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 9% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

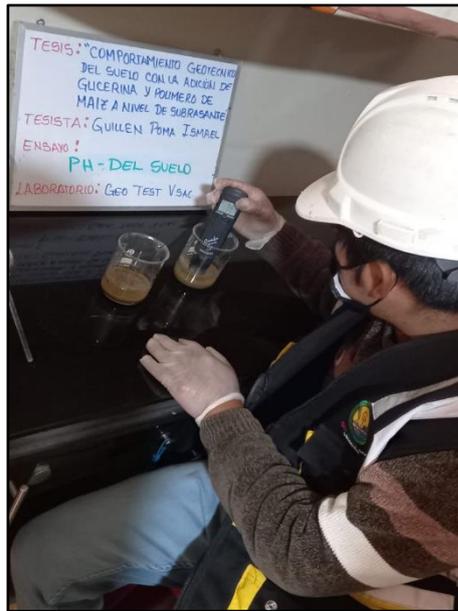
Nota: Propia



Fotografía N° 38: Compactación de material en el molde en 5 capas, con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición del 12% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia.

11. ANALISIS DE PH DEL SUELO



Fotografía N° 39: Análisis de PH del material de forma convencional, MTC E 129.

Nota: Propia.

12. LECTURA DE EXPANSIÓN



Fotografía N° 40: Prueba de expansión del suelo a las 96 hr y 24hr de suelo natural, SN+6%, SN+9% y SN+12% de polímero de maíz y glicerina, MTC E 132.

Nota: Propia.

13. LECTURA DE PENETRACIÓN (CBR)



Fotografía N° 41: Prueba para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg natural, SN+3%, SN+6% y SN+9% polímero de maíz y glicerina.

Nota: Propia.