

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON
BIOCHAR EN LA BASE-PROVINCIA DE HUANCAYO**

Presentado por:

Bach. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER YONATHAN

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

FALSA PORTADA

ASESOR

MG. JANET YESSICA ANDIA ARIAS

DEDICATORIA

Agradecer a mis padres que son los pilares y el orgullo de mi vida, por el apoyo incondicional por haber estado conmigo en los momentos más turbulentos de mi vida, por ayudarme y alentarme a siempre seguir adelante.

Bach. Romo Carhuallanqui, Anler Yonathan

AGRADECIMIENTO

Es una gran satisfacción dedicar este proyecto de investigación a mis padres, siempre estaré en deuda con ellos a todas las personas que me apoyaron y confortaron en la elaboración de esta tesis.

Bach. Romo Carhuallanqui, Anler Yonathan

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza

Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas

Dr. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	111
RESUMEN	133
ABSTRACT	144
INTRODUCCIÓN	155
CAPÍTULO I.....	177
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	177
1.1. Planteamiento del problema.....	¡Error! Marcador no definido.7
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación de la investigación	18
1.3.1. Justificación práctica	18
1.3.2. Justificación teórica.....	18
1.3.3. Justificación metodológica.....	19
1.4. Delimitación de la investigación	19
1.4.1. Delimitación espacial.....	19
1.4.2. Delimitación temporal.....	199
1.4.3. Delimitación económica	20
1.5. Limitaciones	20
1.6. Objetivo de la investigación.....	2020
1.6.1. Objetivo general	2020
1.6.2. Objetivos específicos	2020
CAPÍTULO II.....	211
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Antecedentes nacionales	211
2.1.2. Antecedentes internacionales	233
2.2. Marco conceptual.....	26

2.3. Definiciones de términos	566
2.4. Hipótesis	577
2.4.1. Hipótesis general	577
2.4.2. Hipótesis específicas.....	577
2.5. Variable.....	577
2.5.1. Definición conceptual de las variables.....	578
2.5.2. Definición operacional de la variable	588
2.5.3. Operacionalizacion de variables.....	59
CAPÍTULO III.....	6060
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	6060
3.1. Método de investigación.....	6060
3.2. Tipo de investigación	6060
3.3. Nivel de investigación	610
3.4. Diseño de la investigación.....	611
3.5. Población y muestra.....	62
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	62
3.6.1. Técnicas.....	622
3.6.2. Instrumentos	633
3.7. Procesamiento de información	644
3.8. Técnicas y Análisis de Datos.....	70
CAPÍTULO IV	7272
ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
CAPÍTULO V	855
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	855
5.1. Discusión de resultados con antecedentes	856
CONCLUSIONES	888
RECOMENDACIONES	899
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9090
ANEXOS	955
Anexo N°01: Matriz de consistencia.....	966
Anexo N°02: Panel fotográfico.....	988
Anexo N°03: Certificado de los ensayos.....	1133
Anexo N°04: Validación de instrumentos	16161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las principales clases de partículas.....	366
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.	377
Tabla 3. Requerimientos granulométricos para base granular.	477
Tabla 4. Requerimientos granulométricos para base granular.	477
Tabla 5. Requerimientos granulométricos para base granular.	488
Tabla 6. Operacionalización de variables.	¡Error! Marcador no definido.9
Tabla 7. Rangos de Validez.....	644
Tabla 8. Validez de contenido del instrumento de las variables: Biochar, Propiedades físicas de un suelo granular y Propiedades mecánicas de un suelo granular.....	644
Tabla 9. Límite líquido de las muestras.	72
Tabla 10. Límite plástico de las muestras.....	733
Tabla 11. Índice de plasticidad de las muestras.	744
Tabla 12. Densidad óptima de las muestras.....	755
Tabla 13. Humedad óptima de las muestras.	76
Tabla 14. Valor de CBR de las muestras.....	788
Tabla 15. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado grueso de las muestras.	799
Tabla 16. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado fino de las muestras.	799
Tabla 17. Requerimientos granulométricos.	8181
Tabla 18. Requerimientos en agregados finos y gruesos.....	8181
Tabla 19. Requerimientos en el valor de CBR.....	8282
Tabla 20. Contrastación de la primera hipótesis.....	833
Tabla 21. Contrastación de la segunda hipótesis.	844

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Estratificación del suelo.....	266
Figura N° 2. Grava.	288
Figura N° 3. Arena.....	288
Figura N° 4. Limo.	299
Figura N° 5. Arcilla.	3030
Figura N° 6. Comportamiento tensión-deformación y cambio volumétrico en suelos granulares.....	422
Figura N° 7. Comportamiento tensión-deformación a grandes presiones.	433
Figura N° 8. Componentes de la resistencia al corte.	444
Figura N° 9. Efecto de la estructura del suelo en la resistencia al corte.....	444
Figura N° 10. Efecto de la presión de confinamiento en el ángulo de fricción interna.	466
Figura N° 14. Biochar a tamaño < 2 cm.	50
Figura N° 15. Límite líquido de las muestras.....	4973
Figura N° 16. Incremento en el límite líquido.	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 17. Límite plástico de las muestras.	5073
Figura N° 18. Incremento en el límite plástico.	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 19. Índice de plasticidad de las muestras.....	743
Figura N° 20. Incremento en el índice de plasticidad.¡Error! Marcador no definido.	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 21. Densidad óptima de las muestras.	76
Figura N° 22. Disminución en la densidad óptima.¡Error! Marcador no definido.	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 23. Humedad óptima de las muestras.....	775
Figura N° 24. Incremento en la humedad óptima.¡Error! Marcador no definido.	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 25. Valor de CBR de las muestras.	786
Figura N° 26. Incremento en el Valor de CBR....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 27. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado fino de las muestras.	80
Figura N° 28. Incremento en la durabilidad al sulfato de magnesio al agregado fino.	80

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Ensayo de análisis granulométrico, separación de material por tamaño de partículas método de tamizado Según NTP 339.128.	999
Fotografía N° 2. Ensayo para determinar el contenido humedad del suelo. Según NTP 339.127.	999
Fotografía N° 3. Ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200. Según NTP 400.018.	100100
Fotografía N° 4. Ensayo de equivalente de arena o proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo. Según NTP 339.146.	100100
Fotografía N° 5. Colocado de la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles, que, rota a una velocidad entre 33 rpm, por 500 revoluciones. Según NTP 400.019.	101101
Fotografía N° 6. Combinación para los ensayos con adición 1% Biochar.	101101
Fotografía N° 7. Combinación para los ensayos con adición 3% Biochar.	102102
Fotografía N° 8. Combinación para los ensayos con adición 5% Biochar.	102102
Fotografía N° 9. Ensayo de Limite Líquido convencional. Según la NTP 339.129.	1033
Fotografía N° 10. Ensayo de Limite Líquido con adición de 1% Biochar. Según la NTP 339.129.	1033
Fotografía N° 11. Ensayo de Limite Líquido con adición de 3% Biochar. Según la NTP 339.129.	1044
Fotografía N° 12. Ensayo de Limite Líquido con adición de 5% Biochar. Según la NTP 339.129.	1044
Fotografía N° 13. Ensayo de Limites Plástico convencional. Según la NTP 339.129.	1055
Fotografía N° 14. Ensayo de Limites Plástico con adición de 1% Biochar. Según la NTP 339.129.	1055
Fotografía N° 15. Ensayo de Limites Plástico con adición de 3% Biochar. Según la NTP 339.129.	1066
Fotografía N° 16. Ensayo de Limites Plástico con adición de 5% Biochar. Según la NTP 339.129.	1066
Fotografía N° 17. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes Según la NTP 339.141.	1077

Fotografía N° 18. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 1% Biochar Según la NTP 339.141.	1077
Fotografía N° 19. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 3% Biochar Según la NTP 339.141.	1088
Fotografía N° 20. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 5% Biochar Según la NTP 339.141.	1088
Fotografía N° 21. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes. Según la NTP 339.175:2002.	1099
Fotografía N° 22. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 1% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.	1099
Fotografía N° 23. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 3% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.	11010
Fotografía N° 24. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 5% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.	11010
Fotografía N° 25. sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas. Según la NTP 339.175:2002.	11111
Fotografía N° 26. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 1% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.	11111
Fotografía N° 27. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 3% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.	11212
Fotografía N° 28. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 5% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.	11212

RESUMEN

La presente tesis planteó como problema general: ¿Cómo mejora el biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la provincia de Huancayo?, siendo el objetivo general: Analizar la mejora del biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo. Y como hipótesis general: Las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular con biochar en la base mejoran en un 5%.

El método de la investigación es científico, el nivel de investigación será explicativo, el tipo de investigación será aplicado y el diseño de investigación será experimental. La población será el suelo en estado natural extraído de la Av. Salaverry en la provincia de Huancayo y el suelo granular con la adición de biochar y la muestra está conformado por 1 m³ de suelo granular de la Av. Salaverry con adición de biochar para ser estudiados en el laboratorio. El propósito de la investigación se basará en los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular con adición de biochar en base.

Obteniéndose los resultados del análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo granular fueron que el emplear el aditivo biochar en un 5%: el índice de plasticidad se incrementa en +8.74% en relación al convencional (IP=2.86%), la máxima densidad seca se redujo en -9.20% en relación al convencional (MDS=2.337gr/cm³), el óptimo contenido de humedad se incrementa en +42.75% en relación al convencional (OCH=5.38%) y la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino se incrementó en un +152.36% en relación al convencional (Desgaste=4.66%). Además, el valor de CBR al 100% de M.D.S. y 0.1" de penetración se incrementa en +46.14% en relación al convencional (CBR=58.3%), valor que cumple con el requerimiento para un tráfico 10×10^6 EE. Por lo que los resultados son favorables y significativos llegando a cumplir con los requerimientos normados.

PALABRAS CLAVES: Biochar, propiedades físicas, propiedades mecánicas, suelo granular.

ABSTRACT

The present thesis raised as a general problem: How does biochar improve the physical and mechanical properties of a granular soil for base in the province of Huancayo? being the general objective: Analyze the improvement of biochar in the physical and mechanical properties of a soil. granular. land for base in the Province of Huancayo. And as a general hypothesis: The physical and mechanical properties of a granular soil with biochar in the base improve by 5%.

The research method is scientific, the level of research will be explanatory, the type of research will be applied, and the research design will be experimental. The population will be the soil in its natural state extracted from Av. Salaverry in the province of Huancayo and the granular soil with the addition of biochar and the sample is made up of 1 m³ of granular soil from Av. Salaverry with the addition of biochar for be studied in the laboratory. The purpose of the research will be based on the results obtained from the physical and mechanical properties of a granular soil with the addition of biochar as a base.

The results obtained from the analysis of the physical and mechanical properties of the granular soil were that using the biochar additive by 5%: the plasticity index increases by +8.74% compared to the conventional one (IP=2.86%), the maximum dry density was reduced by -9.20% in relation to the conventional (MDS=2.337gr/cm³), the optimal moisture content increased by +42.75% in relation to the conventional (OCH=5.38%) and the durability to magnesium sulfate of the Fine aggregate increased by +152.36% in relation to the conventional one (Wear=4.66%). Also, the CBR value at 100% M.D.S. and 0.1" penetration increases +46.14% compared to the conventional one (CBR=58.3%), a value that meets the traffic requirement 10×10^6 EE. Therefore, the results are favorable and significant, achieving compliance with regulatory requirements.

KEY WORDS: Biochar, physical properties, mechanical properties, granular soil.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso importante para el desarrollo de los seres vivos, caracterizado por una capa la cual cubre la superficie terrestre, nuestro suelo padece de muchos problemas, estas alteran la composición física o mecánica.

El Perú es un país el cual posee una gran extensión, posee unas 25 525,000 hectáreas que corresponde al 6 % de suelos agrícolas, de los cuales, el 13.94 % tiene un uso de suelos dedicados al cultivo de hortalizas, la extensión restante de suelo es usada como vivienda y zonas de esparcimiento, a diferencias de otros lugares, en donde la capacidad del suelo es netamente de uso agrícola. (Obregón Castro , 2019)

El suelo es el receptor de la mayor parte de los residuos generados por el hombre, produciendo su contaminación y transmitiendo a otros recursos como las aguas subterráneas o a las cadenas tróficas, a través de su captación por las plantas. (Bonilla, S., 2013, 24p.) Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal de las plantas y disturbios funcionales en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo; este tipo de contaminación se conoce como “polución de suelos”. (Martin, 2000 citado por Bonilla, S., 2013, 24p.)

Por otro lado, si varios compuestos provenientes de fuentes diversas, tales como la quema de combustible, derrames, actividades agrícolas, etc., entran adicionalmente en grandes cantidades en el suelo, entonces se habla de contaminación de suelo. De este modo, normalmente la causa principal que genera la contaminación del suelo es de carácter antropogénico. Y es que cada día llegan al medio ambiente, y en partículas al suelo, infinidad de sustancias extrañas o tóxicas provenientes de fenómenos naturales (volcanes, incendios forestales, etc.), pero lo hacen en menores cantidades a las que provienen de las actividades humanas (agricultura, minería, industria, desechos urbanos, etc.). Tanto una como otras, en general, se metabolizan o se acumulan en el suelo, pudiendo pasar a aguas y/o alimentos y afectar la salud humana. (Jiménez R., 2017).

La investigación para su mayor comprensión consta de cinco capítulos, analizando y distribuidos de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se detalla el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación y las limitaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Se desarrolla los antecedentes internacionales, nacionales de la investigación, el marco teórico, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y específica.

EL CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se detalla la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método, el tipo, el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización.

EL CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza los resultados obtenidos en el laboratorio y su proceso de cálculo para su análisis representativo.

EL CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presenta la discusión de los resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional los suelos presentan una fuerte descomposición física, química y biológica, por lo que se presentan tecnologías para afrontar la descomposición del suelo, por lo que ayuda a recobrar la fertilidad y secuestrar carbono, como el biochar que es aquel subproducto de la pirolisis de biomasa residual, por lo que se presentan derivada del uso del biochar al suelo, por lo que esto genera mejoría en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, por lo que quiere decir en su aumento de productividad de los cultivos. Escalante Rebolledo, Ariadna; Pérez López, Guadalupe; Hidalgo Moreno, Claudia; López Collado, Jorge; Campos Alves, Julio; Valtierra Pacheco, Esteban y Etchevers Barra, Jorge D. (2016)

A nivel nacional el Perú se presenta el uso excesivo de fertilizantes granulados en la agricultura por lo que se ocasiona la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, acumulación de metales pesados y descomposición física y química del suelo como la salinidad, baja tasa de intercambio catiónico, compactación, baja tasa de infiltración, alta tasa de escorrentía, erosión acelerada y cambio del pH, afectando el óptimo desarrollo y productividad de los cultivos, es por esta razón que se propone el uso del biochar procedente de residuos ganaderos presenta un elevado contenido de cenizas y compuestos orgánicos e inorgánicos que le confieren un carácter estabilizante en suelos y que permiten la adsorción de metales pesados como el cobre, hierro, entre otros. (Pocomucha Chancasanampa, 2020)

A nivel local en la provincia de Huancayo según la estabilización de suelos es muy importante en construcciones viales ya que en la actualidad existen muchos

proyectos que fueron construidos por lo que están deteriorados y a la fecha sufren daños considerables en sector donde el CBR del suelo es bajo, por lo que se requiere el uso del biochar debido a que incrementa el Ph del suelo, incrementa su capacidad para retener el agua y por tanto la humedad de suelo, originando también un aumento de la cantidad de carbono orgánico total y de materia orgánica del suelo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo mejora el biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuánto altera el biochar en las propiedades físicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?

b) ¿Cuánto mejora el biochar en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

La justificación práctica resuelve un problema o, por lo menos propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo. (Méndez Álvarez, 2020).

La presente investigación se justifica de una manera práctica, porque al realizar el estudio de la base de un suelo granular para analizar sus propiedades físicas y mecánicas, se busca brindar un mejor comportamiento en los suelos granulares en lo que respecta a su solidificación.

1.3.2. Justificación teórica

La justificación teórica se da cuando el propósito del estudio genera reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente. (Méndez Álvarez, 2020)

La justificación teórica de la presente investigación se da por la búsqueda de conocimientos para el mejoramiento de la base de un suelo granular adicionando bichar (carbón vegetal) para ser utilizados en posteriores proyectos.

1.3.3. Justificación metodológica

La justificación metodológica se da cuando se realiza un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable. Esto propone buscar nuevos métodos o técnicas para generar conocimientos. (Méndez Álvarez, 2020)

Con la presente investigación se pretende realizar ensayos y pruebas de laboratorio con muestras de la base de un suelo granular para analizar sus propiedades físicas y mecánicas.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación espacial

La presente investigación ocurre en la Psj. Salaverry y por lo cual se realizará un tramo de prueba de 30 m, provincia de Huancayo y departamento de Junín.

Ilustración 1: Mapa de ubicación.



Fuente: Google Earth.

1.4.2. Delimitación temporal

Esta investigación se desarrolló entre los meses de setiembre a diciembre del año 2021.

1.4.3. Delimitación económica

Los gastos financieros caen en la realización del presente trabajo de investigación, en la que no fue impedimento económico, es por ello que el gasto mencionado es asumido totalmente por el investigador de la presente tesis.

1.5. Limitaciones

No se ha encontrado muchos libros específicos sobre el Biochar a nivel nacional por lo que se recurrió a material de otros países y a algunas tesis realizadas en el país.

1.6. Objetivo de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Analizar la mejora del biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Identificar la alternativa del biochar en las propiedades físicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.
- b) Cuantificar la mejoría del biochar en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

(Apolinarez Tovar, 2018) presentó la tesis de posgrado **titulado:** “Estabilización de la sub-rasante con la incorporación de ceniza vegetal”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar los efectos en la estabilización de la sub-rasante al incorporar ceniza vegetal para la Av. Huancayo, Jauja, empleando la **metodología:** Científica con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Los componentes químicos que presentan la ceniza vegetal más influyentes que favorecen a la estabilización del suelo de la sub-rasante son: el óxido de calcio con 29.50%, oxido de silicio con 26.30%, oxido de aluminio con 17.00%, oxido de potasio con 4.90% y el óxido de magnesio con 4.50%, y finalmente **concluyó:** Que al adicionar 35% de ceniza vegetal, se logra estabilizar el material de sub rasante de la vía en estudio; siendo la muestra 01 un tipo de suelo areno limosa con grava y la muestra 02 un tipo de suelo areno limosa. En ambos casos, se lograron obtener un CBR mayor a 20% haciendo que el material sea muy bueno.

(Cañar Tiviano, 2018) presentó la tesis de posgrado **titulado:** “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018”, el cual fija como **objetivo general:** Mejorar la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación, en el barrio

del Pinar, distrito de Independencia – Huaraz, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo, obteniendo como **resultado:** Con la adición del 5% de ceniza de carbón se obtuvo un CBR al 95% de 14.32%, una densidad seca de 2.100gr/cm³, con un contenido de humedad de 14.605% y reduciendo el índice de plasticidad de 11.1% a 3%, y finalmente **concluyo:** El Proctor modificado y CBR con la respectiva combinación de cenizas de carbón con el suelo lo cual se utilizó con fines de pavimentación, se obtuvo resultados favorables con respecto a la mejora de la estabilidad del terreno.

(Perez Collantes, 2018) presentó la tesis de posgrado **titulado:** Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada, el cual fija como **objetivo general:** Analizar la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón, obteniendo como **resultado:** El comportamiento de la ceniza volante obtenida de la combustión de carbón en una central termo eléctrica, para ser usada como aditivo estabilizante de suelos arcillosos y su empleo como capa de subrasante para un pavimento. Y finalmente **concluye:** Que la aplicación de la ceniza volante en la arcilla funciona como estabilizador mejorando las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. Las cenizas volantes funcionan como aditivo que reducen las propiedades expansivas del material, pero este requiere ser adicionado en 20%.

(Varquez Cabrera, 2018) presentó la tesis de pregrado **titulado:** “Capacidad de soporte en vía de bajo volumen de tránsito con adición de ceniza de carbón a nivel de sub rasante”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar la capacidad de soporte del suelo de la vía Cascajal con la adición del 7% de las cenizas de carbón a nivel de sub rasante, empleando la **metodología:** El presente trabajo de investigación es descriptivo y explicativo, obteniendo como **resultado:** Los CBR ensayados en el laboratorio, nos da como conclusión que al adicionarse un 7% de cenizas de carbón al suelo de la vía Cascajal de bajo volumen de tránsito esta mejora su capacidad de soporte en

comparación al suelo sin adición, y finalmente **concluyo**: Mencionado que la ceniza de carbón tiende a elevar la capacidad de soporte en comparación con un suelo sin adición debido a su propiedad cementante que presenta la composición química expresada como óxidos de la ceniza de carbón en porcentajes de trióxido de aluminio.

(Goñas Labajos, 2019) presentó la tesis de pregrado **titulado**: Estabilización de suelos con ceniza de carbón para uso como subrasante mejorada, el cual fija como **objetivo general**: Elaborar la influencia que tiene un subproducto obtenido de la quema de carbón mineral y carbón vegetal (cenizas de carbón) proveniente de una industria ladrillera de la ciudad de Chachapoyas en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de muestras de suelos, empleando la **metodología**: En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como **resultado**: El CBR para la muestra de suelo en estado natural para un tipo de suelo CH fue de 9.3% y cuando adicionó el 20 y 25% de cenizas de carbón los CBR fueron de 9.9% y 10.9% respectivamente, y finalmente **concluyo**: Que las cenizas de carbón si mejoran la capacidad portante de los suelos de tipo CH y OH pero los porcentajes de cenizas adicionados no logran estabilizarlos según el manual de carreteras.

2.1.2. Antecedentes internacionales

(Cañar Tiviano, 2018) presento la tesis de posgrado **titulado**: “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, el cual fija como **objetivo general**: Evaluar los resultados de resistencia al corte entre los suelos arenosos finos y arcillosos, y el comportamiento mecánico de las estabilizaciones de los suelos arenosos finos y arcillosos con cenizas de carbón, con el fin de determinar las mejores condiciones para su uso, empleando la **metodología**: Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada del nivel Explicativo, obteniendo como **resultado**: De los ensayos de CBR presenta un aumento del 4.6% al combinarlos con el 25% de cenizas de carbón, mejorando el porcentaje de la resistencia que va desde el 15.0% hasta el 19.60%, y

finalmente **concluyo:** La ceniza de carbón al combinarse con suelos arenosos y arcillas disminuye la humedad, expansión y plasticidad de los suelos.

(Nigel Mitchell, 2018) presentó la tesis de pregrado **titulado:** “Estabilización de suelos y sedimentos contaminados por actividad minera empleando biomasa”, el cual fija como **objetivo general:** Estudiar las características fisicoquímicas relacionadas con la movilidad de metales en suelos y sedimentos contaminados con residuos mineros, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con un diseño experimental y finalmente **concluyó:** El efecto que tiene la enmienda de la biomasa sobre la movilidad de los metales en sustratos contaminados se ha discutido en profundidad, y se ha informado ampliamente sobre los beneficios de estabilizar grupos funcionales mediante pirolisis. Sin embargo, este proyecto de investigación también destacó la importancia de determinar el mecanismo predominante involucrado en la reducción de metales, ya que esto tiene importantes implicaciones en la estabilidad y viabilidad a largo plazo de los sustratos modificados.

(Bonilla Ramirez, y otros, 2019) presentó la tesis de pregrado **titulado:** “Estudio del comportamiento de las condiciones mecánicas del material granular tipo afirmado con adición de cemento portland y ceniza de bagazo de caña (CBCA)”, el cual fija como **objetivo general:** Evaluar las condiciones mecánicas de la mezcla del material granular tipo afirmado con la adición de cemento portland y ceniza de bagazo de caña (CBCA), empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño Experimental, obteniendo como **resultado:** Los porcentajes de CBR del afirmado, son de 25% Y 75% de cemento, y finalmente **concluyo:** Que al adicionar ceniza de bagazo de caña, tiene una mejora en los costos de mezcla, ya que se requiere menos porcentaje de cemento para una adición del 25% de ceniza.

(Ochoa Cornejo, y otros, 2020) presentó la tesis de pregrado **titulado:** “Estudio de la metodología para la ejecución de ensayos CBR en los suelos granulares con contenido de finos menor al 12%”, el cual fija como **objetivo general:** Proponer una metodología para la confección de probetas remoldeadas por vibración en moldes de CBR, en suelos granulares con un contenido de finos, CF, menor al 12%, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Un gran intervalo de densidad sin información, entre 15 y 80% de DR, por lo que realizar una interpolación lineal en este rango implica incertidumbre en el resultado, y finalmente **concluyo:** Mencionando que las normativas, nacionales e internacionales consultadas, no definen un procedimiento para desarrollar CBR en suelos que poseen un bajo contenido de fino, menor a un 12%, en los cuales no es posible obtener una curva definida de relación humedad-densidad.

(Cabezas Tobar, 2021) presentó la tesis de pregrado **titulado:** Determinación de las características físicas de sustancias reactivas: carbón activado, piedra caliza, turba, de origen ecuatoriano para el tratamiento de agua, el cual fija como **objetivo general:** Determinar las características físicas de sustancias reactivas: carbón activado, piedra caliza, turba de origen ecuatoriano para el tratamiento de agua, empleando la **metodología:** Cuantitativa con un tipo de investigación aplicada de nivel explicativo con un diseño experimental, y finalmente **concluyó:** El carbón activado posee una esfericidad de 0.74, la piedra caliza una esfericidad de 0.78 y la turba 0.78 y la turba de 0.55 lo cual nos indica que la piedra caliza y el carbón activado son más esféricos que la turba.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Suelos

Según (Braja M., 2017), define a los suelos como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo se utiliza como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y con cimientos estructurales. (pág. 1),

Figura N° 1. Estratificación del suelo.



Fuente: María Estela Rafino, 2019.

2.2.1.1. Características de los suelos

(Crespo Villalaz, 2016) menciona que: Las propiedades y características del suelo son enormemente variadas, de acuerdo al tipo de suelo y a la historia particular de la región donde se encuentra. Pero a grandes rasgos podemos identificar las siguientes características:

- **Variabilidad:** Los suelos presentan por lo general componentes poco homogéneos en su tamaño y constitución, por lo que, a pesar de mostrarse como una mezcla homogénea, en realidad poseen rocas y elementos de diverso tamaño y diversa naturaleza. (Crespo Villalaz, 2016)

- **Fertilidad:** La posibilidad de los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal, se llama fertilidad y está relacionada con la presencia de agua y materia orgánica, y con la porosidad del suelo. (Crespo Villalaz, 2016)
- **Mutabilidad:** Si bien los procesos de cambio del suelo son a largo plazo y no podemos constatarlos de manera directa, es verdad que se encuentran en constante mutación física y química. (Crespo Villalaz, 2016)
- **Solidez:** Los suelos presentan distintas propiedades físicas, entre ellas la solidez y la textura: existen algunos más compactos y rígidos, otros más maleables y blandos, dependiendo de su historia geológica particular. (pág. 5)

2.2.1.2. Tipos de suelos

(Crespo Villalaz, 2016), nos da a conocer que los tipos de suelos desde el punto de vista de la mecánica de suelos son los siguientes:

A. Suelos no cohesivos

(Crespo Villalaz, 2016) Considera a las partículas que no tienden a juntarse ni adherirse, sus partículas son relativamente grandes, también llamados suelos granulares o friccionantes (arenas, gravas y limos). (pág. 23)

▪ Gravas

(Quixtan Gómez, 2010) Define como aquellas acumulaciones que no están unidas por fragmento de rocas y que presentan más dos milímetros de diámetro, cuando son acarreadas por las aguas este agregado sufre un daño en sus aristas, como un material suelto (pág. 15).

Figura N° 2. Grava.



Fuente: (Cienciasfera, s.f.)

▪ **Arena**

(Quixtan Gómez, 2010) Nombra como los grados finos procedentes de la denudación de las rocas o de la trituración artificial, y es por ello que las partículas se diferencian entre 2 mm y 0.05 de diámetro.

En su origen y la existencia de las arenas que son conocidas como agregado fino es análoga a la de las gravas, estas suelen encontrarse unidas con un depósito igual, la arena de río es aquella que está compuesta muchas veces por proporciones que fundamentalmente son grandes de grava y arcilla (pág. 15)

Figura N° 3. Arena.



Fuente: (Cienciasfera, s.f.)

B. Suelos cohesivos

(Crespo Villalaz, 2016) menciona que son aquellas partículas muy pequeñas donde predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua/partícula) en suelos plásticos como las arcillas. (pág. 23)

▪ Limo

(Quixtan Gómez, 2010) Define como aquellos suelos de agregados finos con una mínima o ninguna plasticidad, el cual se puede observar al limo inorgánico como aquel producido en canteras, o aquel limo orgánico como en el cual se encuentra en los ríos, siendo tal caso de características plásticas, el diámetro de los fragmentos de los limos está en la variación de 0.05 mm y 0.005 mm, en la cual los limos sueltos y saturados se encuentran completamente inadecuados para poder resistir las cargas por medio de zapatas, su color se diferencia desde gris claro a muy oscuro. (pág. 17)

Figura N° 4. Limo.



Fuente: (Cienciasfera, s.f.)

- **Arcilla**

(Quixtan Gómez, 2010) afirma que son aquellas partículas sólidas con diámetro no mayor de 0.005 mm en el cual presenta una masa que tiene la propiedad de ser plástica al ser mezclada con agua. (pág. 18)

Figura N° 5. Arcilla.



Fuente: (Cienciasfera, s.f.)

C. Suelos orgánicos

Son suelos esponjosos, con grumos y compresibles. Estos están prohibidos para soportes de estructuras de ingeniería. (pág. 18)

2.2.1.3. Técnicas de mejoramiento de suelos

Zelada, Marcelo y Cirion, Alfredo (2016) establece su definición como: La aplicación de procedimientos para modificar las características de un suelo por medio de acciones físicas, que incluye o mezcla con el suelo un material más resistente con el objetivo de:

- Aumentar la capacidad de carga y/o la resistencia al corte,
- Disminuir los asentamientos absolutos como diferenciales,
- Mitigar o eliminar el riesgo de licuación en caso de sismo o vibraciones importantes,
- Disminuir la permeabilidad,
- Disminuir el potencial de erosión,

- Disminuir el potencial de colapso estructural,
- Disminuir el potencial fisicoquímico de expansión. (2016)

López (2001) Considera que para seleccionar la técnica adecuada se tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El propósito del tratamiento (conocer el tipo de estructura, tipo de carga y asientos permisibles),
- El área y profundidad por tratar,
- Tipo de suelo y sus propiedades geotécnicas,
- Estabilidad global de la zona,
- Disponibilidad y estado de materiales,
- Disponibilidad de especialistas y equipos,
- Factores ambientales (erosionabilidad, contaminación del agua),
- Experiencia local y referencias internacionales,
- Tiempo disponible para su ejecución y entrega,
- Costo de su aplicación. (p.40)

2.2.1.4. Composición mineralógica del suelo

Según (Cruz Perales, 2018) presenta diferentes variedades de minerales en las que están compuestas principalmente de las rocas y los accesorios que se presenten en pocas cantidades, sin embargo, su existencia o ausencia no incide en el nombre de la roca, además estas rocas están compuestas por minerales secundarios en las que se menciona que son la descomposición de los minerales principales debido a la acción del agua. Como resultado de la meteorización y el procedimiento de la evacuación, algunos de estos minerales tienen las rocas que llegan a ser parte de la superficie terrestre. Algunos de estos minerales son los más conocidos en la que llegan a encontrarse en la superficie terrestre, entre estas tenemos a continuación:

A. Feldespatos

Se caracterizan por presentar un grupo extenso de minerales monoclinico, triclinicos y es aquel mineral fundamental de algunos tipos de rocas, es por ello que al feldespato se le conoce como el material totalmente duro. (pág. 16)

B. Cuarzo

Es aquel mineral más conocido por sus principales granitos y otras rocas, también se caracteriza por ser el más duro debido a que varios de los minerales es uno de los que presenta más soporte a la meteorización por lo que se obtiene en demasiadas rocas metamórficas. (pág. 16)

C. Minerales

Son arcillosos, algunas de las partículas de la superficie terrestre en la que presentan dimensiones adecuadas a las arcillas y que tienen las características de adhesión y plasticidad se nombran minerales arcillosos. Son producto de la meteorización química y están compuestos en su máxima parte de silicatos de aluminio hidratados. Se presentan de una textura cristalina y se encuentran formados por dos unidades estructurales en la que es la unidad tetraédrica, por la que cuatro oxígenos forman un átomo de silicio y la unidad octaédrica, en la que un átomo de aluminio o magnesio se agrupa por seis grupos hidroxilos. Según la agrupación de las unidades estructurales en la red cristalina. (pág. 17)

D. Caolinitas

Es aquel bloque estructural del grupo de minerales en la que está compuesta por una capa de unidades tetraédricas y una capa de unidades octaédricas. Algunos de los enlaces iónicos de hidrógeno entre los bloques crean una estructura de manera relativa constante en la que no penetra el agua fácilmente. Además, son de poca absorción de agua y un

poco susceptibilidad a la retracción y a la expansión al ser puestos en alteraciones de humedad. (pág. 17)

E. Lilitas

Este grupo está formado por una capa de unidades octaédricas en medio de dos capas de unidades tetraédricas que se instruyen de manera contraria. Las illitas se consideran por ser de máxima tendencia a la absorción de agua que las caolinitas, por su máxima susceptibilidad a la retracción y a la expansión. (pág. 17)

F. Montmorillonitas

Son aquel grupo que presentan un bloque estructural semejante al de las illitas, sin embargo, se adiciona al reemplazo del silicio por aluminio en las unidades tetraédricas, es por ello que algunos de los iones de aluminio, en las unidades octaédricas se sustituyen por magnesio y hierro. La relación entre las capas es creada por el agua por lo que es sensible e inconstante comparado con el enlace de iones de potasio de las illitas. Las montmorillonitas tienen una elevada absorción de agua y muy altas propiedades de retracción y extensión. (pág. 17)

2.2.1.5. Tecnologías de remediación para suelos contaminados por Elementos Potencialmente Tóxicos.

El término tecnología de remediación implica el uso de cualquier operación unitaria o conjunto de ellas, que altere la composición de un contaminante peligroso a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan su toxicidad, movilidad o volumen en la matriz o material contaminado. (U.S. EPA 2001).

A. Contaminante

Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. (MINAM, 2013)

B. Remediación

Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas. (MINAM, 2013)

C. Sitio Contaminado

Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente (MINAM, 2013)

Inhibición por lo general, se define como acción y efecto de inhibir o inhibirse. Impedir o prohibir algo. Suspender transitoriamente la actividad de un órgano o del organismo mediante la acción de un estímulo. Según el diccionario de uso del español de María Molier 1992 citado por Olaso, J. 2015, p.16). En esta referencia, como en otras del estilo, nos aproximamos al sentido de detención, de suspensión o de abstención. (Olaso, J. 2015, p.16).

D. Biodisponibilidad

Es la capacidad de asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo. (Jiménez, R. 2017, p.8).

2.2.1.6. Propiedades físicas y mecánicas de un suelo

Se presentan algunos caracteres que adoptan los distintos tipos de suelos y así lograr su comportamiento, en la cual nos detalla (Crespo Villalaz, 2016):

A. Propiedades físicas

▪ Gravedad específica

(Vite Terán, 2016) menciona que se le conoce así al peso de dicha superficie terrestre contenido en la unidad de volumen y en general se expresa en kg/cm^3 , se le conoce como peso volumétrico seco y suelto de aquel suelo al peso volumétrico, considerando el peso del mismo previamente secado y cuarteado en un horno a un peso uniforme, el peso volumétrico aparente quiere decir que se considera al volumen de los vacíos formando parte de la superficie terrestre para así calcular la gravedad específica seca y suelto se coloca el material dentro de aquel recipiente de un volumen ya nombrado, enrasándolo y llenando sin apretarlo con una regla, se pesa y resta el peso del recipiente se logra tener el peso del material. (pág. 25)

▪ Densidad

(Vite Terán, 2016) menciona que se presentan tres tipos de densidad al considerar primero la densidad absoluta de un cuerpo que se define como la masa de dicho cuerpo en la cual contiene la unidad de volumen, extrayendo los vacíos existentes en la muestra. Segundo, la densidad aparente que es la masa de un cuerpo que se encuentra dentro de la unidad de volumen, considerando sus vacíos existentes. Tercero, la densidad relativa de un sólido que es aquella relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C . (pág. 26)

▪ Textura

(Vite Terán, 2016) lo define como aquella división o distintas proporciones en las que se encuentran presentes las variaciones de tamaños de las partículas sólidas que lo componen. De tal manera suelen diferenciar los materiales gruesos (rocas, retenidos en la malla N°4), materiales medios (arenas, pasantes de la malla N°4 hasta la malla N°200) y materiales finos (arcillas y limos, pasantes de la malla N°200) (pág. 26)

Tabla 1. Caracterización de las principales clases de partículas.

Partícula	Diámetro	Descripción
Arena	0.05 a 2.00 mm	Sus partículas individuales son caracterizadas a simple vista. Por su gran dimensión y textura irregular, el contacto entre partículas de arena es limitado, por lo que es complicado la formación de los áridos en el suelo.
Limo	0.002 a 0.05 mm	Su dimensión hace que lleguen a ser observables de su superficie y la dimensión de sus poros, por lo que esta partícula presenta la más elevada capacidad que se retiene de agua disponible.
Arcilla	Menor e igual a 0.0002 mm	Son observables mediante los microscopios, forman áridos que al secarse son demasiados duros.

Fuente: Zavaleta, 1992; Porta, 2003.

▪ Estructura

(Vite Terán, 2016) considera que es aquella agrupación de las partículas en fragmentos mayores, unidos por los coloides de la superficie terrestre. Hay diferentes tipos de estructura según la forma de estos bloques (granular, prismática, laminar). (pág. 27)

▪ Porosidad

(Vite Terán, 2016) lo define como aquel volumen de todos los espacios abiertos que hay entre los granos sólidos del suelo. La porosidad es fundamental por lo que se define el volumen de agua que puede ser retenida y dando así volumen al suelo. (pág. 27)

▪ Permeabilidad

(Vite Terán, 2016) afirma que es aquella propiedad del sistema poroso del suelo en la cual considera que fluyan los líquidos. Comúnmente el tamaño de los poros y su conectividad calculan si el suelo posee una elevada o baja permeabilidad. El agua podrá fluir fácilmente mediante de un suelo de poros grandes con una excelente conectividad entre los mismos. Los poros menores con el mismo grado de conectividad presentarían una baja permeabilidad, es por ello que el agua fluiría mediante del suelo de forma más lenta y este es el caso de los suelos arcillosos. (pág. 29)

▪ Granulometría

Un análisis granulométrico se da mediante el tamizado del suelo por diferentes mallas, que estas a su vez van disminuyendo sus aberturas, obteniendo así ciertas cantidades en cada malla (Braja, 2014)

Además, se tiene según, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) que la granulometría se da mediante el tamizado del suelo, con la finalidad poder determinar su clasificación de acuerdo a la distribución de sus partículas, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm - 4.75 mm

		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
	Arena	Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

▪ **Contenido de humedad**

Es la relación que se tiene del suelo en estado natural en referencia a la cantidad de agua que posea, este mencionado en forma porcentual (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

El ensayo se da con la selección de las muestras que posteriormente serán pesadas en recipientes para luego ser llevadas al horno a temperatura constante de 110 °C, una vez que la muestra se encuentre seca se procederá dejar que esta se encuentre a temperatura ambiente para poder pesarla y de esta manera saber qué cantidad de agua se tuvo en el suelo ensayado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

▪ **Plasticidad**

La plasticidad va depender de sus partículas finas para poder llegar a contener cierto grado humedad y que esta permanezca estable (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Para determinar la plasticidad se requiere de los límites de consistencia las cuales son:

- ✓ Limite liquido
- ✓ Limite plástico
- ✓ Índice de plasticidad

✓ Clasificación de suelos AASHTO

✓ Clasificación de suelos SUCS

B. Propiedades mecánicas del suelo

- CBR (California Bearing Ratio): Es el valor de soporte que tiene el suelo referido a su máxima densidad seca al 95 %, para tener una clasificación en referencia al resultado obtenido del CBR en el laboratorio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).
- Proctor modificado: Se da mediante compactación realizada en laboratorios con el fin de obtener el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).
- Compactación de suelos: es la eliminación de las burbujas de aire que contiene el suelo, con esto logra la aplicación de los esfuerzos mecánicos y con la adición de agua como un agente que se encarga de adherir las partículas (Braja, 2014).

2.2.2. Suelo Granular

De acuerdo con (Arumi R., 2020) los suelos granulares son fáciles de identificar debido a que el tamaño que divide las gravas de las arenas se nombra como terreno igual a 0.5 cm, en donde las gravas son de más de 6" por lo que se les conoce como bolones. Las características fundamentales en el comportamiento del suelo, se logran considerar en la descripción del suelo granular por lo que se presente a continuación lo siguiente:

- Suelos principales tales como la grava, arenosa, arena con grava, entre otras.
- Presenta un tamaño máximo de las gravas o bolones.

- Tiene un porcentaje estimado de bolones, tanto es el valor como el tamaño máximo en la que deben ser estimados, siempre que se considere en el pozo y no en la muestra obtenida.
- Los tamaños de los granos dominantes, para los suelos granulares que no presentan una excelente división de las dimensiones, señala si las arenas son gruesas, medias o finas.
- Dimensión de los áridos, es siempre conveniente que presente rangos de 10 a 15% de finos.
- Plasticidad de los finos según los procesos indicados en la identificación de los suelos finos. (Arumi R., 2020 pág. 7)

2.2.2.1. Caracterización geomecánica de suelos granulares

gruesos

Desde el punto vista de la ingeniería geotécnica es posible señalar que los suelos gruesos, o de grandes partículas, presentan un buen comportamiento y comparativamente desarrollan, en general, mayor rigidez y resistencia que suelos

de granos más pequeños como suelos arenosos. Sin embargo, la evaluación de sus propiedades mecánicas es dificultosa y de alto costo, por el tamaño que requieren las muestras a ser ensayadas. En la práctica hay una escasez de equipos capaces de ensayar suelos granulares con partículas de tamaños sobre 1" y, además, la toma de muestras "inalteradas" es de gran complejidad técnica y por lo tanto raramente utilizada. Por lo anterior, es usual que en proyectos donde están involucrados suelos gruesos se opte por utilizar información disponible en la literatura técnica, utilizándose parámetros conservadores y además, aplicando factores de seguridad compatibles con la limitada información disponible. Este método de trabajo resulta en proyectos donde no es posible optimizar la solución debido a la carencia de parámetros geo mecánicos de una calidad compatible con

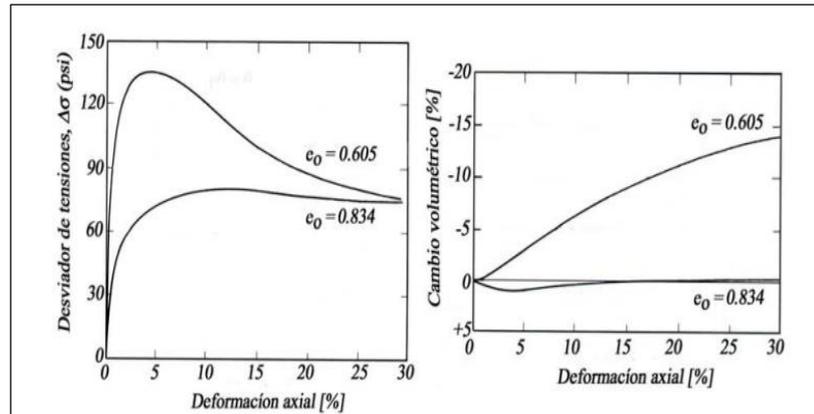
las herramientas numéricas actualmente disponibles. Resulta entonces relevante disponer de equipos para realizar los ensayos pertinentes, o en su defecto de metodologías que permitan evaluar las propiedades geotécnicas de los suelos gruesos de tal forma que las buenas propiedades y comportamiento de estos suelos sean establecidas y así acercarse a diseños que aprovechen al máximo las bondades de estos materiales. (Verdugo, y otros, 2006).

2.2.2.2. Conceptos básicos de la resistencia al corte de medios granulares

De acuerdo a las investigaciones de (Verdugo, y otros, 2006) tienen en consideración que, mayoritariamente, los suelos gruesos presentan permeabilidades altas y que, en general, se utilizan en un estado de densificación medio a alto, la respuesta drenada resulta ser la de mayor interés y consecuentemente será la analizada en este artículo. Con el propósito de tener una visión global de la resistencia al corte de materiales granulares sometidos a carga drenada, a continuación, se presenta brevemente algunas de las principales variables que controlan la movilización de resistencia drenada. Lo primero es analizar el efecto de la densidad, para lo cual un resultado clásico se presenta en la Figura 1 (Taylor, 1948; Lambe and Whitman, 1969), donde se observa que un material granular suelto moviliza su máxima resistencia a grandes deformaciones, desarrollando una curva tensión deformación que asintóticamente alcanza la falla. En cambio, el mismo material, pero en un estado denso, moviliza primero una resistencia pico a niveles de deformación relativamente bajos, y luego disminuye hasta desarrollar una resistencia residual a grandes deformaciones. Es importante resaltar el hecho de que el material suelto responde con deformaciones volumétricas en contracción (disminución de volumen), mientras que el material denso

responde inicialmente con una pequeña deformación volumétrica en contracción para luego desarrollar una marcada dilatación (aumento de volumen). (pág. 2)

Figura N° 6. Comportamiento tensión-deformación y cambio volumétrico en suelos granulares.

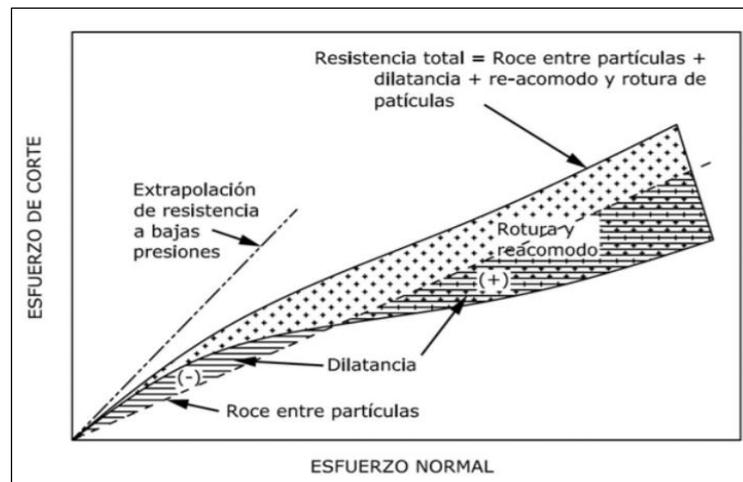


Fuente: Taylor, 1948.

La resistencia pico que se observa en el material denso está principalmente asociada a la energía adicional requerida para desarrollar el fenómeno de dilatación. Por otra parte, la resistencia común alcanzada a grandes deformaciones por ambos estados de densificación está asociada a un ángulo de fricción que es siempre superior al de roce entre partículas, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 6(2) 201 lo cual implica que esta resistencia friccionante obedece al menos a la suma de dos componentes: la fricción entre partículas más la energía adicional requerida para el re-acomodo de partículas (Rowe, 1962; Lee and Seed, 1967). Otra variable importante en la resistencia la corte es la presión de confinamiento, que al aumentar lo suficiente anula toda dilatación, transformando hasta el estado más denso en contractivo. Este cambio en la tendencia de la deformación volumétrica se debe a la ocurrencia de una importante rotura de partícula y por lo tanto, especialmente en estados densos, el comportamiento

a bajas presiones difiere del que se desarrolla a grandes presiones. Evidentemente, este cambio es gradual y depende principalmente de la dureza de las partículas y granulometría del suelo. En la siguiente figura se presentan los resultados de una serie de ensayos triaxiales realizados en un amplio rango de presiones de confinamiento sobre probetas inicialmente compactadas a un mismo estado de alta densidad. Se observa claramente que la razón de tensiones máxima disminuye al aumentar la presión de confinamiento, demostrándose con esto que el ángulo de fricción máxima es dependiente de la presión confinante. (2006 pág. 2)

Figura N° 7. Comportamiento tensión-deformación a grandes presiones.

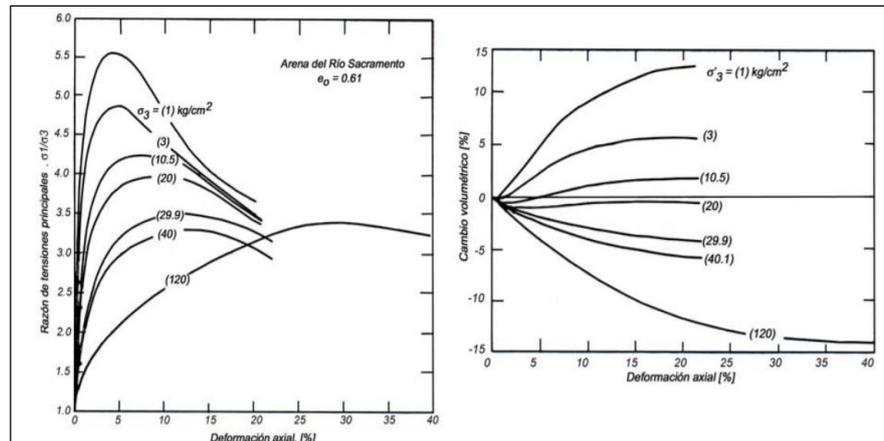


Fuente: Lee y Seed, 1967.

La interpretación clásica de las componentes del máximo ángulo de fricción movilizado se ilustra en la Figura siguiente, y establece básicamente tres factores: 1) roce entre partículas en los contactos, 2) dilatación, 3) re-acomodo y rotura de partículas (Lee and Seed, 1967). Esta interpretación de los factores que controlan la resistencia al corte de un medio granular considera que la resistencia generada por el roce entre partículas es constante e independiente del nivel de presión de confinamiento y que la influencia tanto del re-acomodo de partículas como la rotura de éstas, son similares. Esta interpretación es posible de modificar considerando

primero que la resistencia por roce entre partículas es afectada por el nivel de presión y segundo que la energía necesaria para la rotura de partículas es significativamente mayor que aquella necesaria para el reacomodo de éstas. (Verdugo, y otros, 2006).

Figura N° 8. Componentes de la resistencia al corte.

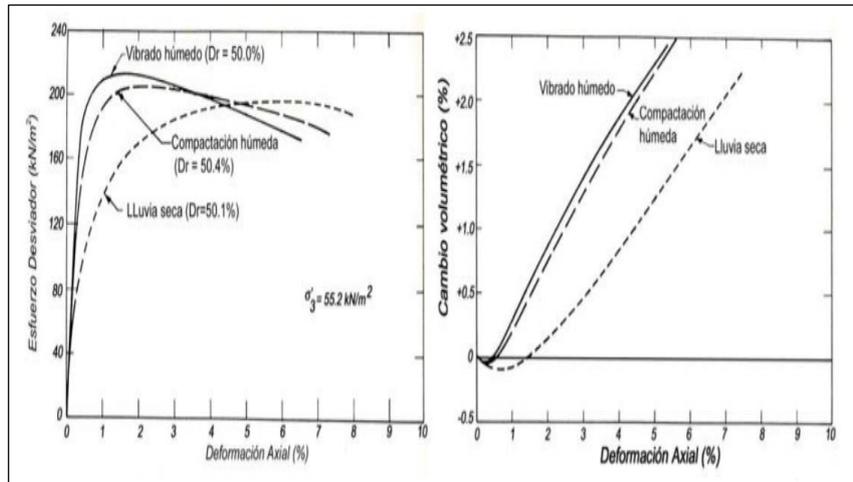


Fuente: Lee and Seed, 1967.

Otra variable importante que controla el comportamiento de todo medio articulado está asociada con la disposición de las partículas constituyentes, o estructura del suelo. En la Figura 4

se presentan resultados que dejan en evidencia el efecto de la estructura inicial en el comportamiento tensión-deformación y cambio volumétrico de un suelo (Mitchell, 1976).

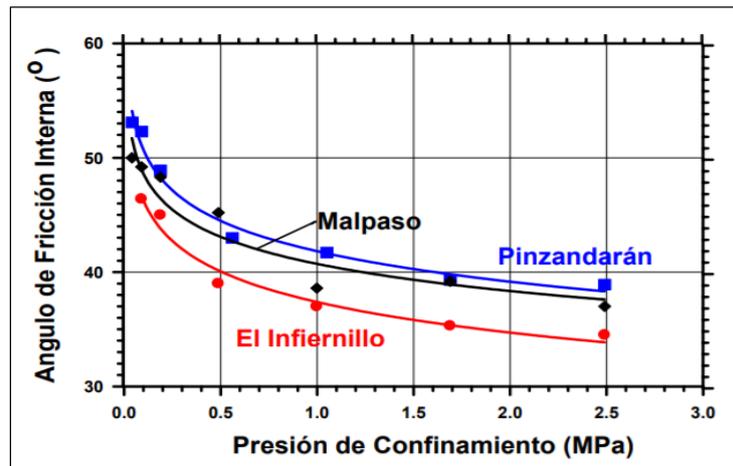
Figura N° 9. Efecto de la estructura del suelo en la resistencia al corte.



Fuente: Mitchell, 1976.

Consecuentemente, cuando se trabaja con el suelo en su estado natural siempre es deseable ensayar probetas “inalteradas” y por tanto es importante gastar la mayor energía disponible en esta dirección. Entre los estudios más completos sobre la resistencia al corte de suelos gruesos, sin lugar a duda están los llevados a cabo por Marsal y colaboradores en México en la década de los 60s. Por ejemplo, en la Figura 5 se presentan las variaciones del ángulo de fricción máximo obtenidos por Marsal (1980) en ensayos triaxiales en compresión, utilizando materiales gruesos de diferente origen y cubriendo un amplio rango de presiones de confinamiento. De estos datos resulta evidente la curvatura que deben presentar las envolventes de falla. El hecho de que el ángulo de fricción movilizado en la falla disminuya de manera importante cuando los niveles de presión confinante aumentan, estaría principalmente asociado a la rotura de partículas. Luego, si se tiene presente que en problemas donde se involucran materiales gruesos es usual que los niveles de sollicitación y confinamiento sean elevados, resulta especialmente relevante para todo efecto práctico tener en consideración la variación de resistencia que se genera de acuerdo a los niveles de tensión involucrados. (Verdugo, y otros, 2006).

Figura N° 10. Efecto de la presión de confinamiento en el ángulo de fricción interna.



Fuente: Marsal, 1980.

2.2.2.3. Granulometría en suelos granulares

A comienzos de la investigación de las propiedades de los suelos se pensó que las propiedades mecánicas de estos estaban basados directamente en la distribución granulométrica o distribución por tamaños de partículas a partir de eso el interés de los profesionales por estudiar la distribución y al día de hoy todo aquel que se interesa por los suelos pasa por un momento donde se siente con experiencia suficiente puede brindar el comportamiento mecánico de los suelos a partir de la granulometría.” (Juárez & Rico, 2011). Con respecto a los suelos grueso donde se puede determinar los tamaños o la distribución por mallas se puede conocer de cierta manera sus propiedades físicas, donde la experiencia guía a saber que los suelos bien gradados tiene un mejor comportamiento para trabajos de ingeniería a diferencia de suelos con granulometría uniforme. (Juárez & Rico, 2011).

Tabla 3. Requerimientos granulométricos para base granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm	100	100		
25 mm		75 a 95	100	100
9.5 mm	30 a 65	40 a 75	50 a 85	60 a 100
4.75 mm	25 a 55	30 a 60	35 a 65	50 a 85
2.0 mm	15 a 40	20 a 45	25 a 50	40 a 70
425 µm	8 a 20	15 a 30	15 a 30	25 a 45
75 µm	2 a 8	5 a 15	5 a 15	8 a 15

Fuente: ASTM D 1241.

A. Árido grueso

Es aquel en la que se nombrará así a algunos materiales que se retienen en la malla N°4 en la que llegarán a originarse de las fuentes naturales, en la que son procesados o es la mezcla de ambos. (MTC, 2013)

Tabla 4. Requerimientos granulométricos para base granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos de altura	
				Menor a 3000 msnm.	Mayor e igual a 3000 msnm.
Partícula con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partícula con dos caras fracturada	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.

Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: EG-2013.

B. Árido fino

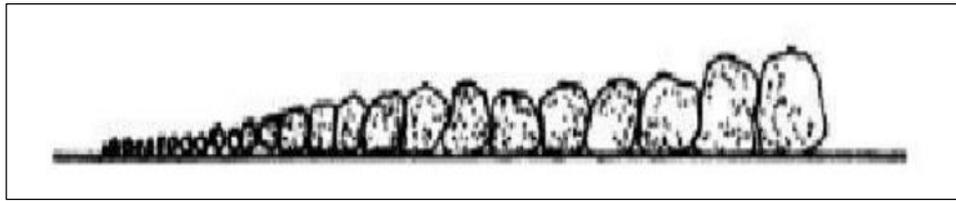
Es aquella en la que se nombrará así a aquellos materiales que pasan de 4.75 mm en las que lograrán originarse de las fuentes naturales, en la que serán procesados o será la mezcla de ambos. (MTC, 2013)

Tabla 5. *Requerimientos granulométricos para base granular.*

Ensayo	Norma	Requerimiento de altura	
		Menor a 3000 msnm.	Mayor e igual a 3000 msnm.
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

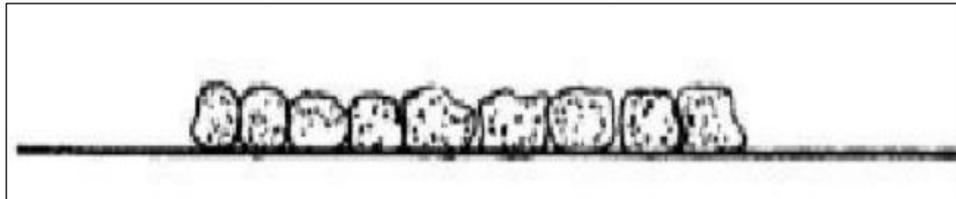
Fuente: EG-2013.

Figura N° 11. Suelos bien graduados.



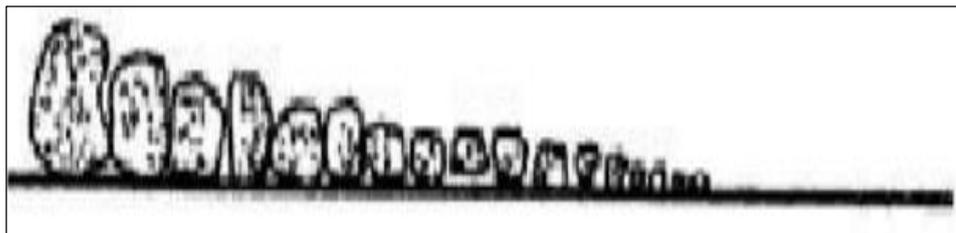
Fuente: Mecánica de Suelos por Crespo, 2008.

Figura N° 12. Suelos mal graduados.



Fuente: Mecánica de Suelos por Crespo, 2008.

Figura N° 13. Suelos discontinuos.



Fuente: Mecánica de Suelos por Crespo, 2008

2.2.3. Suelo Mixto

Según Díaz (1998) Son esos suelos que poseen propiedades intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos, o sea, de ambos tipos. El suelo mixto se puede clasificar según su textura: fina o gruesa, y por su composición: floculada, agregada o dispersa, lo cual define su porosidad que posibilita una más grande o menor circulación del agua, y por consiguiente la vida de especies vegetales que requieren concentraciones más o menos altas de agua o de gases.

El suelo además se puede clasificar por sus propiedades químicas, por su poder de absorción de coloides y por su nivel de acidez (pH), que posibilita la vida de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos.

2.2.4. Suelo Cohesivo

Se estima al conjunto (pilotes y suelo contenido) como una cimentación fuerte; la carga última del conjunto se puede evaluar con la ecuación de Meyerhof. ejemplificando, para un ancho de conjunto B1, longitud B2, profundidad D. (Alva, 1943) la carga de falla es:

Ecuación 1. Factor de capacidad de carga de Meyerhof.

$$QU = B1 * B2 * C * NC \dots (1)$$

Donde:

- Nc = factor de capacidad de carga de Meyerhof.
- λ = factor de forma.
- c = cohesión promedio de la arcilla que rodea al grupo.

2.2.5. Biochar (carbón vegetal)

De acuerdo con (Escalante Rebolledo, 2016), define como aquel producto de la descomposición térmica de aquellos materiales que son orgánicos como por ejemplo la biomasa con un poco o limitado suministro de oxígeno con respecto a temperaturas inferiores a los 700°C, ya que es destinado a la utilización agrícola, lo cual lo hace que sea distinto el carbón utilizado como un combustible y el carbón activado (pág. 56)

Figura N° 14. Biochar a tamaño < 2 cm.



Fuente: CIEMAT (2021)

El biochar o también considerado como biocarbón, elaborado a partir de biomasa vegetal o animal para su aplicación en el suelo. Según

The International Biochar Initiative (2018), menciona que es un carbón de grano fino y altamente poroso. Empleándolo en el suelo se convierte en un mejorador ya que ayuda al suelo a retener agua y nutrientes evitando la filtración a aguas subterráneas y posible contaminación. (Escalante Rebolledo, 2016)

2.2.5.1. Composición química del biochar

Según Montoya et al. (2014), La composición química de la biomasa en términos de componentes globales es (p. 30-31):

- Humedad: representada por la cantidad de agua por unidad de masa seca, es la humedad que se encuentra adsorbida en la parte externa de la biomasa y que se encuentra dentro de los poros.
- Material volátil: se refiere a los compuestos orgánicos condensables y no condensables que son liberados de la biomasa cuando entra en calentamiento.
- Cenizas: es el residuo orgánico que queda después de que la biomasa haya pasado por combustión completa, los elementos principales en las cenizas son sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), silicio (Si), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cloro (Cl), cromo (Cr).
- Carbono fijo: es la masa de materia orgánica que queda luego que se haya liberado el material volátil, la humedad y el contenido de cenizas. (De la cruz Carpio, 2018)

2.2.5.2. Proceso de Pirolisis

Este proceso requiere de un calentamiento lento de la biomasa lignocelulósica con el propósito de aumentar la fracción sólida (formación de carbón). Según Menéndez (2012), es el calentamiento de materiales orgánicos en ausencia de aire con temperatura que llegan hasta 500°C, se

emplea la terminación pirolisis para obtener gases y aceites, además para la obtención de un producto solido (carbón) (p. 47). Guillermo y Fernando (2015), La tecnología de pirólisis permite transformar la biomasa lignocelulósica en tres fracciones: solido carbonizado (carbón vegetal), mezcla de gases combustibles y una mezcla de compuestos orgánicos volátiles (COVs) (p. 163). según Guillermo y Fernando (2015), las etapas más importantes son las siguientes: 11

- Etapa de secado ($T < 200$ °C), se evapora el agua y los extractos ligeros presentes en la biomasa. Reduciendo el consumo energético en la etapa pre-seca.
- Etapa de deshidratación ($T = 200-300$ °C), deshidratación de los polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa), se generan gases permanentes (CO_2 , CO, agua, H_2 , N_2 , C_2H_4 , etc.).
- Etapa pirolítica ($T = 250-600$ °C), descomposición térmica de los polímeros de la biomasa (celulosa, hemicelulosa y lignina), se forman compuestos orgánicos volátiles, gases permanentes.
- Etapa de carbonización ($T = 400-800$ °C), se forman compuestos de mayor peso molecular (material carbonizado), formando el carbón vegetal. (De la cruz Carpio, 2018)

(García, C. et al., 2014). La producción de biochar mediante pirolisis se presenta como una posible alternativa tecnológica para obtener un balance de carbono negativo. El calentamiento en ausencia de oxígeno, realizado en el proceso de pirolisis, transforma la materia orgánica en un sólido rico en carbono (biochar) y en productos volátiles. El biochar, producido a partir de residuos biomásicos, se incorpora al suelo proporcionando un sistema de

almacenamiento de carbono estable durante largos periodos de tiempo. (p.20).

(Oses, A., 2013). La propiedad que la define es que la parte orgánica del biochar tiene un alto contenido de C que forman compuestos aromáticos que se caracterizan por anillos de seis átomos de C unidos entre ellos sin hidrógeno (H), que son de otro modo, los átomos más abundantes en la materia orgánica viva. (p.26) Con respecto a sus propiedades físicas, el biocarbón es un sólido carbonoso, de color negro, con una superficie intrincada y desordenada, cuyas características estructurales varían por el tipo y tiempo de la pirólisis. En general es amorfo según estudios de microscopía electrónica de barrido realizados por Qiu et al. 2008 citado por Escalante, A. [et al] 2016. El biocarbón está constituido por partículas de diferentes tamaños, lo que depende de la fuente y tamaño de la materia prima (Lehmann, 2007 citado por Escalante, A. [et al] 2016). Posee una alta porosidad con micro, meso y macro poros.

2.2.5.3. Usos del biochar en el suelo

The International Biochar Initiative (2018) El biochar mejora los suelos, al convertir los desechos agrícolas en un poderoso mejorador del suelo que contiene carbono y hace que los suelos sean más fértiles, podemos aumentar la seguridad alimentaria, desalentar la deforestación y preservar la diversidad de las tierras de cultivo. La investigación ahora confirma beneficios que incluyen:

- Reducción de lixiviación de nitrógeno en aguas subterráneas
- Posibles emisiones reducidas de óxido nitroso
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico que da como resultado una fertilidad mejorada del suelo.

- Moderación de la acidez del suelo.
- Aumento de la retención de agua,
- Aumento del número de microorganismos beneficiosos en el suelo.

La incorporación de biocarbón al suelo puede alterar sus propiedades físicas tales como la textura, la estructura, capacidad de retención de humedad, crecimiento de las plantas. Por lo general incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo posibilitando la adsorción de sustancias químicas. Según Lori y Stanley (2013), La adición de biocarbón al suelo se caracteriza por mitigar el cambio climático a través de la captura de carbono en el suelo debido a su estructura porosa y partículas que interactúan con los componentes físicos y biológicos del suelo (p. 5). 12 El biocarbón como material granular en forma de polvo con alto contenido de carbono, es elaborado a partir de diversos residuos orgánicos. Por otro lado, según Masaguer (2015), durante años se realizaron diversos estudios con la finalidad de emplear el biocarbón en suelos agrícolas para recuperar las propiedades del suelo con el propósito de secuestrar carbono para la reducción de gases de efecto invernadero (De la cruz Carpio, 2018).

2.2.5.4. Composición del biochar

Según (Guerra Laura, 2015), el biochar se encuentra compuesto principalmente de carbono orgánico recalcitrante y de contenidos de macro y micronutrientes retenidos de su materia prima original. Así también, se encuentra compuesto por una concentración variada de otros elementos tales como oxígeno (O), hidrógeno (H), azufre (S), cationes básicos, metales pesados y de compuestos orgánicos. Por otro lado, la composición dependerá también de las condiciones de pirolisis puesto que algunos contaminantes pueden formarse

durante el proceso de producción, tal es el caso de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), formados a partir de cualquier materia carbonácea.

2.2.5.5. Propiedades físicas y químicas del biochar

A. pH de la solución de biochar

El pH es una característica muy importante a considerar debido a que es un determinante directo sobre los efectos de la relación suelo – biochar – planta y el pH resultante dependerá de la materia prima original y de las condiciones operacionales (Lehmann, citado por McElligot et al. 2011).

B. Capacidad de intercambio catiónico

La Capacidad de Intercambio Catiónico o CIC es una característica importante en el suelo porque determina la adsorción y desorción de nutrientes, por ende, de su disponibilidad en el suelo (Shenbagavalli y Mahimairaja, 2012). Una elevada CIC en el biochar puede deberse a la presencia de grupos funcionales oxidados (grupos carboxil) en su superficie luego de una degradación microbiana. La presencia de estos grupos puede verse indicada por una elevada tasa de O/C.

C. Conductividad eléctrica o sólidos totales disueltos

La conductividad eléctrica representa la medida del contenido total de sales disueltas en el biochar, incluyendo todos los fertilizantes y sales neutras que se encuentran en la solución. No es necesariamente un problema, pero demasiada sal tiene un efecto adverso en la mayoría de las plantas.

2.2.5.6. Ventajas del uso/aplicación de la tecnología

- Reducción en la compactación del suelo.

- Ascende en la capacidad de retención de agua y de nutrientes en el suelo.
- Desciende la emisión de gases de efecto invernadero: Dióxido de Carbono-CO₂, Metano-CH₄ y Óxido Nitroso-N₂O.
- Ascende del secuestro de Carbono-C.
- Mejora la fertilidad del suelo.
- Ascende el pH del suelo.
- Ascende la actividad microbiana. Mejora el aumento de la germinación. (Manejo y conservación de suelos , 2018)

2.3. Definiciones de términos

- a. Agregados:** Son aquellos materiales granulares sólidos inertes en la cual se consideran en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y granulometrías indicadas. (Olarte Buleje, 2017)
- b. Agregado grueso:** El agregado grueso (MTC E207) es la fracción del Agregado que queda retenida en el tamiz N^o 8. (Herrmann do Nascimento, 2018 pág. 25)
- c. Análisis granulométrico:** El análisis granulométrico tiene como objeto, que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en la mezcla de pavimentación en ciertos porcentajes. (Valdivia Sánchez, 2017 pág. 89)
- d. Biochar:** Es aquel producto de la descomposición térmica de aquellos materiales que son orgánicos. (Escalante Rebolledo, 2016).
- e. Cantera:** Lugar de extracción de los agregados para elaboración de mezclas de concreto. (Ñahui Sacha & Sedano Meza, 2018)
- f. CBR (California Bearing Ratio):** Es aquel valor de soporte o resistencia de la superficie terrestres (suelo), que estará referido al 95% de la MDS y a una penetración de carga de 2.54 mm. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)
- g. Durabilidad:** Habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto". (Serpa, 2014).

- h. Suelo:** Están conformados por aire, agua y minerales, ello haciendo un sistema trifásico (Cubas y Falen, 2016).
- i. Suelo granular:** Son aquellos que están formados por partículas gruesas como la arena o grava. (Crespo Villalaz, 1976-1980)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular con biochar en la base mejoran en 5%.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La incorporación de biochar altera de manera satisfactoria en 4% en las propiedades físicas de un suelo granular para base, en la provincia de Huancayo.
- b) La incorporación de biochar mejora considerablemente un 5% en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la provincia de Huancayo.

2.5. Variable

2.5.1. Definición conceptual de las variables

a) Variable independiente (X)

Biochar

(Escalante Rebolledo, 2016) nos menciona que se le conoce como aquel producto de la descomposición térmica de algunos materiales que son orgánicos como por ejemplo la biomasa con un poco o limitado suministro de oxígeno con respecto a temperaturas inferiores a los 700°.

b) Variable dependiente (Y)

Propiedades físicas de un suelo granular

(Rucks, y otros, 2018) Definen como propiedades físicas de los suelos a las que determinan en gran medida, la capacidad de muchos

de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

2.5.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Biochar

La variable VI 1: Biochar se operacionaliza mediante dos dimensiones que representan las características:

- ✓ D1: Dosificación
- ✓ D2: Gradación

A su vez cada una de las dimensiones se desglosa en indicadores.

b) Variable dependiente 1 (Y)

Propiedades físicas de un suelo granular

La variable VD 1: Propiedades físicas de un suelo granular se operacionaliza mediante una dimensión que representan las propiedades:

- ✓ D1: Ensayo de laboratorio

A su vez esta posee un indicador.

c) Variable dependiente 2 (Y)

Propiedades mecánicas de un suelo granular

La variable VD 2: Propiedades mecánicas de un suelo granular se operacionaliza mediante dos dimensiones que representan las propiedades

- ✓ D1: Ensayo de laboratorio

A su vez esta posee un indicador.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 6. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>1: Variable Independiente</p> <p>Biochar</p>	<p>Se le conoce como a aquel producto de la descomposición térmica de algunos materiales que son orgánicos como por ejemplo la biomasa con un poco o limitado suministro de oxígeno con respecto a temperaturas inferiores a los 700°C. (Escalante Rebolledo, 2016)</p>	<p>La variable VI 1: Biochar se operacionaliza mediante tres dimensiones que representan las características D1: Dosificación, D2: Gradación. A su vez cada una de estas dimensiones se subdivide en tres indicadores. (Romo Carhuallanqui)</p>	<p>DOSIFICACION</p> <p>GRADACION</p>	<p>1% - 3% - 5%</p> <p>GRANULOMETRIA DE BICHAR</p>
<p>2: Variable Dependiente 1</p> <p>Propiedades físicas de un suelo granular</p>	<p>Se definen como propiedades físicas de los suelos a las que determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. (Rucks, y otros, 2018)</p>	<p>La variable VD 1: Propiedades físicas de un suelo granular se operacionaliza mediante tres dimensiones que representan las propiedades D1: Ensayo de Laboratorio. A su vez esta dimensión tiene un indicador. (Romo Carhuallanqui)</p>	<p>ENSAYO DE LABORATORIO</p>	<p>LIMITE PLASTICO</p> <p>LIMITE LIQUIDO</p> <p>LIMITE DE CONSISTENCIA</p>
<p>2: Variable Dependiente 2</p> <p>Propiedades mecánicas de un suelo granular</p>	<p>Las propiedades mecánicas de los suelos son las que describen el comportamiento de un material ante las fuerzas aplicadas sobre él, por eso son especialmente importantes al elegir el material del que debe estar construido un determinado objeto. Están relacionadas con su capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones. (Peña Soto, 2016)</p>	<p>La variable VD 2: Propiedades mecánicas de un suelo granular se operacionaliza mediante una dimensión que representa la propiedad D1: Ensayo de Laboratorio. A su vez esta dimensión tiene un indicador. (Romo Carhuallanqui)</p>	<p>ENSAYO DE LABORATORIO</p>	<p>PROCTOR MODIFICADO</p> <p>CBR</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

Según Tamayo Tamayo (2012), “el método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica. (p.18)

La investigación iniciará con la observación directa de los hechos, en este caso se describirá las propiedades físicas y mecánicas del suelo granular con adición de biochar, verificando las hipótesis planteadas mediante la experimentación, llegando finalmente a las conclusiones.

Según estas consideraciones en la presente investigación se aplicará el ***método científico***.

3.2. Tipo de investigación

Según Hernández Sampieri (2018), La investigación científica se debe llevar a cabo de manera cuidadosa y organizada. Uno de los propósitos de esta investigación es resolver problemas en el caso de investigación Aplicada (p.11). En la investigación se va cuantificar el porcentaje de biochar usado en un suelo granular, así mismo se analizará las propiedades físicas y mecánicas de este material.

En la presente tesis, se debe realizar una investigación básica para obtener más conocimiento sobre biochar en la base, por lo que después se realizará la investigación aplicada para desarrollar y aprobar su aplicación.

Conforme a la teoría evaluada, esta investigación se clasifica del **tipo aplicada**.

3.3. Nivel de investigación

Según Espinoza Montes (2014), considera que el nivel de Investigación Explicativo “tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad, aunque desde el punto de vista sistémico, existe relación entre las variables que integran un objeto o sistema” (p.90).

En la investigación se pretende dar a conocer los efectos de adición de biochar a un suelo granular.

Bajo este análisis la investigación corresponde al **nivel explicativo**.

3.4. Diseño de la investigación

Según Espinoza Montes (2014), considera que cuando en una investigación se necesita manipular variables, es necesario realizar un diseño experimental. Los diseños experimentales en una investigación, sirve para organizar la obtención de datos a partir de la reproducción de las propiedades del objeto de investigación en un modelo o en un prototipo” (p. 97).

Para la presente investigación se realizarán pruebas y ensayos de laboratorio para llegar al objetivo principal de la investigación. Dichos ensayos se realizarán usando adición de biochar a suelos granulares, de los cuales se obtendrán resultados que serán analizados y comparados entre sí y luego explicados y así llegar a cumplir los objetivos planteados y probar la hipótesis de la investigación. Según el análisis realizado, el diseño a aplicar es el **diseño experimental**.

De tal modo el diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.

OE → SA → XP → CE → RE

Donde:

- OE = Objeto de Estudio
- SA = Fibra de zanahoria
- XP = Concreto convencional
- CE = Análisis

- RE = Resultados y conclusiones

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según (Carrasco Díaz, 2007), la población “Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

La población será el suelo en estado natural extraído de la Av. Salaverry en la provincia de Huancayo y el suelo granular con la adición de Biochar.

3.5.2. Muestra

Según (Carrasco Díaz, 2007), la muestra “es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conformen dicha población”.

La muestra está conformada por 1 m³ de suelo granular de la Av. Salaverry con adición de biochar para ser estudiados en el laboratorio.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

(Vásquez Vélez, 2011) nos menciona que las técnicas son aquellas que se especifican como un conjunto de: medios, mecanismos, recursos, procedimientos, formas que se utilizan y sirven para recoger, conservar, organizar toda la investigación y la información que se desarrolla.

a) Observación

Se define como aquella técnica más usada para lograr detallar, definir y comparar.

b) Análisis de documentos

Los documentos que se utilizaron, son aquellos que desde un principio de la investigación lograron dar un sustento a la misma, referente al manejo de conceptos que existen, entre ellos, se tiene lo siguiente:

- **Revisión de bibliografía**

Para lograr profundizar se utilizó los conocimientos adquiridos como investigador, tal caso referente al problema de investigación y de tal manera lograr obtener el sustento ante dicho tema investigado.

3.6.2. Instrumentos

Según (Metodología de la Investigación, 2018) un instrumento es aquel componente de medición adecuado que se encarga de registrar los datos que fueron observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente. A continuación, se mencionan los instrumentos a ser utilizados.

a) Ficha de observación

Se caracteriza por ser aquel instrumento en la que se recolecta datos en relación a un objetivo característico, en la cual se calculan variables específicas.

b) Cuestionario

Es aquella en la que considera que la información y datos deben ser tabulados, clasificados, descritos y presentar una evaluación de estudio o investigación.

c) Ficha de registro documental

Es aquel instrumento alineado a la técnica de observación, muestra que el análisis es un proceso de observación.

3.6.2.1. Validez

Según (Carrasco Díaz, 2006) considera que la validez consiste en “Que los instrumentos de investigación se midan con objetividad, precisión, veracidad y autenticidad aquello que se desea medir de la variable o variables en estudio” (pág. 336)

Los instrumentos de investigación se validaron mediante el juicio de expertos. Como refiere (Hernández Sampieri, 2014) considera que la validez consiste en “se obtiene mediante las opiniones de

expertos y al asegurarse de que las dimensiones medidas por el instrumento sean representativas del universo o dominio de dimensiones de las variables de interés” (pág. 298)

Tabla 7. Rangos de Validez.

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez Perfecta

Fuente: (Oseda Gago, 2012)

Tabla 8. Validez de contenido del instrumento de las variables: Biochar, Propiedades físicas de un suelo granular y Propiedades mecánicas de un suelo granular.

N°	Grado	Nombres y Apellidos	CIP
1	Ing.	Ing. Gamarra Espinoza, Luis	198161
2	Ing.	Ing. Pautrat Egoavil, Henry	78935
3	Ing.	Ing. Porras Olarte, Rando	87979

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Procesamiento de información

Según (Giraldo Huertas, 2016), nos manifiesta que: El procesamiento de la información tiene como fin generar datos agrupados y ordenados que faciliten al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas.

3.7.1. Análisis granulométrico de agregado fino y agregado grueso (MTC E 107)

3.7.1.1. Equipos y/o materiales

- Balanzas.
- Tamices.
- Agitador mecánico de tamices.
- Envases.
- Cepillo y brocha.
- Horno.

3.7.1.2. Procedimiento

- Se seca la muestra a temperatura constante.
- Se coloca el material en los tamices, en la tabla 3 se muestra la cantidad de muestra según su tamaño máximo nominal del agregado.
- Se agitan los tamices por un periodo suficiente.
- Se determinó la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz.

3.7.2. Límite líquido (MTC E 110)

3.7.2.1. Equipos y/o materiales

- Recipiente para el almacenamiento.
- Aparato del límite líquido.
- Acanalador.
- Calibrador.
- Balanza.
- Estufa.
- Espátula.

3.7.2.2. Procedimiento

- Primero se ubica una porción del suelo, en la copa del instrumento de límite líquido en el centro donde la copa reposa sobre la base, alcanzando a presionar y distribuyéndola en la copa hasta un fondo de 10mm en su centro más hondo, realizando un área aproximadamente horizontal.
- Segundo se usa el acanalador, por ello se proporciona la muestra contenida en la copa, logrando hacer una ranura mediante el suelo continuando una línea que una el centro más elevado y al centro más bajo sobre el borde de la copa.
- Comprobar que no se presentan desperdicios de la muestra por debajo de la copa, alzar y dejar la copa girando el

manubrio hasta las dos partes del suelo que se encuentra en relación a la base de la ranura de una distancia de 13mm.

- Tomar apunte del número de golpes, es fundamental para cerrar la ranura, tomar una parte del suelo de ancho de la espátula, ubicarlo en un recipiente de peso y taparlo.
- Realizar la mezcla otra vez todo el espécimen del suelo en el plato del mezclador agregándole agua para que ascienda su contenido de humedad y reducir el número de golpes para cerrar la ranura.
- Finalmente calcular el contenido de humedad, del espécimen de la superficie terrestre de cada prueba.

3.7.3. Límite plástico (MTC E 111)

3.7.3.1. Equipos y/o materiales

- Espátula.
- Vasija para almacenaje.
- Balanza.
- Horno.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj o recipientes la determinar humedades.
- Superficie de rodadura.

3.7.3.2. Procedimiento

- Se moldea una porción de la muestra en forma de elipsoide, después se rueda con los dedos de la mano por encima del suelo liso.
- Repetir el procedimiento si no se ha desmoronado en el cilindro de diámetro de 1/8" cuantas veces sea lo suficiente hasta que se desmorone.
- La parte obtenida se ubica en los vidrios de reloj en la cual se continúa el procedimiento hasta reunir los 6g de suelo y se calcula la humedad.
- Repetir con la otra mitad de la masa.

3.7.4. Proctor modificado (MTC E 115)

3.7.4.1. Equipos y/o materiales

- Ensamblaje del molde.
- Molde de 4”.
- Molde de 6”.
- Pisón o martillo.
- Pisón manual.
- Pisón mecánico circular.
- Pisón mecánico.
- Balanza.
- Horno de secado.
- Regla.
- Tamices o mallas.
- Herramientas de mezcla.

3.7.4.2. Procedimiento

- Si la muestra se encuentra húmeda, se disminuye el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado logra ser el aire o por la aplicación de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no sea mayor a 60°C. Se dispersa por completo los grupos de tal manera no ocasione que se quebré algunas partículas. Pasar el material por el tamiz adecuado que es el N°4. Durante la realización del material granular que pasa por la malla $\frac{3}{4}$ ” para la compactación del molde de 6”, se desune los áridos para que logren pasar por la malla de $\frac{3}{4}$ ” para la compactación en el molde de 6”.
- Preparar no más de 4 especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado.
- Luego del curado se necesita que cada espécimen se compacte

3.7.5. CBR (MTC E 132)

3.7.5.1. Equipos y/o materiales

- Prensa.
- Molde de metal cilíndrico.
- Disco espaciador.
- Pisón de compactación.
- Placa metal.
- Un trípode.
- Pesas.
- Pistón de penetración.
- Dos diales.
- Tanque, estufa, balanzas, tamices y misceláneos.

3.7.5.2. Procedimiento

- Preparación de la muestra, en la cual se relaciona al peso unitario, humedad de los suelos con equipo estándar o modificado.
- Se elabora los especímenes por el cual se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciados y sobre éste un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- Inmersión, se coloca sobre la superficie de la muestra en la que se invierte la placa perforada con vástago y sobre ésta los anillos necesarios para completar una sobrecarga de tal manera que se produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que se hayan de ir encima del suelo que se ensaya.
- Penetración, se aplica una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga al igual que el peso del pavimento. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo adecuado de la prensa con una velocidad de penetración homogénea de 1.27 mm por minuto.

3.7.6. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E 209)

3.7.6.1. Equipos, materiales y reactivos

- Tamices.
- Envases
- Regulación de la temperatura.
- Balanzas.
- Horno de secado.
- Medida del peso específico.
- Reactivos.

3.7.6.2. Procedimiento

- Inmersión de las muestras en solución: Se agregarán a las muestras en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, de tal manera que la solución tape a lo profundo de por lo menos 1.5cm. Se cubren los envases para reducir la evaporación y no ocasionar el aumento accidental de las sustancias extrañas. Algunas de las muestras en la solución se sostendrán a una temperatura de 1°C durante el tiempo de inmersión.
- Luego se realiza el secado de las muestras luego de la inmersión, después del tiempo de inmersión se saca la muestra del líquido de la solución en la que se deja exprimir y se coloca en la estufa de secar, una vez realizada se llevará la temperatura de la estufa de 105°C a 110°C.
- Una vez secada la muestra a la temperatura mencionada hasta obtener un peso estable, durante el tiempo de secado, se sacan las muestras del horno y se pesan de 2 a 4 h en la que se logra tener en cuenta que se ha llegado al peso estable cuando dos pesadas consecutivas para diferentes muestras.
- Después de tener el peso estable, enfriar la muestra a la temperatura ambiente y luego se introduce en la solución, de

tal manera que se describe en el anterior paso. Finalmente se repite el mismo procedimiento.

3.8. Técnicas y Análisis de Datos

Técnicas:

(Vásquez Vélez, 2011) nos menciona que las técnicas son aquellas que se especifican como un conjunto de: medios, mecanismos, recursos, procedimientos, formas que se utilizan y sirven para recoger, conservar, organizar toda la investigación y la información que se desarrolla.

c) Observación

Se define como aquella técnica más usada para lograr detallar, definir y comparar.

d) Análisis de documentos

Los documentos que se utilizaron, son aquellos que desde un principio de la investigación lograron dar un sustento a la misma, referente al manejo de conceptos que existen, entre ellos, se tiene lo siguiente:

- **Revisión de bibliografía**

Para lograr profundizar se utilizó los conocimientos adquiridos como investigador, tal caso referente al problema de investigación y de tal manera lograr obtener el sustento ante dicho tema investigado.

Análisis:

Estos análisis nos ayudaron a organizar, describir y analizar los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

La estadística: Según (Monje Álvarez, 2011), la estadística permite recolectar, analizar, interpretar y presentar la información que se obtiene en el desarrollo de una determinada investigación. Todo dato o grupo de datos obtenidos, antes de ser totalizados y utilizados requiere de un examen crítico, sobre los aspectos de exactitud, precisión y representatividad, lo que se denomina crítica del dato.

Una vez terminados de recoger los datos, se deben organizar y resumir para obtener información significativa, es decir, analizar los datos utilizándose para esto la estadística descriptiva.

La estadística descriptiva: El concepto básico de la descripción estadística es la distribución de frecuencias, método para organizar y resumir datos, que son ordenados indicándose el número de veces que se repite cada valor. Esta distribución puede realizarse con las variables medidas desde el nivel nominal hasta el de razón.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación y análisis de resultados

En los siguientes acápite se presenta los resultados obtenidos y los análisis realizados sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo granular en estudio, que fue afectado con dosis del aditivo biochar (1%, 3%, 5% y 7% en relación al peso total) para su uso como material granular en base.

4.1.1. Plasticidad de las muestras

Una importante propiedad de los suelos, es el grado de plasticidad, puesto que representa la estabilidad del suelo hasta un límite de humedad. De esta forma se realizaron los ensayos correspondientes a los límites de Atterberg y al índice de plasticidad, según la norma NTP 339.129.

Tabla 9. Límite líquido de las muestras.

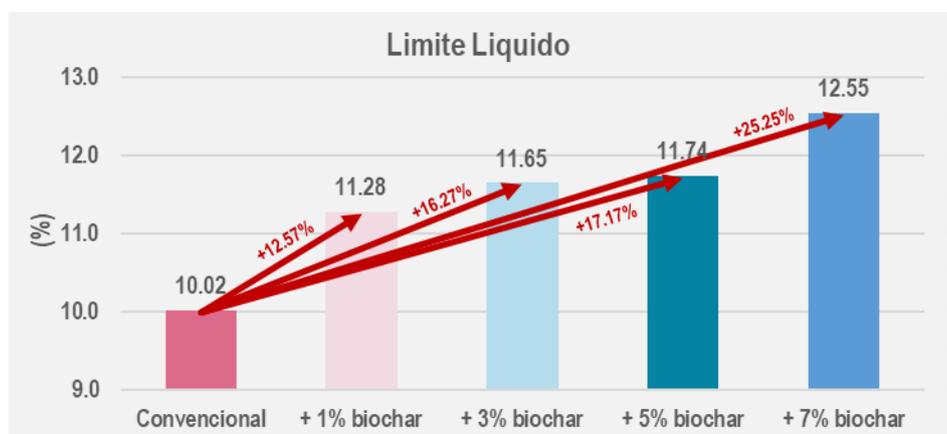
Muestras	Límite Líquido	Variación
Convencional	10.02	0.00%
+ 1% biochar	11.28	12.57%
+ 3% biochar	11.65	16.27%
+ 5% biochar	11.74	17.17%
+ 7% biochar	12.55	25.25%

Fuente: Elaboración propia

Observándose, que la muestra convencional presentó un límite líquido de 10.02%, y las muestras con biochar presentaron límites líquidos de 11.28%, 11.65%, 11.74% y 12.55% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7%

respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar genera sobre el límite líquido la tendencia de incrementarse.

Figura N° 15. Límite líquido de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Además, la figura anterior grafica los valores ya expuestos en un diagrama de barras, notándose que los valores obtenidos varían entre 10% y 13%. Además que, los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior en forma de flechas observándose que el límite líquido se incrementa en un 11.26% al 1% de biochar, en un 16.27% al 3% de biochar, en un 17.17% al 5% de biochar y en un 25.25% al 7% de biochar.

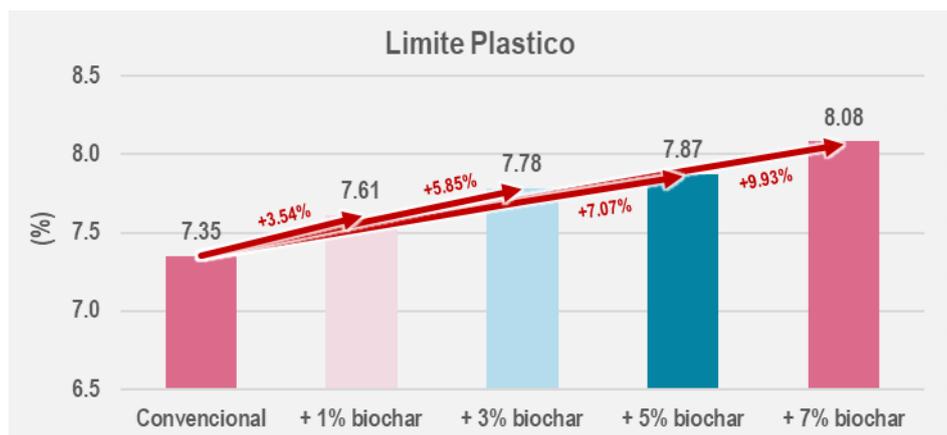
Tabla 10. Límite plástico de las muestras.

Muestras	Límite Plástico	Variación
Convencional	7.35	0.00%
+ 1% biochar	7.61	3.54%
+ 3% biochar	7.78	5.85%
+ 5% biochar	7.87	7.07%
+ 7% biochar	8.08	9.93%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, que la muestra convencional presentó un límite plástico de 7.35%, y las muestras con biochar presentaron límites plásticos de 7.61%, 7.78%, 7.87% y 8.08% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar genera sobre el límite plástico el comportamiento de incrementarse.

Figura N° 16. Límite plástico de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la figura anterior grafica los valores obtenidos en un diagrama de barras, notándose que los valores obtenidos varían entre 7% y 9%. Además que los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior en forma de flechas observándose que el límite plástico se incrementa en un 3.54% al 1% de biochar, en un 5.85% al 3% de biochar, en un 7.07% al 5% de biochar y en un 9.93% al 7% de biochar.

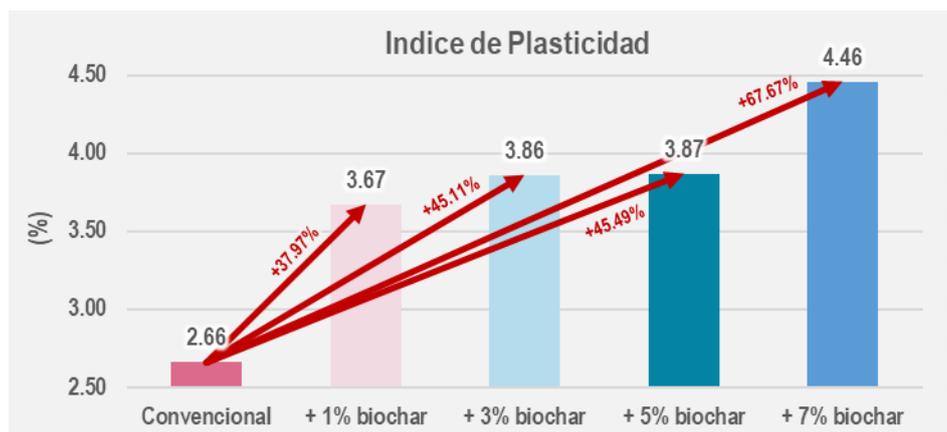
Tabla 11. Índice de plasticidad de las muestras.

Muestras	Índice de Plasticidad	Variación
Convencional	2.66	0.00%
+ 1% biochar	3.67	37.97%
+ 3% biochar	3.86	45.11%
+ 5% biochar	3.87	45.49%
+ 7% biochar	4.46	67.67%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en relación al índice de plasticidad (diferencia entre el límite líquido y límite plástico) se observa que la muestra convencional presentó un índice de plasticidad de 2.66%, y las muestras con biochar presentaron índices de plasticidad de 3.67%, 3.86%, 3.87% y 4.46% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar incrementa claramente el índice de plasticidad alcanzando la mayor plasticidad en la muestra con 7% de biochar.

Figura N° 17. Índice de plasticidad de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Además, en la figura anterior se dibujan los valores de los ensayos realizados, presentándose estos en un diagrama de barras, notándose que los valores obtenidos varían entre 2.0% y 5.0%. Igualmente, los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior representados por flechas observándose que el índice de plasticidad se reduce en un 37.97% al 1% de biochar, en un 45.11% al 3% de biochar, en un 45.49% al 5% de biochar y en un 67.67% al 7% de biochar.

4.1.2. Densidad y humedad óptima de las muestras

Consecuentemente se realizó el ensayo de Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) según NTP 339.141. Puesto que la densidad y humedad óptima son parámetros indispensables durante la ejecución física de las obras a fines a esta tesis.

Tabla 12. Densidad óptima de las muestras.

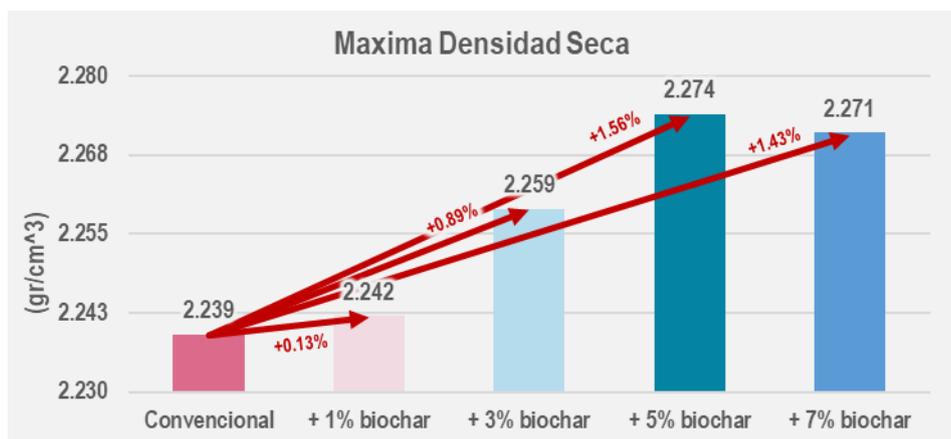
Muestras	Densidad óptima	Variación
Convencional	2.239	0.00%
+ 1% biochar	2.242	0.13%
+ 3% biochar	2.259	0.89%
+ 5% biochar	2.274	1.56%
+ 7% biochar	2.271	1.43%

Fuente: Elaboración propia

Observándose, que la muestra convencional presentó una densidad óptima de 2.239 gr/cm³, y las muestras con biochar presentaron

densidades óptimas de 2.242 gr/cm³, 2.259 gr/cm³, 2.274 gr/cm³ y 2.271 gr/cm³ según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar genera que la densidad aumente de forma modesta, alcanzándose la mayor densidad en la muestra con 5% de biochar.

Figura N° 18. Densidad óptima de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Igualmente, la figura anterior dibuja los valores resultantes en un diagrama de barras, percibiéndose que los valores obtenidos varían entre 2.20 gr/cm³ y 2.30 gr/cm³. Asimismo, las disminuciones porcentuales se dibujaron en la figura anterior representadas por flechas donde se observa que la densidad óptima aumenta en un 0.13% al 1% de biochar, en un 0.89% al 3% de biochar, en un 1.56% al 5% de biochar y en un 1.43% al 7% de biochar.

Tabla 13. Humedad óptima de las muestras.

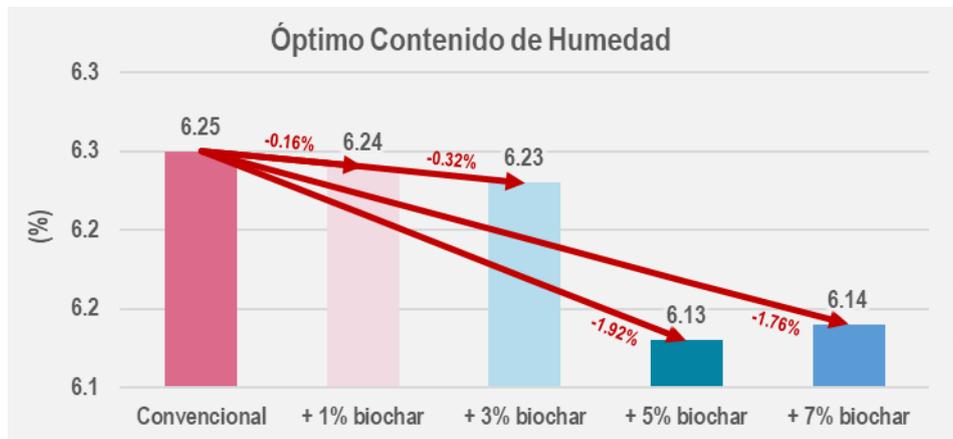
Muestras	Limite Plástico	Variación
Conventional	6.25	0.00%
+ 1% biochar	6.24	-0.16%
+ 3% biochar	6.23	-0.32%
+ 5% biochar	6.13	-1.92%
+ 5% biochar	6.14	-1.76%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la muestra convencional presentó una humedad óptima de 6.25%, y las muestras con biochar presentaron humedades óptimas de

6.24%, 6.23%, 6.13% y 6.14% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar genera sobre la humedad óptima el comportamiento de incrementarse.

Figura N° 19. Humedad óptima de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Además, la figura anterior grafica los valores obtenidos en un diagrama de barras, notándose que los valores obtenidos varían entre 6.10% y 6.30%. Finalmente, los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior en forma de flechas donde se observa que la humedad óptima disminuye en un 0.16% al 1% de biochar, en un 0.32% al 3% de biochar, en un 1.92% al 5% de biochar y en un 1.76% al 7% de biochar.

4.1.3. Valor de CBR de las muestras

Consecuentemente se realizó el método de ensayo de CBR (Relación de Soporte California) de suelos compactados en laboratorio según la NTP 339.145. Ya que este valor, expresado en porcentaje, es un parámetro principal dentro de las propiedades mecánicas del material granular para base. Para este tipo de material se considera el valor de CBR al 100% de la MDS y a una penetración de 0.1 pulgadas (para material granular en base conforme a las especificaciones técnicas para la construcción, manual MTC).

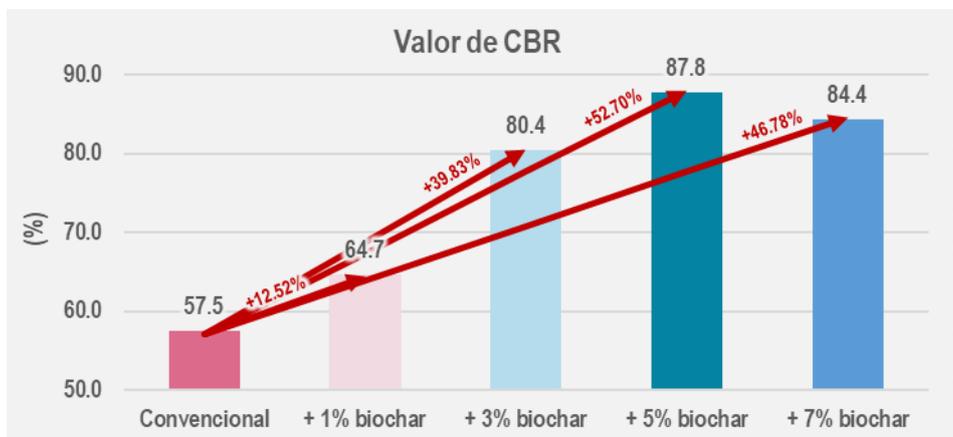
Tabla 14. Valor de CBR de las muestras.

Muestras	Valor de CBR	Variación
Convencional	57.5	0.00%
+ 1% biochar	64.7	12.52%
+ 3% biochar	80.4	39.83%
+ 5% biochar	87.8	52.70%
+ 5% biochar	84.4	46.78%

Fuente: Elaboración propia

Observándose, que la muestra convencional presentó un valor de CBR de 57.5%, y las muestras con biochar presentaron los valores de CBR de 64.7%, 80.4%, 87.8% y 84.4% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar provoca en el valor de CBR la tendencia de incrementarse de forma significativa. Es decir que mejora las capacidades estructurales del material granular.

Figura N° 20. Valor de CBR de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Además, la figura anterior dibuja los valores resultantes en un diagrama de barras, percibiéndose que los valores de CBR obtenidos fluctúan entre 55% y 90%. Finalmente, los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior en forma de flechas observándose que el valor de CBR se incrementa en un 12.52% al 1% de biochar, en un 39.83% al 3% de biochar, en un 52.70% al 5% de biochar y en un 46.76% al 7% de biochar. Observándose que el mayor incremento se presenta en la muestra con 5% de biochar.

4.1.4. Durabilidad al sulfato de magnesio

Finalmente se ejecutó el ensayo de Durabilidad al sulfato de magnesio según la NTP 400.016. Propiedad que se analizó con la finalidad de comprender la influencia del aditivo sobre la resistencia al desgaste por sulfato de magnesio del suelo. Este desgaste se analiza por agregado fino y agregado grueso (grupos separados por la malla de 4.75mm ó N°4).

Tabla 15. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado grueso de las muestras.

Muestras	Porcentaje de desgaste	Variación
Convencional	6.55	0.00%
+ 1% biochar	6.55	0.00%
+ 3% biochar	6.55	0.00%
+ 5% biochar	6.55	0.00%
+ 7% biochar	6.55	0.00%

Fuente: Elaboración propia

En ese sentido, la tabla anterior muestra los desgastes que se presentaron en las muestras de agregado grueso, como el aditivo biochar es ceniza, tiene el tamaño de partículas finas, es decir que no afecta de forma alguna al ensayo de durabilidad realizado al agregado grueso. Por lo que todas las muestras presentan el mismo porcentaje de desgaste en partículas gruesas, siendo este valor igual a 6.55%, además se puede indicar que ya que los valores son iguales las variaciones son iguales a 0%.

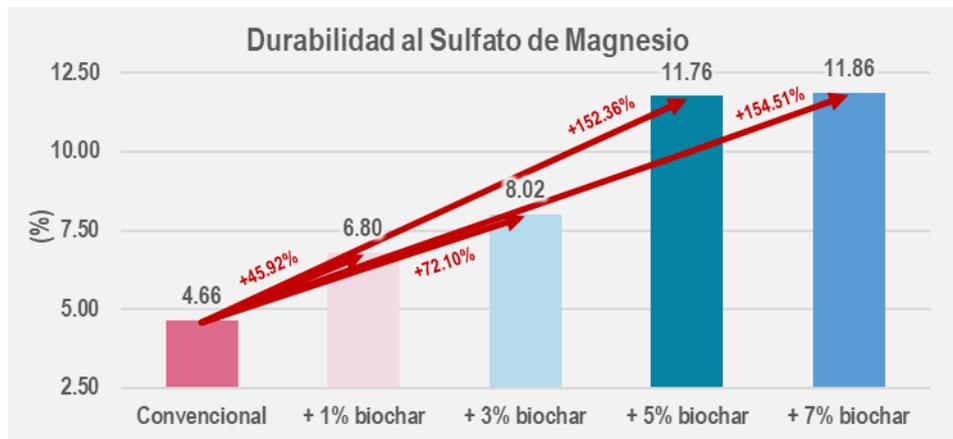
Tabla 16. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado fino de las muestras.

Muestras	Porcentaje de desgaste	Variación
Convencional	4.66	0.00%
+ 1% biochar	6.8	45.92%
+ 3% biochar	8.02	72.10%
+ 5% biochar	11.76	152.36%
+ 7% biochar	11.86	154.51%

Fuente: Elaboración propia

Notándose, que la muestra convencional presentó un desgaste en las partículas finas del 4.66%, y las muestras con biochar presentaron los desgastes de 6.80%, 8.02%, 11.76% y 11.86% según las dosis de 1%, 3%, 5% y 7% respectivamente. Lo que demuestra que el uso del biochar genera en el valor de desgaste por durabilidad al sulfato de magnesio de partículas finas el comportamiento de incrementarse.

Figura N° 21. Durabilidad al sulfato de magnesio al agregado fino de las muestras.



Fuente: Elaboración propia

Además, la figura anterior dibuja los valores resultantes en un diagrama de barras, percibiéndose que los valores de desgaste en partículas finas obtenidos fluctúan entre 4% y 12%. Finalmente, los incrementos porcentuales se dibujaron en la figura anterior representados como flechas donde se observa que el valor de desgaste se incrementa en un 45.92% al 1% de biochar, en un 72.10% al 3% de biochar, en un 152.36% al 5% de biochar y en un 154.51% al 7% de biochar. Demostrando así una relación directamente proporcional entre el contenido de biochar y el desgaste por exposición al sulfato de magnesio.

4.1.5. Cumplimiento con los requerimientos de calidad

Con el objeto de establecer, si la muestra convencional y las muestras afectadas con aditivo satisfacen los requerimientos de los materiales granulares para base, que indica el manual EG-2013 del MTC.

En ese sentido, se elaboró la siguiente tabla donde se aprecia con claridad y de forma ordenada los valores obtenidos vs los valores

solicitados con respecto a los requerimientos granulométricos. Por lo que, se observa que la granulometría del material si cumple con los rangos indicados en la gradación A (gradación para alturas mayores a 3000 m.s.n.m.), cumpliendo satisfactoriamente esta obligación.

Tabla 17. *Requerimientos granulométricos.*

Tamiz	Gradación A	Porcentaje del peso que pasa
50mm (2")	100	100%
25mm (1")		87.8%
9.5mm (3/8")	30 – 65	59.1%
4.75mm (N°4)	25 – 55	40.7%
2.0mm (N°10)	15 – 40	28.2%
0.43mm (N°40)	8 – 20	9.0%
0.08mm (N°200)	2 – 8	4.7%

Fuente: Elaboración propia

Además, se elaboró la siguiente tabla donde se contrasta los valores obtenidos vs los valores solicitados con respecto a los requerimientos en los agregados finos y gruesos. Observándose que todas las muestras de material presentan valores que cumplen con los límites indicados.

Tabla 18. *Requerimientos en agregados finos y gruesos.*

Ensayo (agregado)	Valor solicitado	Valor obtenido				
		Patrón	1% biochar	3% biochar	5% biochar	7% biochar
Índice plástico (AF)	2% mín.	3.92	3.89	3.80	3.61	3.84
Equivalente de arena (AF)	45% mín.			50.03		
Sales solubles (AF)	0.5% máx.			0.30		
Durabilidad al sulfato de magnesio (AF)	15% máx.	4.66	6.80	8.02	11.76	11.86
Una cara fracturada (AG)	80% mín.			93.26		
Dos caras fracturadas (AG)	50% mín.			64.32		
Abrasión los Ángeles (AG)	40% máx.			26.87		
Chatas y alargadas (AG)	15% máx.			0.33		
Sales solubles (AG)	0.5% máx.			0.23		
Durabilidad al sulfato de magnesio (AG)	18% máx			6.55		

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la siguiente tabla presenta el contraste los valores obtenidos vs los valores solicitados con respecto al valor de CBR. Observándose que solo las muestras con 3% y 5% de biochar cumplen con el CBR mínimo para un tráfico menor a 10 millones de ejes equivalentes. Mientras que, para un tráfico mayor a 10 millones de ejes equivalentes, ninguna muestra alcanza tal valor.

Tabla 19. *Requerimientos en el valor de CBR.*

CBR	Valor solicitado	Patrón	1% biochar	3% biochar	5% biochar	7% biochar
para tráfico < 10 ⁶ EE	80% mín.	57.5	64.7	80.4	87.8	84.4
para tráfico ≥ 10 ⁶ EE	100% mín.					

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Contrastación de hipótesis

Se realizó la contrastación de hipótesis, mediante el análisis estadístico específicamente a través de la prueba de Kruskal Wallis. En ese marco se empleó el software de computadora de SPSS versión 25 para la ejecución de la ya mencionada prueba no paramétrica para muestras independientes.

a) Primera hipótesis.

H₁: La incorporación de biochar alterará de manera satisfactoria en 4% en las propiedades físicas de un suelo granular para base, en la Provincia de Huancayo.

Contrastando la primera hipótesis, se puede observar en la siguiente figura que la prueba estadística arrojó como resultado una significancia de 0.016 para las propiedades de límite líquido, límite plástico, humedad óptima y durabilidad (Ag. fino), valor que al estar por debajo de 0.050 indica que los valores de las muestras con aditivo biochar difieren significativamente de la muestra convencional.

Además, se tuvo como resultado una significancia de 0.036 para la propiedad de índice de plasticidad, valor que al estar por debajo de 0.050 indica que los valores de las muestras con aditivo biochar difieren

significativamente de la muestra convencional. Asimismo, se obtuvo la significancia de 0.079 para la propiedad de densidad óptima, valor que al estar por encima de 0.050 indica que las muestras con aditivo biochar no difieren significativamente de la muestra convencional. Por último, se obtuvo la significancia de 1.000 para la propiedad de durabilidad (Ag. grueso), valor que indica que las muestras con aditivo biochar presentan valores estadísticamente iguales a la muestra convencional.

Tabla 20. *Contrastación de la primera hipótesis.*

Hipótesis nula (Ho)	Valor obtenido	Decisión
La distribución de los valores de límite líquido en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.016	Se REFUTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de límite plástico en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.016	Se REFUTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de índice de plasticidad en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.036	Se REFUTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de densidad óptima en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.079	Se ACEPTA la hipótesis nula. (° Las muestras no difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de humedad óptima en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.016	Se REFUTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de durabilidad (A. G.) en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 1.000	Se ACEPTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)
La distribución de los valores de durabilidad (A. F.) en las propiedades físicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.016	Se REFUTA la hipótesis nula. (° Las muestras difieren de forma significativa)

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se puede indicar que: las propiedades físicas del material granular con aditivo si difieren significativamente de la muestra

convencional, esta diferencia es significativa (relevante estadísticamente) y favorable (a favor del desenvolvimiento estructural).

b) Segunda hipótesis.

H2: La incorporación de biochar mejorará considerablemente un 5% en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.

Consecuentemente, se contrastó la segunda hipótesis, en la siguiente figura muestra que en la prueba estadística se obtuvo como resultado una significancia de 0.016, valor que al estar por debajo de 0.050 indica que los valores de las muestras investigadas difieren significativamente de la muestra convencional.

Tabla 21. Contrastación de la segunda hipótesis.

Hipótesis nula (Ho)	Valor obtenido	Decisión
La distribución de los valores CBR al 100% MDS en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base es igual en todas las muestras de suelo.	Significancia = 0.016	Se REFUTA la hipótesis nula. (°° Las muestras difieren de forma significativa)

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se puede indicar que: las propiedades mecánicas del material granular con aditivo si difieren significativamente de la muestra convencional, esta diferencia es significativa (relevante estadísticamente) y favorable (a favor del desenvolvimiento estructural).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados con antecedentes

Propiedades físicas y mecánicas del suelo granular para base

En resumen, la investigación indica que tanto las propiedades físicas y las propiedades mecánicas de los suelos, presentan tendencias favorables. Mejorando así su comportamiento y su capacidad como capa base de material granular. Específicamente se demostró que la muestra con dosis de 5% de biochar es la cual presenta el mejor desenvolvimiento. De esta forma se puede señalar que el biochar es una opción viable para la estabilización, tratamiento y mejoramiento de materiales granulares.

- Propiedades físicas del suelo

Según los resultados presentados, se puede indicar que la plasticidad del material granular (cuantificado mediante el índice de plasticidad), se reduce de forma modesta puesto que el valor más alto se muestra en la dosis de 7% con 4.46% a comparación de la muestra convencional que obtuvo un 2.66%, lo que significa un incremento del 67.67% en relación al convencional. La tendencia que sigue esta propiedad es ascendente, es decir directamente proporcional con el contenido de aditivo biochar. No obstante, la influencia del contenido de aditivo biochar, no compromete esta propiedad ya que la norma indica que se debe de tener un mínimo de 2.0% como índice de plasticidad, lo que se cumple satisfactoriamente. Estos resultados son similares a los alcanzados en la investigación de Cañar Tiviano (2018), que como investigador concluyó que: la

ceniza de carbón (material similar) al combinarse con el suelo disminuye la plasticidad de estos. Asimismo, en relación a la densidad y humedad óptima (cuantificado mediante la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad) se puede indicar que, la densidad óptima se incrementa muy levemente puesto que se obtuvieron valores mayores en comparación de la muestra convencional que obtuvo un 2.239 gr/cm³, mientras que las demás muestras aumentaron su densidad llegando a alcanzar una densidad máxima de 2.274 gr/cm³, lo que significa un incremento del 1.56% en relación al convencional. La tendencia que sigue esta propiedad es ascendente, es decir directamente proporcional con el contenido de aditivo biochar, indicando que la dosis de 7% de biochar muestra que la tendencia comienza a invertirse. Es decir, la presencia de este aditivo en el material granular supone un desenvolvimiento estructuralmente mejor a la muestra convencional. Además, este incremento, favorecería en la construcción de la base granular ya que al alcanzar una densidad mayor el material se conforma de mejor forma. Los valores obtenidos son normales en comparación a lo obtenido en la investigación de Cañar Tiviano (2018), dentro de sus resultados también una densidad de 2.100 gr/cm³, valor muy similar al obtenido en la presente tesis. Asimismo, se puede indicar con respecto a la humedad óptima, que esta disminuye de forma leve puesto que se obtuvo el valor más bajo en la dosis de 5% con 6.13% a comparación de la muestra convencional que obtuvo un 6.25%, lo que significa una disminución del 1.92% en relación al convencional. La tendencia que sigue esta propiedad es descendente, es decir inversamente proporcional con el contenido de aditivo biochar. Sin embargo, este comportamiento debido al contenido de aditivo biochar, es favorable ya que un porcentaje menor significa un gasto menor en el insumo del agua, durante la ejecución física de la construcción de la capa base, lo que conllevaría a reducir los gastos en personal, equipos y logística. Estos resultados son concordantes a los alcanzados en la investigación de Bonilla Ramírez, Jiménez Ramos & Paramo García (2019), que en su investigación concluyeron que la estabilización de suelos con ceniza de carbón disminuye la humedad de compactación.

- Propiedades mecánicas del suelo

Consecuentemente, gracias a los análisis realizados de densidad y humedad óptima se analizó la propiedad de valor de CBR (California Bearing Ratio), parámetro que se puede considerar el más importante puesto que es el valor cuantitativo que establece la capacidad estructural del material. En ese sentido se observa que la tendencia del CBR a través de la muestra convencional y las muestras con aditivo biochar, es claramente ascendente es decir que se mantiene una relación directamente proporcional entre el valor de CBR y el contenido de aditivo biochar. Además, la tendencia ascendente en el CBR indica que el aditivo biochar es un agente estabilizante favorable para su combinación con los suelos. Los valores obtenidos (CBR al 100% de la M. D. S.) presentaron incrementos del +12.52%, +39.83%, +52.70% y +46.78% en relación a la muestra convencional que obtuvo un 57.5%. En ese sentido el CBR (100% de la M.D.S.) debe ser mayor igual a 80% para un tráfico menor a 10 millones de ejes equivalentes y debe de ser mayor igual a 100% para un tráfico mayor a 10 millones de ejes equivalente. Por lo que podemos indicar que las muestras de suelo con 3%, 5% y 7% de aditivo biochar, logran satisfacer el mínimo de 80% para un tráfico menor a 10 millones de ejes equivalentes, puesto que muestran los resultados de 80.4%, 87.8% y 84.4% respectivamente al contenido de aditivo biochar. Estos resultados concuerdan con la investigación de Apolinarez Tovar (2018) que analizó la influencia de la ceniza vegetal (material similar) en el proceso de estabilización de suelos. En tal investigación, los resultados significaron un incremento del 20% en el valor de CBR, lo que se asemeja a lo obtenido en la presente tesis. Además, Cañar Tiviano (2018) concluyó que los valores de proctor modificado y el valor de CBR, muestran resultados favorables con respecto a la estabilidad del terreno, especialmente cuando se tiene los fines de cimentación.

CONCLUSIONES

1. El aditivo biochar empleado para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para su uso como base, presentó resultados favorables y significativos en las diferentes características estudiadas que cumplen con los requerimientos de la EG-2013, lo que significa que el aditivo es una propuesta válida y viable.
2. Las propiedades físicas del suelo granular para base se alteraron de forma favorable al agregarse el aditivo biochar, puesto que en la dosis de 5%: el índice de plasticidad llegó a incrementarse en un +67.67% en relación al convencional (IP=2.66%), la máxima densidad seca se incrementó en un +1.56% en relación al convencional (MDS=2.239gr/cm³), el óptimo contenido de humedad se redujo en un -1.92% en relación al convencional (OCH=6.25%) y la durabilidad al sulfato de magnesio en agregado fino se incrementó en un +152.36% en relación al convencional (Desgaste=4.66%).
3. Las propiedades mecánicas del suelo granular para base variaron de forma conveniente al emplearse el aditivo biochar, puesto que en la dosis de 5%: el valor de CBR al 100% de la M.D.S. y 0.1" de penetración llegó a incrementarse hasta +52.70% en relación al convencional (CBR=57.5%), valor con el cual cumpliría con el requerimiento para un tráfico menor a los 10×10^6 de ejes equivalentes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización del aditivo biochar para el tratamiento y mejoramiento de materiales granulares para su uso como capa base dentro de la construcción de carreteras, siendo una opción válida y viable puesto que no es un agente costoso y demuestra resultados significativos y favorables sobre las propiedades físicas y mecánicas del material.
2. Se recomienda investigar al aditivo biochar y su combinación con otros agentes estabilizantes, para continuar con el análisis de su influencia en las características físicas del suelo granular en base, para así buscar la alternativa ante el claro incremento del deterioro por durabilidad al sulfato de magnesio.
3. Se recomienda continuar la investigación del aditivo biochar y su combinación con otros aditivos, fibras o agentes estabilizantes para el tratamiento de base de material granular, especialmente para alcanzar un CBR del 100%, que correspondería a una base para tráfico mayor a los 10 millones de ejes equivalentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Alva, Jorge. 1943.** *Diseño de cimentaciones* . s.l. : ICG, 1943.
2. **Apolinarez Tovar, Alex Emerson. 2018.** *Estabilización de la sub-rasante con la incorporación de ceniza vegetal.* 2018.
3. **Arumi R., José Luis. 2020.** *Nociones de mecánica de suelos para construcción.* Universidad de Concepción. Concepción : s.n., 2020.
4. *Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, Historia, fabricación y uso en el suelo.*
Escalante Rebolledo, Ariadna, y otros. 2016. Chapingo : s.n., 2016, Terra Latinoam.
5. **Bonilla Ramirez, Juan Felipe, Jimenez Ramos, Adres Felipe y Paramo Garcia, Floridary. 2019.** *Estudio del comportamiento de las condiciones mecánicas del material granular tipo afirmado con adición de cemento portland y ceniza de bagazo de caña (CBCA).* Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia. Ibague : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.
6. **Braja M., Das. 2017.** *Fundamentos de ingeniería geotécnica.* Australia : s.n., 2017.
7. **Braja, M. D. 2014.** *Fundamentos de ingeniería geotécnica (cuarta edición).* 2014.
8. **Cabezas Tobar, Daniel. 2021.** *Determinación de las características físicas de sustancias reactivas: carbón activado, piedra caliza, turba, de origen ecuatoriano para el tratamiento de agua.* 2021.
9. **Cañar Tiviano, Edwin Santiago. 2018.** *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón.* Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.

10. *Caracterización geomecánica de suelos granulares gruesos.* **Verdugo, Ramón y De la Hoz, Karem. 2006.** Blanco Encalada : s.n., 25 de Agosto de 2006, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil.
11. **Carrasco Díaz, Sergio. 2007.** *Metodología de la Investigación Científica.* Lima : San Marcos, 2007.
12. **Crespo Villalaz. 2016.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* 2016.
13. **Crespo Villalaz, Carlos. 1976-1980.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* Monterrey : Quinta edición, 1976-1980.
14. **Cruz Perales, Dennis Santa. 2018.** *Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de soritor del distrito de Soritor - Provincia de Moyobamba - Región San Martín.* Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. Tarapoto : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.
15. **De la cruz Carpio, Lidia . 2018.** *Eficiencia del biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar plomo en el suelo a nivel laboratorio UCV, 2018.* Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2018.
16. **Escalante Rebolledo, Ariadna. 2016.** *Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo.* UNAM. México : s.n., 2016.
17. **Goñas Labajos, Olger. 2019.** *Estabilización de Suelos con ceniza de carbón para uso como subrasante mejorada.* Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Universidad Nacional . Chachapoyas : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.
18. **Guerra Laura, Patricia Amelia. 2015.** *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonia Peruana.* 2015.

19. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Lucio, Baptista. 2006.** *Metodología de la Investigación*. México : McGraw-Hill, 2006.
20. **Herrmann do Nascimento, Luis Alberto. 2018.** *Nova abordagem da dosagem de misturas asfálticas densas com uso do compactador giratório e foco na deformação permanente*. Programa de Post Grado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro : s.n., 2018. Tesis de Post Grado.
21. *Innovación en técnicas de mejoramiento de suelos y sus aplicaciones*. **Zelada, Marcelo y Cirion, Alfredo. 2016.** 2016.
22. **Jaime Suarez, Diaz. 1998.** *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia : Ingeniería de Suelos Ltda, 1998.
23. *Manejo y conservación de suelos* . **2018.** 2018, Uso del biocarbón o biochar, pág. 4.
24. **MINAM, Ministerio del Ambiente. 2013.** *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental*. Lima : s.n., 2013.
25. **Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC. 2014.** *Suelos Geología, Geotecnia y pavimentos* . Lima : s.n., 2014.
26. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014.** *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* . 2014.
27. **2013.** *Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC*. 2013.
28. **MTC, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima : s.n., 2013.
29. **Nigel Mitchell, Kerry. 2018.** *Estabilización de metales en suelos y sedimentos contaminados por actividad minera empleando biomasa*. 2018.

30. **Obregón Castro , Gabriela del Pilar. 2019.** *“Disminución de la salinidad de suelos aplicando biochar a base de biomasa animal y vegetal en Cañete, 2019”*. Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2019.
31. **Ochoa Cornejo, Miembros y Bejandro Bejarano, Ivan. 2020.** *Estudio de la metodología para la ejecución de ensayos CBR en suelos granulares con contenido de finos menor al 12 %*. Facultad de Ciencias Físicas y Materiales, Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2020. Tesis de Pregrado.
32. **Perez Collantes, Carolina. 2018.** *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorad.* 2018.
33. **Pocomucha Chancasanampa, Kennia Jhelen. 2020.** *Aplicación de biochar en el cultivo de lechuga Var. Great Lakes 659 el distrito San Agustín de Cajas.* Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú. El Mantaro : s.n., 2020. Tesis de Pregrado.
34. **Quixtan Gómez, Francisco Belisario. 2010.** *Efecto del manejo orgánico, sobre algunas propiedades del suelo, indicadores de la sostenibilidad.* facultad de agronomía, universidad de san carlos de guatemala. Guatemala : s.n., 2010. Tesis de pregrado.
35. **Rucks, L., García, F. y Kaplán, A. 2018.** *Propiedades físicas del suelo.* 2018.
36. **Serpa. 2014.** 2014.
37. **Valdivia Sánchez, Vitmer Lubel. 2017.** *Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.* Lima, Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2017. Tesis de Pregrado.
38. **Varquez Cabrera, Alexander Mauricio. 2018.** *Capacidad de soporte en vía de bajo volumen de tránsito con adición de cenizas de carbón a nivel de sub*

rasante. Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro. Chimbote : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.

39. **Vásquez Vélez, Luz América. 2011.** *"Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca"*. Facultad de Ciencias Humanas y de la, Universidad Técnica de Ambato. Ambato : s.n., 2011. Tesis Pregrado.
40. **Verdugo, Ramón y de la Hoz, Karem . 2006.** *Caracterización Geomecánica de Suelos Granulares Gruesos*. Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2006.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia



Anexo 1 – Matriz de consistencia



ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE – PROVINCIA DE HUANCAYO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cómo mejora el biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?</p>	<p>Objetivo general: Analizar la mejora del biochar en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.</p>	<p>Hipótesis general: Las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular con biochar en la base mejoran en 5%.</p>	<p>Variable independiente: Biochar</p>	<p>Dosificación</p>	<p>1% - 3% - 5%</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo</p> <p>CUANDO: 2021</p>
				<p>Gradación</p>	<p>Granulometría del Biochar</p>	
<p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cuánto altera el biochar en las propiedades físicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?</p> <p>b) ¿Cuánto mejora el biochar en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Identificar la alteración del biochar en las propiedades físicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.</p> <p>b) Cuantificar la mejoría del biochar en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) La incorporación de biochar alterará de manera satisfactoria en 4% en las propiedades físicas de un suelo granular para base, en la Provincia de Huancayo.</p> <p>b) La incorporación de biochar mejorará considerablemente un 5% en las propiedades mecánicas de un suelo granular para base en la Provincia de Huancayo.</p>	<p>Variable dependiente 1: Propiedades físicas de un suelo granular</p>	<p>Ensayo de Laboratorio</p>	<p>Limite Plástico</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es demostrable en todo el proceso.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: La población será el suelo en estado natural extraído de la Av. Salaverry en la provincia de Huancayo y el suelo granular con la adición de Biochar. MUESTRA: Está conformado por 1 m³ de suelo granular de la Av. Salaverry con adición de biochar para ser estudiados en el laboratorio.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS: - Recolección de datos</p> <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS: Estadístico y probabilístico.</p>
					<p>Limite Liquido</p>	
					<p>Límite de Consistencia</p>	
			<p>Variable dependiente 2: Propiedades mecánicas de un suelo granular</p>	<p>Ensayo de Laboratorio</p>	<p>Proctor Modificado</p>	
					<p>CBR</p>	

Anexo N°02: Panel fotográfico

1. GRANULOMETRÍA

Fotografía N° 1. Ensayo de análisis granulométrico, separación de material por tamaño de partículas método de tamizado Según NTP 339.128.



FUENTE: Elaboración propia.

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Fotografía N° 2. Ensayo para determinar el contenido humedad del suelo. Según NTP 339.127.



FUENTE: Elaboración propia.

3. MALLA N°200

Fotografía N° 3. Ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200. Según NTP 400.018.



FUENTE: Elaboración propia.

4. EQUIVALENTE DE ARENA

Fotografía N° 4. Ensayo de equivalente de arena o proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo. Según NTP 339.146.



FUENTE: Elaboración propia.

5. ABRASIÓN LOS ANGELES

Fotografía N° 5. Colocado de la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles, que, rota a una velocidad entre 33 rpm, por 500 revoluciones. Según NTP 400.019.



FUENTE: Elaboración propia.

6. MATERIAL QUE SERÁ ENSAYADA CON ADICIÓN DE BIOCHAR

Fotografía N° 6. Combinación para los ensayos con adición 1% Biochar.



FUENTE: Elaboración propia.

7. LIMITES DE ATTERBENG

Fotografía N° 9. Ensayo de Limite Líquido convencional. Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 10. Ensayo de Limite Líquido con adición de 1% Biochar. Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 13. Ensayo de Límites Plástico convencional.
Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 14. Ensayo de Límites Plástico con adición de 1% Biochar. Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 15. Ensayo de Límites Plástico con adición de 3% Biochar. Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 16. Ensayo de Límites Plástico con adición de 5% Biochar. Según la NTP 339.129.



FUENTE: Elaboración propia.

8. PROCTOR MODIFICADO

Fotografía N° 17. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes Según la NTP 339.141.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 18. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 1% Biochar Según la NTP 339.141.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 19. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 3% Biochar Según la NTP 339.141.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 20. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, adición de 5% Biochar Según la NTP 339.141.



FUENTE: Elaboración propia

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

Fotografía N° 21. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes. Según la NTP 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 22. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 1% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 23. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 3% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 24. Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con adición 5% de Biochar. Según la NTP 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

10. LECTURA DE EXPANCIÓN

Fotografía N° 25. sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas. Según la NTP 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

11. LECTURA DE PENETRACIÓN (CBR)

Fotografía N° 26. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 1% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 27. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 3% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Fotografía N° 28. Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg con adición de 5% de Biochar. Según la norma 339.175:2002.



FUENTE: Elaboración propia.

Anexo N°03: Certificado de los ensayos

2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Bach. Ing. ROMO CARHUALLANQUI ANLER



**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES
FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN
SUELO GRANULAR CON BIOCHAR
EN LA BASE – PROVINCIA DE
HUANCAYO”**



GEO TEST V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 196161

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

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

DIRECCIÓN	: JR. GRAL N° 211 CHILCA	E-MAIL	: LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
	(REF: A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUÑO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		: GEOTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911 - 991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Peticionario	: ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN	Clase de material	: BASE GRANULAR
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	386.40	6.97	6.97	93.03
1"	25.40	290.60	5.25	12.22	87.78
3/4"	19.05	310.20	5.60	17.82	82.18
1/2"	12.70	630.40	11.38	29.20	70.80
3/8"	9.53	650.20	11.74	40.93	59.07
1/4"	6.35	722.90	13.05	53.98	46.02
N° 4	4.76	295.90	5.34	59.32	40.68
N° 8	2.36	189.40	3.42	62.74	37.26
N° 10	2.00	500.00	9.02	71.77	28.23
N° 16	1.18	433.00	7.82	79.58	20.42
N° 20	0.85	445.10	8.03	87.62	12.38
N° 30	0.60	120.50	2.18	89.79	10.21
N° 40	0.43	65.00	1.17	90.96	9.04
N° 50	0.30	40.00	0.72	91.69	8.31
N° 60	0.25	56.10	1.01	92.70	7.30
N° 100	0.15	125.40	2.26	94.96	5.04
N° 200	0.075	16.00	0.29	95.25	4.75
FONDO		263.1	4.75	100.00	0.00
TOTAL		5540.20	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	59.32 %
ARENA	35.93 %
FINO	4.75 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	QA-25
Masa de recipiente (g)	44.90 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	190.30 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	173.70 g
Masa de agua (g)	16.60 g
Masa de suelo seco (g)	128.80 g
Contenido de humedad %	12.89 %



Símbolo del grupo (SUCS)	= GP
Nombre del grupo (SUCS)	= GRAVA MAL GRADADA CON ARENA
AASHTO	= A-1-a (0)

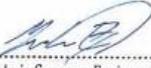
Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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

DIRECCIÓN	: JR. GRAU N° 211 - CHILCA	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	RUC	: 20606529239



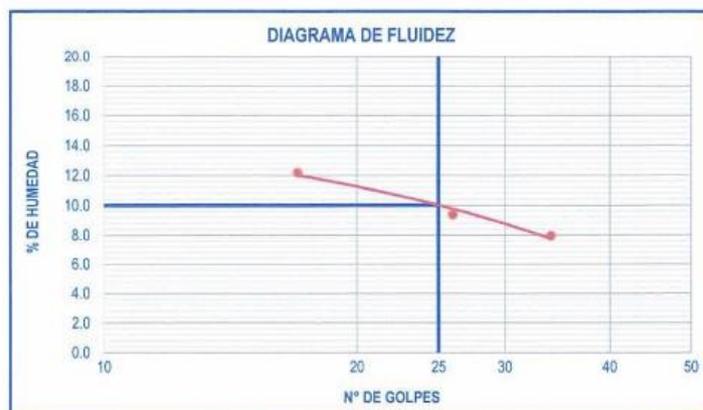
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Peticionario	: ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN	Clase de material	: BASE GRANULAR
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021		

Hoja: 02 de 02

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	56	58	59	23	45
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	40.50	42.23	44.10	20.80	21.30
Masa cápsula + Suelo seco (g)	38.00	40.10	42.10	20.10	20.57
Masa cápsula (g)	17.50	17.40	17.00	10.60	10.62
Masa del agua (g)	2.50	2.13	2.00	0.70	0.73
Masa del suelo seco (g)	20.50	22.70	25.10	9.50	9.95
Contenido de humedad %	12.20 %	9.38 %	7.97 %	7.37 %	7.34
Nro. De golpes	17	26	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO
LL. : 10.02

LÍMITE PLÁSTICO
LP. : 7.35

ÍNDICE PLÁSTICO
IP. : 2.66

NOTAS:

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



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



***LIMITE LÍQUIDO,
LIMITE PLÁSTICO E
ÍNDICE DE
PLASTICIDAD CON
ADICION DE BIOCHAR
AL (1%, 3%, 5% Y 7%)***


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181



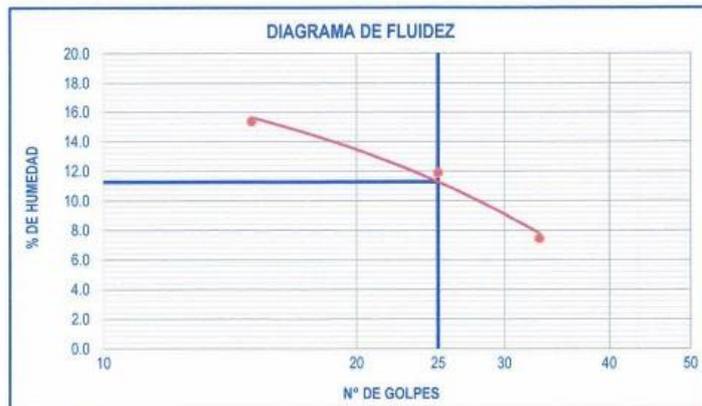
DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 CHILCA E MAIL : LABGTESTV2@GMAIL.COM
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL CRUDE CDN AV. LEONCIO PRADO) : GEOTE.V@GMAIL.COM
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
DELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-66-GEO-TEST-V-2021
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER N° de muestra : MUESTRA N°1
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Clase de material : BASE GRANULAR (1% DE BIOCHAR)
Estructura : VARIOS Fecha de emisión : FEBRERO-2022
Fecha de recepcion : OCTUBRE-2021

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	21	22	23	12	15
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	44.93	46.27	40.52	20.90	19.80
Masa cápsula + Suelo seco (g)	41.21	43.20	38.70	20.30	19.38
Masa cápsula (g)	17.00	17.40	14.30	12.50	13.80
Masa del agua (g)	3.72	3.07	1.82	0.60	0.42
Masa del suelo seco (g)	24.21	25.80	24.40	7.80	5.58
Contenido de humedad %	15.37 %	11.90 %	7.46 %	7.69 %	7.53
Nro. De golpes	15	25	33	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	11.28

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	7.61

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	3.67

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 Galmarina Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



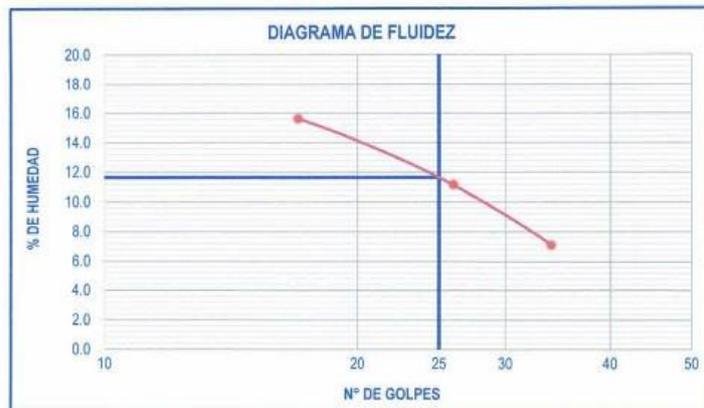
DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTVDS@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERNANDARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V. SAC
 CELULAR : 982525151 - 972801911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER N° de muestra : MUESTRA N°1
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Clase de material : BASE GRANULAR (3% DE BIOCHAR)
 Estructura : VARIOS Fecha de emisión : FEBRERO-2022
 Fecha de recepción : OCTUBRE-2021

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	23	45	62	I	II
Nro. De cápsula	23	45	62	105	11
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	45.60	46.22	40.56	20.90	19.65
Masa cápsula + Suelo seco (g)	41.76	43.30	38.80	20.29	19.23
Masa cápsula (g)	17.18	17.20	14.10	12.50	13.80
Masa del agua (g)	3.84	2.92	1.76	0.61	0.42
Masa del suelo seco (g)	24.58	26.10	24.70	7.79	5.43
Contenido de humedad %	15.62 %	11.19 %	7.13 %	7.83 %	7.73 %
Nro. De golpes	17	26	34		



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	11.65

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	7.78

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	3.86

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 técnicas o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarras Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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

DIRECCIÓN	: JR. BRAU N° 211 - CHILCA	E-MAIL	: LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		: GEOTEST.V@GMAIL.COM
DELULAR	: 952525151 - 972631911 - 991375093	FACEBOOK	: Geo Test V S.A.C
		RUC	: 20606529229

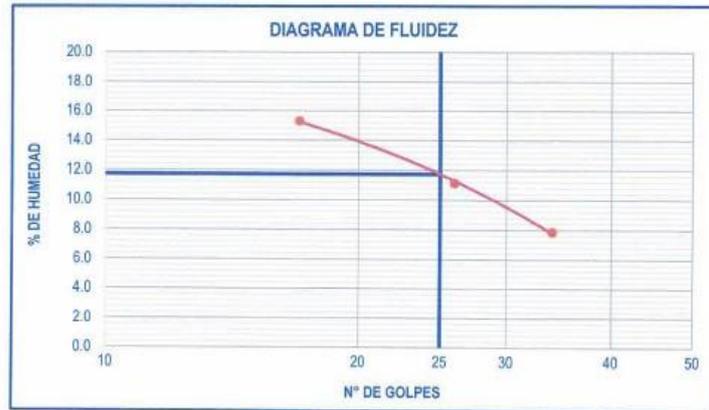


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Peticionario	: ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN	Clase de material	: BASE GRANULAR (5% DE BIOCHAR)
Estructura	: VARIOS	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021		

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	71	45	62	95	11
Nro. De cápsula	71	45	62	95	11
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	42.60	45.21	41.00	19.58	19.85
Masa cápsula + Suelo seco (g)	38.80	42.30	39.00	19.29	19.44
Masa cápsula (g)	14.00	16.20	13.60	15.59	14.25
Masa del agua (g)	3.80	2.91	2.00	0.29	0.41
Masa del suelo seco (g)	24.80	26.10	25.40	3.70	5.19
Contenido de humedad %	15.32 %	11.15 %	7.87 %	7.84 %	7.90
Nro. De golpes	17	26	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	11.74

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	7.87

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	3.87

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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 estándares o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



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

DIRECCIÓN : JIRIBRAU N° 211 - CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIS PRADO)
 F. MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093
 RUC : 20506529229

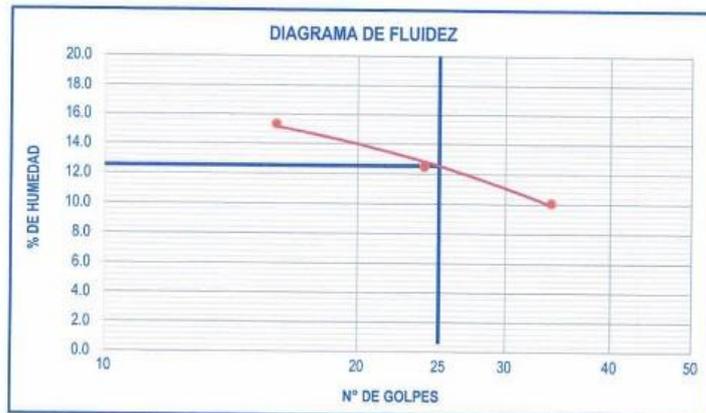


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022
 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Clase de material : BASE GRANULAR (7% DE BIOCHAR)
 Fecha de emisión : MARZO - 2022

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	21	22	23	12	15
Nro. De cápsula	21	22	23	12	15
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	43.83	45.30	40.50	21.91	21.83
Masa cápsula + Suelo seco (g)	40.10	42.20	38.00	21.29	21.28
Masa cápsula (g)	15.80	17.40	13.20	13.56	14.53
Masa del agua (g)	3.73	3.10	2.50	0.62	0.55
Masa del suelo seco (g)	24.30	24.80	24.80	7.73	6.75
Contenido de humedad %	15.35 %	12.50 %	10.08 %	8.02 %	8.15 %
Nro. De golpes	16	24	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	12.55

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	8.08

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	4.46

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 técnicas o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Camilla Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P'sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

EQUIVALENTE DE ARENA


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Cíviles.

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



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211-DHILCA
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
GRUPO CON AV. LEONCIO PRADO) E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
GEO TEST V@GMAIL.COM
DELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE -- PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUNPUNYA -CHONGOS ALTO
Codigo de formato	: EA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Peticionario	: BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN	Norma	: MTC E 114
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO

MTC E 114

DETALLE	IDENTIFICACION		
	1	2	3
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4) (mm)	4.75	4.75	4.75
Hora de entrada a saturación	09:49	09:51	09:53
Hora de salida de saturación (mas 10')	09:59	10:01	10:03
Hora de entrada a decantación	10:01	10:03	10:05
Hora de salida de decantación (mas 20')	10:21	10:23	10:25
Altura máxima de material fino (pulg)	7.60	7.40	7.80
Altura máxima de la arena (pulg.)	3.90	3.80	3.70
Equivalente de Arena (%)	51.32 %	51.35 %	47.44 %
Equivalente de Arena promedio	50.03 %		

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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



DIRECCIÓN : P'sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 POR LAVADO


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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



DIRECCIÓN	: P.O. BOX N° 2111 - CHILCA	E-MAIL	: LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
	: (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)		: GEOTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A. D.
		RUC	: 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUNPUNYA -CHONGOS ALTO
Código de formato	: PMDC-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Peticionario	: BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO - JUNÍN	Norma	: MTC E-202
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 POR LAVADO
MTC E-202**

AGREGADO GLOBAL

Muestra	M-01
Tamaño máximo nominal	2"
Masa seca de la muestra original	5156.00 g
Masa seca de la muestra después del lavado	4919.60 g
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200	4.58 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



SALES SOLUBLES EN AGREGADOS FINOS Y GRUESOS


 Luis Gamarrón Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 194161

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

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



DIRECCIÓN	: Psa. GRAD N° 211 - CHILCA (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	E-MAIL	: LABGEOTESTV2@GMAIL.COM GEOTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: Geo Test V S.A.C
		RUC	: 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUNPUNYA - CHONGOS ALTO
Codigo de formato	: AA-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Peticionario	: BACH. ING. ROMO CARRIALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: MTC E 223
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBREO-2022

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
MTC E 223

AGREGADO FINO

ENSAYO N°	1
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	161.3
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	161.6
Masa del residuo de sales (g)	0.300
Volumen de solución tomada (ml)	300
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	3000
Total de sales solubles, en %	0.30 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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 Camarero Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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



DIRECCIÓN	: Paj. BRAL N° 211-CHILCA : REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. : FERROCARRIL BRUCE EDN AV. LEONCIO PRADO	E-MAIL	: LABGEO@GMAIL.COM : GEOTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972631911 - 991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606539229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUNPUNYA -CHONGOS ALTO
Código de formato	: AA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Peticionario	: BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: MTC E 223
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBRERO-

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS
MTC E 223

AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°	1
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	175.01
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	175.24
Masa del residuo de sales (g)	0.230
Volumen de solución tomada (ml)	300
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	2300
Total de sales solubles, en %	0.23 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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



DIRECCIÓN : P'sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198151

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

DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V @GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972631911 - 991375093 RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N°	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUMPUNYA-CHONGOS ALTO
Código de formato	: AA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Peticionario	: ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN	Norma	: MTC E 207
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022

ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS
MTC E 207

TAMIZ		GRADACIÓN			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250.00 g			
1"	3/4"	1250.00 g			
3/4"	1/2"	1250.00 g			
1/2"	3/8"	1249.00 g			
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 4				
N° 4	N° 8				
N° de esferas		12			
Gradación		A			
Peso Inicial (g)		4999.0			
Número de revoluciones		500			
Peso Mat./Ret. en la N° 12 (g)		3656			
Peso Mat. pasa Malla N° 12 (g)		1343			
Porcentaje Desgaste		26.87 %			

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- 3) 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

DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

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



DIRECCIÓN : P.B.J. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. GEOESTV@GMAIL.COM
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"

Proyecto	: EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PUNPUNYA - CHONGOS BAJO
Expediente N°	: PFA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: MUESTRA N°1
Código de formato	: BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material	: BASE GRANULAR
Peticionario	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: MTC E 210
Ubicación	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Estructura	: OCTUBRE-2021	Fecha de emisión	: FEBRERO-2022

**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL
AGREGADO GRUESO
MTC E 210**

PARTÍCULA DE UNA SOLA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material con 1 cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	6.97 %	1276.87 g	1226.90 g	96.09 %	669.72 %
1 1/2"	1"	5.25 %	961.77 g	942.50 g	98.00 %	514.48 %
1"	3/4"	5.60 %	1025.89 g	958.18 g	93.40 %	523.04 %
3/4"	1/2"	11.38 %	2084.76 g	1858.71 g	89.16 %	1014.61 %
1/2"	3/8"	11.74 %	2150.71 g	2010.36 g	93.47 %	1097.39 %
TOTAL		40.94 %	7500.00 g	6996.65 g	470.11 %	3819.24 %
Porcentaje de partículas Chatas						93.29 %

PARTÍCULA MÁS DE UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material más de una cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	6.97 %	1276.87 g	1023.54 g	80.16 %	558.72 %
1 1/2"	1"	5.25 %	961.77 g	751.84 g	78.17 %	410.41 %
1"	3/4"	5.60 %	1025.89 g	921.55 g	89.83 %	503.04 %
3/4"	1/2"	11.38 %	2084.76 g	1091.00 g	52.33 %	595.54 %
1/2"	3/8"	11.74 %	2150.71 g	1036.41 g	48.19 %	565.74 %
TOTAL		40.94 %	7500.00 g	4824.34 g	348.68 %	2633.45 %
Porcentaje de partículas Alargadas						64.32 %

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	7500.0 g
PARTÍCULA DE UNA SOLA CARA FRACTURADA	80% MIN 93.29 % OK
PARTÍCULA MÁS DE UNA CARA FRACTURADA	50% MIN 84.32 % OK

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

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



DIRECCIÓN : P.S.J. GRAU N° 211-CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL REDTEST_V@GMAIL.COM
CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
Peticionario : BACH.ING : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : MTC E-209
Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G
Fecha de recepción : OCTUBRE-2021 Fecha de emisión : FEBRERO-2022

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E-209

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	21/2" a 1 1/2"	6.97 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	10.84 %	1500.1 g	1391.9 g	7.21 %	1.32 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	23.11 %	663.5 g	586.6 g	11.59 %	4.52 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		18.34 %	301.60 g	294.72 g	2.28 %	0.71 %
TOTALES			59.26 %	2465.2 g	2273.2 g		6.55 %

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4	18.34 %					
N° 4	N° 8	3.42 %	100.00 g	98.80 g	1.20 %	0.04 %	
N° 8	N° 16	16.84 %	100.00 g	91.10 g	8.90 %	1.50 %	
N° 16	N° 30	10.21 %	100.00 g	86.80 g	13.20 %	1.35 %	
N° 30	N° 50	1.90 %	100.00 g	73.60 g	26.40 %	0.50 %	
N° 50	N° 100	3.28 %	100.00 g	61.14 g	38.86 %	1.27 %	
Menos que N°100		5.04 %					
TOTALES			59.03 %	500.00 g	411.44 g		4.66 %

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.5.-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 Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



DIRECCIÓN : Pjs. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarriil cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

***DURABILIDAD AL
SULFATO
DE MAGNESIO CON
ADICION DE BIOCHAR
AL (1%, 3%, 5% Y
7%)***


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



DIRECCIÓN : P.S.J. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL : GEOTEST_V@GMAIL.COM
CRUCE CON AV. LEGNOCIO PRADO) : GEO TEST V S.A.C.
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 FACEBOOK :
RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
Peticionario : BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (1% DE BIOCHAR)
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : MTC E-209
Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de recepción : OCTUBRE-2021 Fecha de emisión : FEBRERO-2021

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E-209

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	2 1/2" a 1 1/2"	6.97 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	10.84 %	1500.1 g	1391.9 g	7.21 %	1.32 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	23.11 %	663.5 g	586.6 g	11.59 %	4.52 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		18.34 %	301.60 g	294.72 g	2.28 %	0.71 %
TOTALES			59.26 %	2465.2 g	2273.2 g		6.55 %

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4	18.34 %					
N° 4	N° 8	3.42 %	100.00 g	98.10 g	1.90 %	0.06 %	
N° 8	N° 16	16.84 %	100.00 g	86.20 g	13.80 %	2.32 %	
N° 16	N° 30	10.21 %	100.00 g	74.60 g	25.50 %	2.60 %	
N° 30	N° 50	1.90 %	100.00 g	72.10 g	27.90 %	0.53 %	
N° 50	N° 100	3.28 %	100.00 g	61.16 g	38.84 %	1.27 %	
Menos que N°100		5.04 %					
TOTALES			59.03 %	500.00 g	392.06 g		6.80 %

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

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



DIRECCIÓN : P.S.J. GRAU N° 2111-CHILDA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL GEOTEST.V@GMAIL.COM
CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-58-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Codigo de formato : GM-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
Peticionario : BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (3% DE BIOCHAR)
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : MTC E-209
Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G
Fecha de recepción : OCTUBRE 2021 Fecha de emisión : FEBRERO-2022

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E-209

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	21/2" a 1 1/2"	6.97 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	10.84 %	1500.1 g	1391.9 g	7.21 %	1.32 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	23.11 %	863.5 g	586.6 g	11.59 %	4.52 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		18.34 %	301.60 g	294.72 g	2.28 %	0.71 %
TOTALES			59.26 %	2465.2 g	2273.2 g		6.55 %

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4	18.34 %					
N° 4	N° 8	3.42 %	100.00 g	97.60 g	2.40 %	0.08 %	
N° 8	N° 16	16.84 %	100.00 g	82.60 g	17.40 %	2.93 %	
N° 16	N° 30	10.21 %	100.00 g	73.80 g	26.20 %	2.68 %	
N° 30	N° 50	1.90 %	100.00 g	61.70 g	38.30 %	0.73 %	
N° 50	N° 100	3.28 %	100.00 g	51.16 g	48.84 %	1.60 %	
Menos que N°100		5.04 %					
TOTALES			59.03 %	500.00 g	366.86 g		8.02 %

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

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



DIRECCIÓN : PAV. GRAU N° 211 - CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
 CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093
E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 BKOTEST.V@GMAIL.COM
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-86-GEO-TEST-V-2021
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : BACH.ING. ROMO CARHUALLANQUI, ANLER
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN
Estructura : VARIOS
Fecha de recepción : OCTUBRE-2021
Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
N° de muestra : MUESTRA N°1
Clase de material : BASE GRANULAR (8% DE BIOCHAR)
Norma : MTC E-209
Ensayado por : A.Y.G
Fecha de emisión : FEBRERO-2022

**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E-209**

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	2 1/2" a 1 1/2"	6.97 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	10.84 %	1500.1 g	1391.90 g	7.21 %	1.32 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	23.11 %	663.5 g	586.60 g	11.59 %	4.52 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		18.34 %	301.60 g	294.72 g	2.28 %	0.71 %
TOTALES			59.26 %	2465.2 g	2273.22 g		6.55 %

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4						
N° 4	N° 8	3.42 %	100.00 g	96.40 g	3.60 %	0.12 %	
N° 8	N° 16	16.84 %	100.00 g	75.20 g	24.80 %	4.18 %	
N° 16	N° 30	10.21 %	100.00 g	63.20 g	36.80 %	3.76 %	
N° 30	N° 50	1.90 %	100.00 g	41.30 g	68.70 %	1.12 %	
N° 50	N° 100	3.28 %	100.00 g	21.11 g	78.89 %	2.59 %	
Menos que N°100		5.04 %					
TOTALES			40.69 %	500.00 g	297.21 g		11.76 %

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

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



DIRECCIÓN :	PSJ. GRAU N°211-CHILCA	E-MAIL :	LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL		GEO TEST V@GMAIL.COM
	CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	FACEBOOK :	GEO TEST V S.A.C
CELULAR :	952525151 - 972831911-991375093	RUC :	20606529329

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto :	TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"		
Expediente N° :	EXP-56-GEO-TEST-V-2021	Cantera :	PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Código de formato :	GM-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra :	MUESTRA N°1
Peticionario :	BACH.ING.: ROMO CARHUALLANQUI, ANLER	Clase de material :	BASE GRANULAR (7% DE BIOCHAR)
Ubicación :	HUANCAYO-JUNIN	Norma :	MTC E-209
Estructura :	VARIOS	Ensayado por :	A.Y.G
Fecha de recepción :	OCTUBRE-2021	Fecha de emisión :	FEBRERO-2022

**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E-209**

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	21/2" a 1 1/2"	6.97 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	10.84 %	1500.1 g	1391.90 g	7.21 %	1.32 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	23.11 %	663.5 g	586.60 g	11.59 %	4.52 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		18.34 %	301.60 g	294.72 g	2.28 %	0.71 %
TOTALES			59.26 %	2465.2 g	2273.22 g		6.55 %

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4						
N° 4	N° 8	3.42 %	100.00 g	95.20 g	4.80 %	0.16 %	
N° 8	N° 16	16.84 %	100.00 g	74.80 g	25.20 %	4.24 %	
N° 16	N° 30	10.21 %	100.00 g	62.90 g	37.10 %	3.79 %	
N° 30	N° 50	1.90 %	100.00 g	41.60 g	58.40 %	1.11 %	
N° 50	N° 100	3.28 %	100.00 g	22.01 g	77.99 %	2.56 %	
Menos que N°100		5.04 %					
TOTALES			40.69 %	500.00 g	296.51 g		11.86 %

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 Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

PROCTOR MODIFICADO CONVENCIONAL


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Cíviles

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



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@gmail.com
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROGARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@gmail.com
 CELULAR : 952925151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 RUC : 20506529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI ANLER
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022
 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Clase de material : BASE GRANULAR (CONVENCIONAL)
 Norma : MTC E 115
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : MARZO - 2022

**PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115**

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,424.0	11,610.0	11,731.0	11,610.0
Peso molde (gr.)	6,676.0	6,676.0	6,676.0	6,676.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,748.0	4,934.0	5,055.0	4,934.0
Volumen del molde (cm ³)	2,132.5	2,132.5	2,132.5	2,132.5
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.226	2.314	2.370	2.314

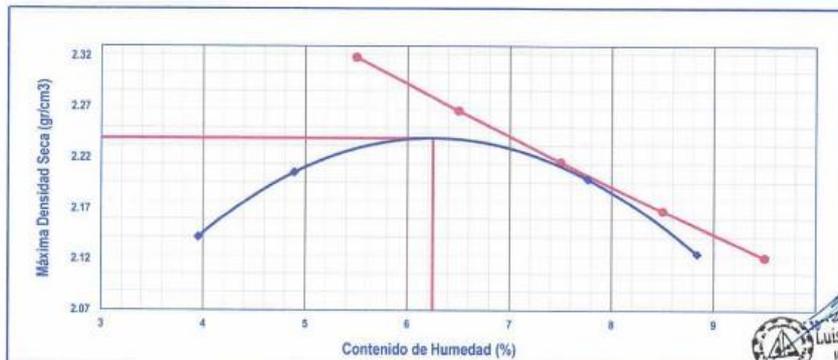
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	476.1	580.6	705.1	490.0
Tara + suelo seco (gr.)	459.8	556.9	660.6	453.2
Peso de agua (gr.)	16.3	23.7	44.5	36.8
Peso de tara (gr.)	47.1	72.3	87.5	36.8
Peso de suelo seco (gr.)	412.7	484.6	573.1	416.4
Humedad (%)	3.95	4.89	7.76	8.84
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.142	2.206	2.200	2.126

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
METODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,676.000
VOLUMEN (CM3)	2,132.5

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.239
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.25

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



PROCTOR MODIFICADO CON ADICION DE BIOCHAR AL (1%, 3%, 5% Y 7%)


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (1% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 115
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

**PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115**

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,388.0	11,597.0	11,752.0	11,713.0
Peso molde (gr.)	6,676.0	6,676.0	6,676.0	6,676.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,712.0	4,921.0	5,076.0	5,037.0
Volumen del molde (cm ³)	2,130.7	2,130.7	2,130.7	2,130.7
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.211	2.310	2.382	2.364

HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	498.1	480.1	591.5	707.3
Tara + suelo seco (gr.)	477.4	457.6	558.2	659.1
Peso de agua (gr.)	20.8	22.5	33.3	48.2
Peso de tara (gr.)	25.6	23.9	24.6	35.9
Peso de suelo seco (gr.)	451.8	433.7	533.6	623.2
Humedad (%)	4.59	5.19	6.24	7.73
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.114	2.196	2.242	2.194

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,676.000
VOLUMEN (CM3)	2,130.7

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.242
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.24

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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.

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



DIRECCIÓN : JR. BRAU N°211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOESTV@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991379093

FACEBOOK : GEO TEST V S A C
RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"

Expediente N° : EXP-66-GEO-TEST-V-2021

Código de formato : GM-EX-01/ REV 01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : FEBRERO - 2022

Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO

N° de muestra : MUESTRA N°1

Clase de material : BASE GRANULAR (3% DE BIOCHAR)

Norma : MTC E 115

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : MARZO - 2022

**PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115**

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,618.0	11,712.0	11,811.0	11,750.0
Peso molde (gr.)	6,686.0	6,686.0	6,686.0	6,686.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,932.0	5,026.0	5,125.0	5,064.0
Volumen del molde (cm ³)	2,133.5	2,133.5	2,133.5	2,133.5
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.312	2.356	2.402	2.374

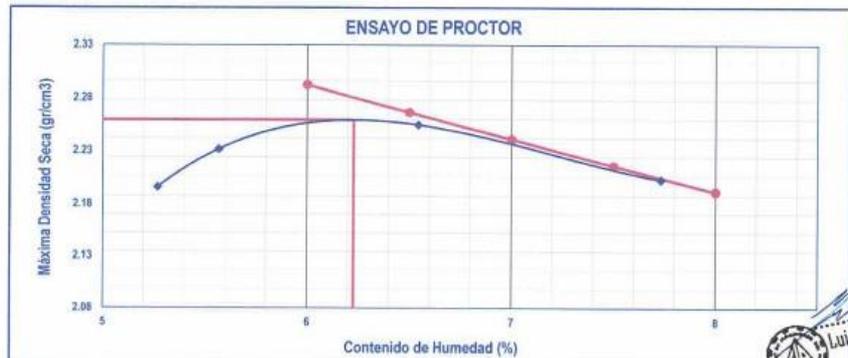
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	674.4	537.0	865.7	943.1
Tara + suelo seco (gr.)	642.9	511.0	819.0	880.0
Peso de agua (gr.)	31.5	26.0	46.7	63.1
Peso de tara (gr.)	45.0	44.0	105.4	64.0
Peso de suelo seco (gr.)	597.9	467.0	713.6	816.0
Humedad (%)	5.27	5.57	6.54	7.73
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.196	2.232	2.255	2.203

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,686.0
VOLUMEN (CM3)	2,133.5

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.259
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.23

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198151

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.

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



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 2111 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTVD2@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEO TEST V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

CELULAR : 952225151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"

Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021

Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER

Ubicación : HUANCAYO - JUNIN

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : FEBRERO - 2022

Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO

N° de muestra : MUESTRA N°1

Clase de material : BASE GRANULAR (5% DE BIOCHAR)

Norma : MTC E 115

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : MARZO - 2022

PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,256.0	11,579.0	11,676.0	11,460.0
Peso molde (gr.)	6,544.0	6,544.0	6,544.0	6,544.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,712.0	5,035.0	5,132.0	4,916.0
Volumen del molde (cm ³)	2,130.7	2,130.7	2,130.7	2,130.7
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.211	2.363	2.409	2.307

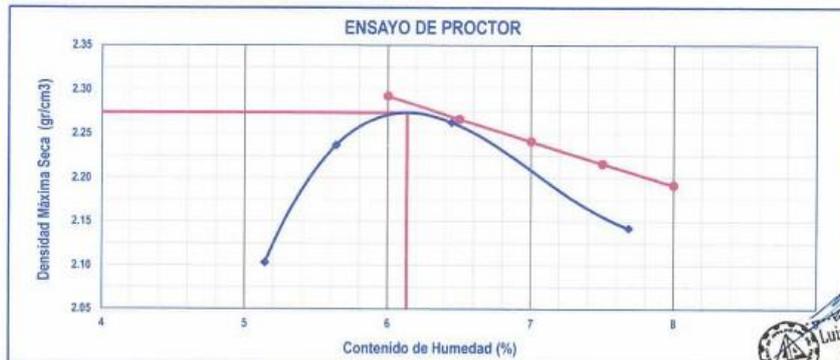
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	471.9	466.5	617.0	746.0
Tara + suelo seco (gr.)	451.0	444.0	585.0	700.3
Peso de agua (gr.)	20.9	22.5	32.0	45.7
Peso de tara (gr.)	44.6	45.0	88.6	105.6
Peso de suelo seco (gr.)	406.4	399.0	496.4	594.7
Humedad (%)	5.14	5.64	6.45	7.68
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.103	2.237	2.263	2.143

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,544.0
VOLUMEN (CM ³)	2,130.7

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.274
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.13

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³)	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%)	-



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) 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 Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021
 Código de formato : GM-EX-01/ REV 01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022
 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Clase de material : BASE GRANULAR (7% DE BIOCHAR)
 Norma : MTC E 115
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : MARZO - 2022

PROCTOR MODIFICADO
MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,246.0	11,531.0	11,671.0	11,420.0
Peso molde (gr.)	6,544.0	6,544.0	6,544.0	6,544.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,702.0	4,987.0	5,127.0	4,876.0
Volumen del molde (cm ³)	2,130.7	2,130.7	2,130.7	2,130.7
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.207	2.341	2.406	2.288

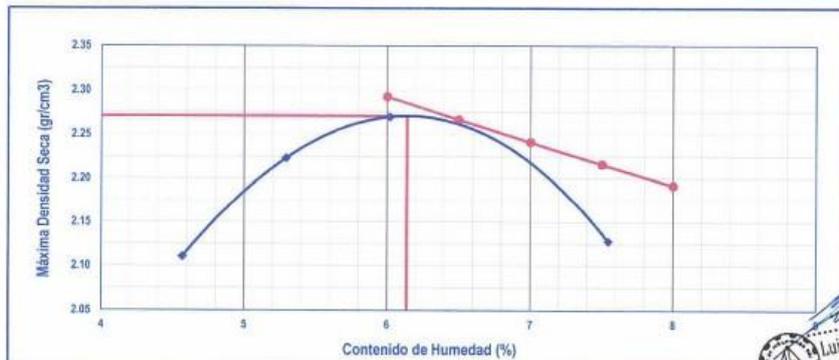
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	471.7	466.4	616.0	745.0
Tara + suelo seco (gr.)	453.0	445.2	586.0	700.2
Peso de agua (gr.)	18.7	21.2	30.0	44.8
Peso de tara (gr.)	43.6	44.6	87.5	106.5
Peso de suelo seco (gr.)	409.4	400.6	498.5	593.7
Humedad (%)	4.57	5.29	6.02	7.55
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.110	2.223	2.270	2.128

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

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,544.0
VOLUMEN (CM ³)	2,130.7

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.271
Óptimo Contenido de Humedad (%):	6.14

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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° 002-96-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.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Pjs. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CBR
CONVENCIONAL


 Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

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

DIRECCION : JR. GRAU N° 211 CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIDAS PRADÓ) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V R.A.C. RUC : 2060529229
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : MUESTRA N°1
Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER **Clase de material** : BASE GRANULAR (CONVENCIONAL)
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Norma** : MTC E 132
Estructura : VARIOS **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 **Fecha de emisión** : MARZO - 2022

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

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	3		5		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12695.0	12963.0	12730.0	12844.0	12614.0	12772.0
Peso de molde (g)	7811.3	7811.3	7813.1	7813.1	7824.0	7824.0
Peso del suelo húmedo (g)	5084.7	5151.7	4916.9	5030.9	4790.0	4948.0
Volumen del molde (cm ³)	2124.3	2124.3	2124.1	2124.1	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.394	2.425	2.315	2.368	2.254	2.328
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	338.1	158.8	339.9	154.3	429.5	144.8
Peso suelo seco + tara (g)	318.8	150.2	322.6	144.0	409.2	134.0
Peso de tara (g)	10.3	35.0	47.2	15.5	85.0	17.3
Peso de agua (g)	19.3	8.6	17.3	10.3	20.3	10.8
Peso de suelo seco (g)	308.5	115.2	275.4	128.5	324.2	116.7
Contenido de humedad (%)	6.26	7.47	6.28	8.02	6.26	9.25
Densidad seca (g/cm ³)	2.253	2.257	2.178	2.193	2.121	2.131

EXPANSION										
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%		
NO EXPANSIVO										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.094	12.89			0.210	27.01			0.015	3.23		
0.050		0.179	23.25			0.082	11.43			0.062	8.98		
0.075		0.296	37.43			0.153	20.08			0.121	16.19		
0.100	70.31	0.313	39.48	42.9	61.0	0.215	27.62	29.4	41.8	0.132	17.53	19.6	27.9
0.150		0.433	53.94			0.314	39.61			0.213	27.38		
0.200	105.46	0.648	79.62	79.9	75.8	0.471	58.50	57.1	54.1	0.349	43.83	43.4	41.1
0.250		0.828	100.92			0.601	74.03			0.454	56.46		
0.300		0.973	117.95			0.721	88.29			0.591	72.84		
0.400		1.014	122.74			0.816	99.51			0.635	78.08		
0.500		1.214	145.97			0.971	117.71			0.783	95.82		

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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

DIRECCIÓN : JR. ORAZU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA BUADRA FRENTE AL PARQUE PIZO AV. FERRUCARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM
 DELULAR : 952525151 - 972831511 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V. S. A. C
 RUC : 20606529229

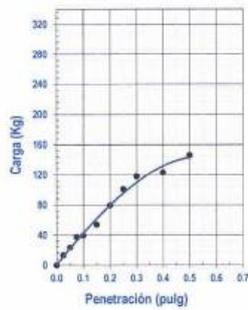


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

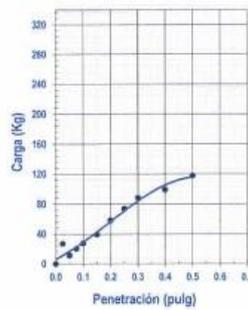
Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Codigo de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : MUESTRA N°1
Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER **Clase de material** : BASE GRANULAR (CONVENCIONAL)
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Norma** : MTC E 132
Estructura : VARIOS **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 **Fecha de emisión** : MARZO - 2022

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

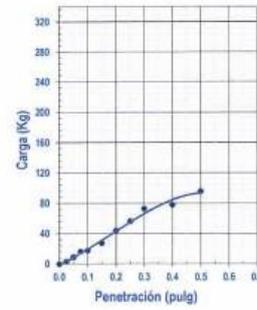
Hoja : 02 de 02



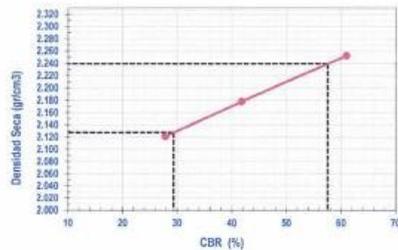
MOLDE N°1	
CBR (0.1")	61.0 %
CBR (0.2")	75.8 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.253



MOLDE N°2	
CBR (0.1")	41.8 %
CBR (0.2")	54.1 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.178



MOLDE N°3	
CBR (0.1")	27.9 %
CBR (0.2")	41.1 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.121



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.239
 Optimo contenido de humedad (%) : 6.2
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 2.127

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 57.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 29.3 (%)

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



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CBR CON ADICION DE BIOCHAR AL (1%, 3%, 5% Y 7%)


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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

DIRECCIÓN : JR. ORAZI N°211 CHILCA E-MAIL : LABRRETESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE FUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972031911 - 991375003 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C. RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (1% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 132
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	3		5		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12834.0	12963.0	12752.0	12884.0	12624.0	12764.0
Peso de molde (g)	7724.0	7724.0	7877.0	7877.0	7824.0	7824.0
Peso del suelo húmedo (g)	5110.0	5239.0	4875.0	5007.0	4800.0	4940.0
Volumen del molde (cm ³)	2124.5	2124.5	2124.1	2124.1	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.405	2.466	2.295	2.357	2.259	2.325
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	338.1	158.8	333.0	154.3	430.8	144.8
Peso suelo seco + tara (g)	318.8	150.2	316.1	144.0	410.3	134.0
Peso de tara (g)	10.3	35.0	47.2	15.5	85.0	17.3
Peso de agua (g)	19.3	8.6	16.9	10.3	20.5	10.8
Peso de suelo seco (g)	308.5	115.2	268.9	128.5	325.3	116.7
Contenido de humedad (%)	6.26	7.47	6.28	8.02	6.30	9.25
Densidad seca (g/cm ³)	2.264	2.295	2.159	2.182	2.125	2.128

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.094	12.89			0.021	3.97			0.015	3.23		
0.050		0.179	23.25			0.082	11.43			0.062	8.98		
0.075		0.396	48.49			0.153	20.08			0.121	16.19		
0.100	70.31	0.413	51.53	52.0	74.0	0.235	30.05	27.9	39.7	0.213	27.38	22.3	31.7
0.150		0.513	63.53			0.314	39.61			0.249	31.74		
0.200	105.46	0.748	91.48	88.3	83.7	0.471	58.50	58.2	55.2	0.349	43.83	46.4	44.0
0.250		0.828	100.92			0.601	74.03			0.454	56.46		
0.300		0.973	117.95			0.721	88.29			0.591	72.84		
0.400		1.034	125.07			0.816	99.51			0.635	78.08		
0.500		1.214	145.97			0.921	111.86			0.683	83.78		

Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

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

DIRECCIÓN : JN. GRAB N°211 CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V@GMAIL.COM
 TEL/FAX : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C RUC : 20600529229

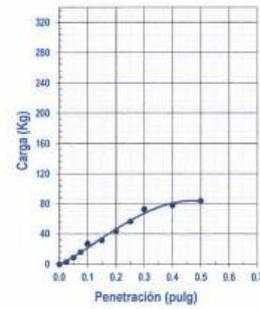
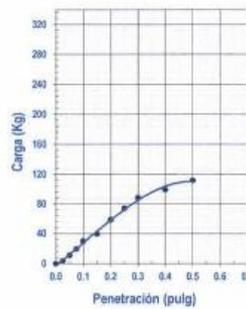
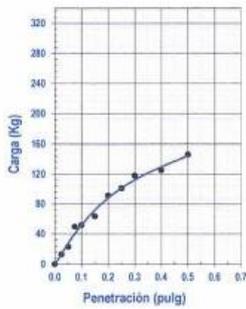


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : MUESTRA N°1
Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER **Clase de material** : BASE GRANULAR (1% DE BIOCHAR)
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Norma** : MTC E 132
Estructura : VARIOS **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 **Fecha de emisión** : MARZO - 2022

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

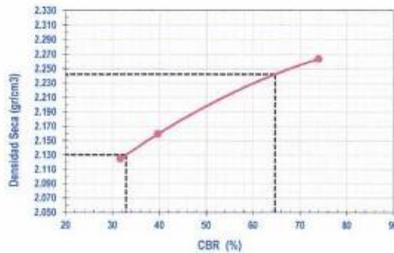
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	74.0 %
CBR (0.2")	83.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.264

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	39.7 %
CBR (0.2")	55.2 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.159

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	31.7 %
CBR (0.2")	44.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.125



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.242
 Óptimo contenido de humedad (%) : 6.2
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 2.130

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 64.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 32.9 (%)

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

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

DIRECCIÓN : JR. DRAU N° 211 CHILCA E-MAIL : LABGEO@GEOTESTV.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRUCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTESTV@GMAIL.COM
 CELULAR : 953529151 - 922891911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V. S. A. C.
 RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUJESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (3% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 132
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	3		5		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12848.0	12982.0	12763.0	12880.0	12634.0	12772.0
Peso de molde (g)	7711.3	7711.3	7986.5	7986.5	7961.0	7961.0
Peso del suelo húmedo (g)	5136.7	5270.7	4776.5	4893.5	4673.0	4811.0
Volumen del molde (cm ³)	2126.3	2126.3	2124.2	2124.2	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.416	2.479	2.249	2.304	2.199	2.264
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	331.1	138.3	321.6	131.2	364.2	256.6
Peso suelo seco + tara (g)	311.2	129.3	304.1	122.2	342.5	232.4
Peso de tara (g)	17.5	27.0	47.2	34.2	26.0	23.6
Peso de agua (g)	19.9	9.0	17.5	9.0	21.7	24.2
Peso de suelo seco (g)	293.7	102.3	256.9	98.0	316.5	208.8
Contenido de humedad (%)	6.78	8.80	6.81	9.16	6.86	11.59
Densidad seca (g/cm ³)	2.262	2.276	2.105	2.110	2.058	2.029

EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
NO EXPANSIVO														

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.062	8.98			0.031	5.19			0.013	2.99		
0.050		0.125	16.67			0.073	10.33			0.055	8.13		
0.075		0.334	42.02			0.163	21.30			0.117	15.70		
0.100	70.31	0.489	60.65	57.3	81.5	0.217	27.86	27.3	38.0	0.156	20.45	19.7	28.0
0.150		0.712	87.22			0.316	39.85			0.216	27.74		
0.200	105.46	0.854	103.99	104.5	99.1	0.471	58.50	58.8	55.7	0.354	44.43	44.3	42.0
0.250		0.589	119.82			0.621	76.41			0.444	55.26		
0.300		1.173	141.23			0.727	89.00			0.598	73.67		
0.400		1.225	147.24			0.830	101.16			0.614	75.58		
0.500		1.315	157.61			0.884	107.51			0.664	81.53		

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

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

DIRECCIÓN : JR. GRAL. N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C. RUC : 20606529229

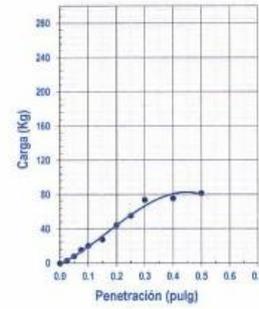
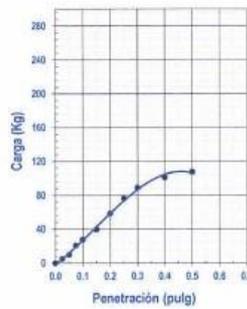
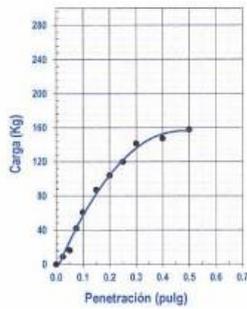


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
Expediente N° : EXP-66-GEO-TEST-V-2021 **Cantera** : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : MUESTRA N°1
Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER **Clase de material** : BASE GRANULAR (3% DE BIOCHAR)
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN **Norma** : MTC E 132
Estructura : VARIOS **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 **Fecha de emisión** : MARZO - 2022

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

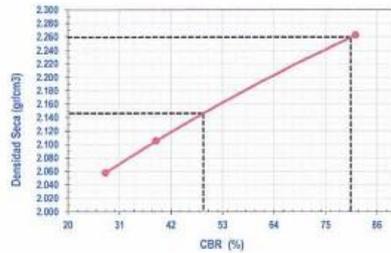
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	81.5 %
CBR (0.2")	99.1 %
Densidad seca (g/cm3)	2.262

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	38.9 %
CBR (0.2")	55.7 %
Densidad seca (g/cm3)	2.105

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	28.0 %
CBR (0.2")	42.0 %
Densidad seca (g/cm3)	2.058



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 2.259
 Optimo contenido de humedad (%) : 6.2
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 2.146

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 80.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 48.9 (%)

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

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

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABORATORIOV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 FERRICARRIL CRUDE CON AV. LEONIG PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (5% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 132
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	3		5		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12639.0	12978.0	12760.0	12823.0	12704.0	12898.0
Peso de molde (g)	7713.6	7713.6	8097.0	8097.0	8074.0	8074.0
Peso del suelo húmedo (g)	5125.4	5264.4	4663.0	4726.0	4630.0	4824.0
Volumen del molde (cm ³)	2122.3	2122.3	2124.2	2124.2	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.415	2.481	2.195	2.225	2.179	2.270
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	331.2	138.3	321.6	131.2	364.2	256.6
Peso suelo seco + tara (g)	313.1	130.3	301.4	123.2	339.5	237.4
Peso de tara (g)	18.2	27.0	47.2	24.2	21.0	23.6
Peso de agua (g)	18.1	8.0	20.2	8.0	24.7	19.2
Peso de suelo seco (g)	294.9	103.3	254.2	99.0	318.5	213.8
Contenido de humedad (%)	6.14	7.74	7.95	8.08	7.76	8.98
Densidad seca (g/cm ³)	2.275	2.302	2.034	2.058	2.022	2.083

EXPANSION										
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%		
NO EXPANSIVO										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.082	11.43			0.064	8.23			0.053	7.88		
0.050		0.183	23.73			0.156	20.45			0.095	13.02		
0.075		0.367	46.00			0.263	33.44			0.147	19.35		
0.100	70.31	0.562	69.36	51.6	67.9	0.317	39.97	38.9	55.3	0.184	23.85	24.3	34.6
0.150		0.731	89.47			0.416	51.90			0.283	35.86		
0.200	105.46	0.876	106.57	108.3	102.7	0.571	70.46	68.0	64.5	0.375	46.96	48.5	46.0
0.250		0.992	120.17			0.621	78.41			0.471	58.50		
0.300		1.183	142.38			0.727	89.00			0.598	73.67		
0.400		1.242	149.20			0.880	107.04			0.674	82.71		
0.500		1.274	152.89			0.954	115.72			0.723	88.52		

Luis Gamarrta Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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

DIRECCIÓN : JH. BRAL N° 211 - CHILCA
 E-MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM
 INF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE FUZO AV.
 FERROSARMI. CRUCE CON AV. LEONDO PRADO
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 982925151 - 972031911 - 991375093
 RUC : 20606529229

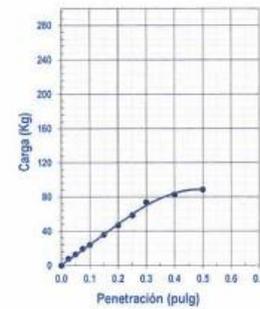
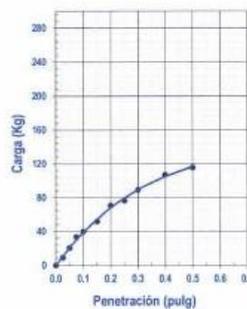
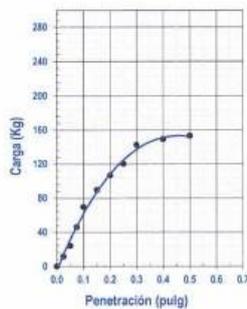


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022
 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Clase de material : BASE GRANULAR (5% DE BIOCHAR)
 Norma : MTC E 132
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

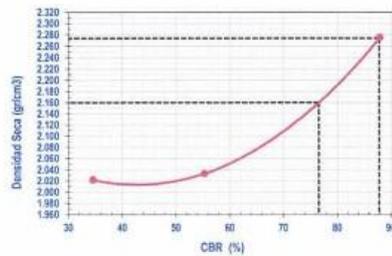
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	87.9 %
CBR (0.2")	102.7 %
Densidad seca (g/cm3)	2.275

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	55.3 %
CBR (0.2")	64.5 %
Densidad seca (g/cm3)	2.034

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	34.6 %
CBR (0.2")	46.0 %
Densidad seca (g/cm3)	2.022



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm3) : 2.274
 Óptimo contenido de humedad (%) : 6.1
 95% máxima densidad seca (g/cm3) : 2.160

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 87.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 76.6 (%)

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
- 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 Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

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

DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C. RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (7% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 132
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	3		5		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12854.5	12945.1	12802.4	12854.3	12711.7	12698.2
Peso de molde (g)	7713.6	7713.6	7892.0	7892.0	8074.0	8074.0
Peso del suelo húmedo (g)	5140.9	5231.5	4910.4	4972.3	4637.7	4824.2
Volumen del molde (cm ³)	2122.1	2122.1	2124.4	2124.4	2132.0	2132.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.423	2.465	2.311	2.341	2.175	2.263
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	332.2	137.3	321.1	131.2	364.2	256.6
Peso suelo seco + tara (g)	314.1	129.3	305.1	123.2	339.5	237.4
Peso de tara (g)	19.2	26.5	47.1	25.3	22.6	24.5
Peso de agua (g)	18.1	8.0	16.0	8.0	24.7	19.2
Peso de suelo seco (g)	294.9	102.8	258.0	97.9	316.9	212.9
Contenido de humedad (%)	6.14	7.78	6.20	8.17	7.79	9.02
Densidad seca (g/cm ³)	2.282	2.287	2.176	2.164	2.018	2.076

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.050		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.050	7.52			0.035	5.68			0.015	3.23		
0.050		0.099	13.50			0.075	10.57			0.062	8.98		
0.075		0.368	46.12			0.267	33.92			0.152	19.96		
0.100	70.31	0.453	56.34	62.2	88.4	0.406	50.89	42.5	60.5	0.245	31.26	23.5	33.4
0.150		0.918	111.50			0.517	64.01			0.294	37.19		
0.200	105.46	1.184	142.50	131.4	124.6	0.601	74.03	81.4	77.2	0.359	45.03	50.2	47.6
0.250		1.269	152.32			0.812	99.04			0.424	52.86		
0.300		1.563	184.82			0.965	117.01			0.668	85.56		
0.400		2.112	247.43			1.058	132.52			0.786	99.97		
0.500		2.275	285.35			1.265	151.86			0.846	103.04		

Luis Gamarrta Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 196161

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

DIRECCIÓN : JR. BRAU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE RUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST_V@GMAIL.COM
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C. RUC : 20606529229

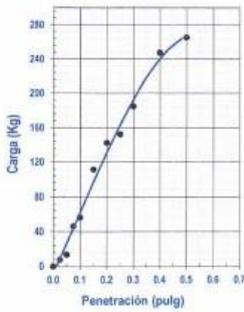


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

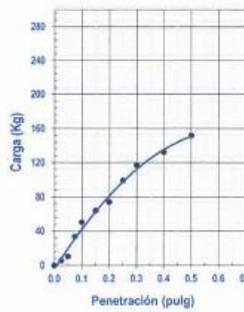
Proyecto : TESIS : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE - PROVINCIA DE HUANCAYO"
 Expediente N° : EXP-56-GEO-TEST-V-2021 Canteras : PUNPUNYA-CHONGOS ALTO
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : MUESTRA N°1
 Peticionario : ROMO CARHUALLANQUI, ANLER Clase de material : BASE GRANULAR (7% DE BIOCHAR)
 Ubicación : HUANCAYO - JUNIN Norma : MTC E 132
 Estructura : VARIOS Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de recepción : FEBRERO - 2022 Fecha de emisión : MARZO - 2022

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

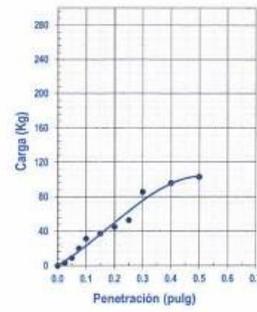
Hoja : 02 de 02



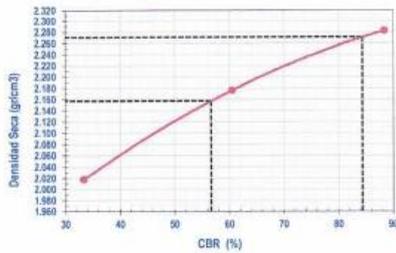
MOLDE N°1	
CBR (0.1")	88.4 %
CBR (0.2")	124.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.262



MOLDE N°2	
CBR (0.1")	60.5 %
CBR (0.2")	77.2 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.176



MOLDE N°3	
CBR (0.1")	33.4 %
CBR (0.2")	47.6 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.018



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.271
 Óptimo contenido de humedad (%) : 6.1
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 2.157

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 84.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 56.6 (%)

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
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 5.- 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

Anexo N°04: Validación de instrumentos

**FICHA DE VALIDACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO**

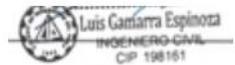
DATOS GENERALES:

- 1.1. Título de la investigación: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE – PROVINCIA DE HUANCAYO**
- 1.2. Nombre de los instrumentos motivo de evaluación: Ficha de observación

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy buena			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.																				✓
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																				✓
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				✓
4. Organización	Existe una organización lógica																				✓
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.																				✓
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																				✓
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																				✓
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores.																				✓
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				✓
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación.																				✓

Promedio de valoración: 95%



OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	Luis Gamarra Espinoza	DNI N°	42627012
Dirección domiciliaria:	_____	Teléfono/Celular:	964 462 434
Grado académico:	Ing. Civil		
Mención:	_____		


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198151
Firma

Lugar y fecha: Huancayo - 18/01/22

**FICHA DE VALIDACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO**

DATOS GENERALES:

- 1.1. Título de la investigación: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE – PROVINCIA DE HUANCAYO**
- 1.2. Nombre de los instrumentos motivo de evaluación: Ficha de observación

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado.																		✓			
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																		✓			
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																		✓			
4. Organización	Existe una organización lógica																			✓		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.																		✓			
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																			✓		
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																			✓		
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores.																		✓			
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																			✓		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación.																		✓			


 HENRY PAUTRAT EGOAVIL
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 78935

Promedio de valoración: 85 %

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	Henry Pautrat Egoavil	DNI N°	70549130
Dirección domiciliaria:	_____	Teléfono/Celular:	990906423
Grado académico:	Ing. Civil		
Mención:	_____		


 HENRY PAUTRAT EGOAVIL
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 78935
 Firma

Lugar y fecha: Hyc - 18-04-22

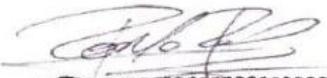
**FICHA DE VALIDACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO**

DATOS GENERALES:

- 1.1. Título de la investigación: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN SUELO GRANULAR CON BIOCHAR EN LA BASE – PROVINCIA DE HUANCAYO**
- 1.2. Nombre de los instrumentos motivo de evaluación: Ficha de observación

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy buena			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.																				✓
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																				✓
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				✓
4. Organización	Existe una organización lógica																				✓
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.																				✓
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																				✓
7. Consistencia	Basado en aspectos técnicos científicos																				✓
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores.																				✓
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				✓
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación.																				✓

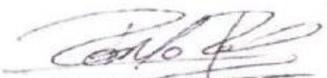


RANDO PORRAS OLARTE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 87979

Promedio de valoración: 95%

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	<i>Rando Porras Olarte</i>	DNI N°	<i>20119788</i>
Dirección domiciliaria:	_____	Teléfono/Celular:	<i>960251895</i>
Grado académico:	<i>Ingr Civil</i>		
Mención:	_____		



RANDO PORRAS OLARTE
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 87979

Lugar y fecha: *Huancayo / 18-05-22*