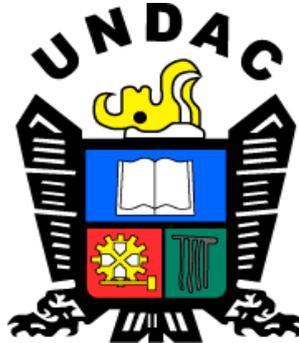


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

**Influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en
la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de
afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del distrito de
San Francisco de Yarusyacan – Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Dennis Henry CANTA CHOMBO

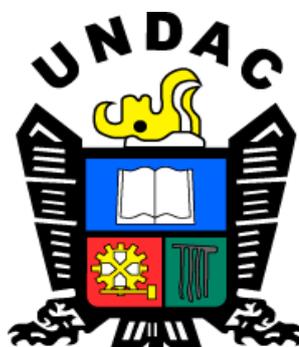
Asesor: Mg. Pedro YARASCA CÓRDOVA

Cerro de Pasco - Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S

Influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival. CÓNDROR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. José German RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO

Mg. Luis Villar REQUIZ CARBAJAL
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi hija Génesis Luana, CANTA MUÑOZ por
a ver llegado a mi vida y darme mucha bendición.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por haberme permitido lograr mis objetivos, así como también a mis padres por haber confiado en mi con su apoyo incondicional durante mi estadía en las aulas universitarias y durante esta investigación para obtener el grado de Ingeniero Civil.

Del mismo modo a mis docentes por haber plasmado todas sus experiencias en nuestra alma mater la Universidad nacional Daniel Alcides Carrión

RESUMEN

En esta investigación se realizó el mejoramiento de suelo arcilloso con mucha grava la cual se encuentra en la carretera Lulicocha – Huancamachay con la ceniza de cal de la cantera de Sacrafamilia, para encontrar el porcentaje óptimo de mezcla de Arcilla con mucha grava con la ceniza de cal se realizaron 3 combinaciones o mezclas, la mezcla 1 fue de 80% de arcilla con mucha grava más 20% de ceniza de cal, la mezcla 2 es de 70% de arcilla con mucha grava más 30% de ceniza de cal y de 60% de arcilla con mucha grava más 40% de ceniza de cal, a estas 3 mezclas se realizaron los ensayos de clasificación de suelos (granulometría, límites de Atterberg), CBR, humedad, Proctor modificado, dichos resultados se verificaron si estarían dentro de los requisitos de calidad del manual de carreteras (EG – 2013) encontrando que la mezcla 2 (70%A+30%C) se encuentran dentro de dichos requisitos de calidad para que este material se pueda usar como capa de rodadura de la carretera Lulicocha – Huancamachay del distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan.

Palabras claves: Límites de Atterberg, CBR, Proctor modificado.

ABSTRACT

In this investigation, the improvement of clayey soil with a lot of gravel was carried out, which is found on the Lulicocha - Huancamachay highway with lime ash from the Sacrafamilia quarry, to find the optimal percentage of mixture of Clay with a lot of gravel with the ash of lime. cal 3 combinations or mixtures were made mix 1 was 80% gravelly clay plus 20% lime ash, mix 2 was 70% gravelly clay plus 30% lime ash and 60% gravelly clay plus 40 % of lime ash, soil classification tests were carried out on these 3 mixtures (granulometry, Atterberg limits), CBR, humidity, modified Proctor, these results were verified if they would be within the quality requirements of the road manual (EG - 2013) finding that mix 2 (70%A+30%C) is within the quality requirements for this material to be used as the wearing course for the Lulicocha – Huancamachay highway in the San Francisco de Asís distrito de Yarusyacan.

Keywords: Atterberg limits, CBR, modified Proctor.

INTRODUCCIÓN

La investigación denominada: Influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco, comprende cuatro capítulos:

El primer capítulo contempla el planteamiento de problema que describe la realidad actual y se enfoca en la situación problemática. La información mostrada presenta aspectos de las carreteras a nivel de afirmado en la Región Pasco, en las cuales se especifica los diferentes tipos de situaciones. Luego se realiza la formulación del problema, se incluye el objetivo que se persigue a través de la investigación, la Justificación, hipótesis y demás elementos metodológicos que guían la investigación.

El segundo capítulo muestra el Marco Teórico el mismo que contiene los antecedentes o investigaciones anteriores relacionadas con el estudio, las bases teóricas - científicas que está ligado al mejoramiento de suelos arcillosos a nivel de capa de rodadura el cual se pretende mostrar la secuencia metodológica con la cual se pretende resolver el problema.

El tercer capítulo comprende la Metodología donde describe el tipo de Investigación, el diseño de investigación, la población y muestra las técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento de datos y concluye con la selección y validación de los instrumentos de investigación.

En el cuarto capítulo se desarrolló los resultados de la investigación donde se realiza el análisis del escenario de la investigación cenizas de cal para lograr la estabilización de suelos arcillosos, en las cuales se presenta una variedad de pruebas

haciendo una comparativa la resistencia y así identificando lo más óptimo. Por lo tanto, se deberá someter las cenizas de cal en diferentes ensayos para así verificar la combinación óptima.

Se finaliza con las conclusiones, recomendaciones bibliografía y anexos.

El Autor

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Determinación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específico.....	2
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	7
2.2. Bases Teóricas - científicos.....	21

2.3.	Definición de términos básicos.	41
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	42
2.4.1.	Hipótesis General.....	42
2.4.2.	Hipótesis Específicas	42
2.5.	Identificación de las variables	42
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	43

CAPITULO III.

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación	44
3.2.	Nivel de Investigación.....	44
3.3.	Métodos de investigación.....	45
3.4.	Diseño de la Investigación.....	45
3.5.	Población y muestra.	46
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.7.	Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	46
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	47
3.9.	Tratamiento estadístico.....	48
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.	48

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.	Descripción del trabajo de campo	49
4.2.	Presentación análisis e interpretación de resultados.....	56
4.3.	Prueba de hipótesis.	64
4.4.	Discusión de resultados.	66

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Variación de la expansión en la mezcla con adición de 5% de Cal y ceniza volante	17
Figura 2	Variación de la M.D.S. con el contenido de humedad en mezclas de arcilla, C.V. y Cal 5%	18
Figura 3	Variación CBR entre suelo arcilloso, C.V. y Cal 5%	19
Figura 4	CBR del material de cantera sin estabilizar y estabilizado con ceniza Volante, cemento y cal	20
Figura 5	Recreación de las tareas de carga de un horno de cal	23
Figura 6	Proceso para obtener la cal	24
Figura 7	Carguío de muestras de ceniza de cal	24
Figura 8	Clasificación Unificada de suelos	38
Figura 9	Clasificación unificada de suelos	39
Figura 10	Ubicación geográfica del Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan	50
Figura 11	Material arcilloso de la Carretera Lulicocha – Huancamachay	53
Figura 12	Cantera de Cal – Sacra Familia	54
Figura 13	Salida del horno para evacuar la ceniza de cal	55
Figura 14	Extracción de muestras de ceniza de cal	55
Figura 15	Muestras de material Arcilloso	56
Figura 16	Contenido de humedad	58
Figura 17	Contenido de humedad	59
Figura 18	Límites de Atterberg	60
Figura 19	Proctor modificado	61
Figura 20	CBR (MDS 95%)	62
Figura 21	MDS - Compactación	63
Figura 22	MDS - Corregido	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Resultados de los ensayos obtenidos en base a las normativas	9
Tabla 2	California Bearing ratio (CBR)	9
Tabla 3	Porcentajes de esponjamiento de cada California Bearing Ratio (CBR).....	9
Tabla 4	Resultados de ensayos de compactación de materiales con suelo y ceniza volante. 10	
Tabla 5	Resultados de ensayos de compactación de materiales de suelos y Mezcla con ceniza volante y cemento 3%.....	11
Tabla 6	Resultados de expansión de la Mezcla de materiales de suelos arcilloso y ceniza volante	11
Tabla 7	Resultados de expansión de la Mezcla de materiales de suelos arcilloso, ceniza volante y 3% de cemento.....	11
Tabla 8	Resultados de CBR de la Mezcla de materiales de suelos arcilloso y ceniza volante	11
Tabla 9	Resultados de CBR de la Mezcla de materiales de suelos arcilloso, ceniza volante y 3% de cemento.....	12
Tabla 10	Resultados de CBR al 95% DMS con diferentes % de PR – Tramo 01	14
Tabla 11	Resultados de CBR al 95% DMS con diferentes % de PR – Tramo 02	14
Tabla 12	Resumen de resultados de CBR.....	15
Tabla 13	Determinación del % adecuado	15
Tabla 14	Resumen de resultados de CBR.....	15
Tabla 15	Determinación del % adecuado	16
Tabla 16	Resultados de la expansión de la Mezcla de suelos arcillosos con, Ceniza volante y Cal 5%.	17
Tabla 17	Resultados de ensayos de compactación de materiales de suelos y Mezcla con ceniza volante y cal 5%.....	18
Tabla 18	Resultados del ensayo de CBR entre suelo arcilloso, C.V. y Cal 5%.....	18

Tabla 19	Resultado de la expansión en %	20
Tabla 20	Resultados del ensayo de CBR	20
Tabla 21	Identificación de suelos blandos	22
Tabla 22	Clasificación de suelos por el método AASHTO	32
Tabla 23	Clasificación de suelos por el método AASHTO	33
Tabla 24	Variables, Indicadores e Instrumentos	47
Tabla 25	Contenido de humedad	58
Tabla 26	Límites de Atterberg	59
Tabla 27	Clasificación de suelos	60
Tabla 28	Proctor modificado	61
Tabla 29	CBR (MDS 100%).....	62
Tabla 30	MDS - Compactación	62
Tabla 31	Requisitos de calidad que debe cumplir un afirmado.	64
Tabla 32	Requisitos de calidad – Mezcla2 (70% A + 30% C)	64
Tabla 33	Índice de plasticidad arcillas con mucha grava vs Mezcla2	65
Tabla 34	Estudio geotécnico de los diferentes materiales.	67

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Los suelos arcillosos son un problema grande para las construcciones de carreteras porque no permiten llegar a la compactación ideal, además que se expanden al combinarse con el agua y se agrietan cuando se secan, muchas carreteras a nivel nacional sobre todo en la costa y selva del Perú cuentan con suelos arcillosos, así mismo la extracción de suelo de canteras para mejorar la capa de rodadura se hace continuamente ya que para el mejoramiento de las vías usan material de cantera deprestando y dejando zonas abiertas sin remediación.

Por tal motivo la presente tesis es reutilizar materiales que ya fueron usados en otros procesos, en este caso usaremos la ceniza de cal el cuál proviene de los altos hornos para producir la cal, la ceniza de cal o ceniza volante nos ayudará a mejorar las propiedades físicas de los suelos arcillosos disminuyendo así la deprecación de material de cantera.

1.2. Determinación de la investigación

En la presente investigación se toma en cuenta las diferentes investigaciones a nivel internacional y nacional, donde nos da a conocer el mejoramiento de suelos arcillosos a nivel de afirmado en carreteras.

Esta investigación se realizó con el objetivo principal de identificar las características que nos proporciona la incorporación de cenizas de cal en un material de afirmado para la compactación.

Se determinó si los materiales como cenizas de cal y material afirmado arcilloso cumplen con las normas del MTC, establecidas para la realización de compactación de una carretera, con estos antecedentes se procedió a realizar la granulometría, CBR y otros ensayos requeridos correspondiente al tipo de agregado comprobando que se encuentren dentro de los límites establecido.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cómo la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal influye en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

- a.** ¿Cómo incide la ceniza de cal en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?

- b. ¿Cómo influye la ceniza de cal en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?
- c. ¿De qué manera la cantidad de agua influye en la compactación de los suelos arcillosos con ceniza de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Demostrar la influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.

1.4.2. Objetivos Específicos

- d. Determinar la incidencia de la ceniza de cal en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.
- e. Evaluar la influencia de la ceniza de cal en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.
- f. Evaluar la influencia de la cantidad de agua en la compactación de los suelos arcillosos con ceniza de cal para uso como capa de rodadura a nivel de

afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

La ciudad de Cerro de Pasco se encuentra a 4,380 msnm, y sus carreteras se encuentran afectadas por una serie de factores climatológicos, como temperaturas bajas, por lluvia intensa, efectos de flujos de agua superficial y subterránea y por el tránsito pesado de la minería, que afectan la estructura del pavimento y carreteras de Pasco.

El uso de material de préstamo de las diferentes canteras influye en la transformación del paisaje provocando un fuerte impacto en el medio ambiente debido a que en la mayoría de las empresas no prestan la debida atención a dicha actividad. De aquí la necesidad de reutilizar otros materiales para combinar con el material de préstamo y disminuir la extracción de material para mejorar la estructura de las carreteras.

En respuesta a ello, esta investigación desarrollará la proporción adecuada de cenizas de cal para maximizar la resistencia al CBR los suelos de las diferentes canteras que se encuentra en la ciudad de Pasco y así disminuir el espesor de la capa de rodadura y el impacto ambiental que se crea al abrir más canteras para uso en las carreteras.

Importancia y alcances de la investigación.

Esta investigación es importante porque servirá para futuras investigaciones usar apropiadamente las cenizas de cal para estabilización de suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado y para mejorar las carreteras que

cuentan con suelos arcillosos evitando la depredación de nuestra naturaleza usando material de cantera.

Esta investigación se realizó para dar a conocer que las cenizas de cal pueden ser usadas para el mejoramiento de la capacidad portante de los suelos arcillosos, mejorando los suelos con baja capacidad de soporte del Departamento de Pasco, evitando la extracción de material de afirmado que es una forma de impactar con el medio ambiente.

Para comprobar los resultados se realizaron ensayos como clasificaciones de suelos, Proctor modificado y CBR el cuál comprobará el mejoramiento de suelos.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Este trabajo pretende mejorar la capacidad de soporte de los suelos arcillosos que se encuentran en el distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan realizando pruebas en laboratorio, el cual no contempla los procesos de colocación en campo, ni análisis in situ.

Otra limitación es que los laboratorios en la ciudad de Pasco no cuentan con equipos calibrados para realizar los ensayos, y es más aun nuestra casa superior de estudios cuenta con los equipos no calibrados.

Existen muchos tipos de material para estabilización de suelos sin embargo esta investigación se limitará a usar las cenizas de cal, pues el trabajo no tiene por objetivo realizar comparaciones entre los diferentes estabilizadores de suelos.

No existe algún nomograma que nos ayude a estabilizar con la proporción adecuada de Cenizas de cal en los suelos arcillosos, por tal motivo esta investigación solo se basará con los ensayos realizados en el laboratorio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Valles Areas, 2010), realizó un proyecto que tuvo como objetivo la Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos.

La metodología usada en esta investigación fue un diseño de tipo experimental, por que mezclo el suelo arcilloso con cenizas volantes bajas de calcio, con cemento sulfatado resistente tipo V, con escorias granuladas de alto horno y con cal mezclada con fibras fibriladas de polipropileno y analizar cuál de los cuatro métodos estabiliza mejor los suelos arcillosos.

(Valles Areas, 2010), obtuvo del análisis de los cuatro métodos es que todos disminuyen el índice de plasticidad, hinchamiento libre vertical y retracción lineal, así mismo aumentan la resistencia del suelo, sin embargo, la estabilización más

efectiva es el uso del cemento tipo V, por que incrementa la resistencia al corte, reduce el hinchamiento libre, reduce la retracción lineal y el índice de plasticidad.

Está investigación concluye que la mezcla de suelos arcillosos plásticos con 5% de cemento tipo V incrementa la resistencia al corte en un 350% a los 3 días y un 500% a los 14 días, reduce el hinchamiento libre a 1% y 7 días de curado, mientras la adición del 10% de cemento tipo V aumenta la resistencia al corte en un 700% a los 3 días y a los 14 días en un 900%, la segunda mezcla con mejor resultado fue con fibras fibriladas de polipropileno con una dosificación de 8% de cal + 0.30% de fibras la cual reduce el índice de plasticidad, aumenta la resistencia en un 500%, reduce el hinchamiento y retracción lineal del suelo en un 3%, mientras la dosificación de 8% de cal + 0.15% de fibras aumenta la resistencia del suelo en un 400%, la tercera mezcla con escoria granulada de alto horno con un 10% de dosificación incrementa la resistencia al corte en un 200% y 300%, reduce el índice de plasticidad menores a 3% y con una dosificación del 20% la resistencia al corte aumenta en un 300 y 500%, reduce el hinchamiento libre en un 2% y la cuarta mezcla menos optimo es la del suelo arcilloso con cenizas volantes con un 10% y 20% de dosificación la resistencia al corte es de 58% y 100% y la reducción del índice de plasticidad, el hinchamiento y retracción lineal siguen altos por encima del 6%.

(Jácome Macías & Ortiz Hernández, 2022), realizaron una investigación que tuvo como objetivo establecer una nueva técnica de estabilización en suelos de subrasante, mejorando las características del suelo (capacidad de soporte del suelo).

La metodología empleada fue de un diseño de tipo experimental, adicionando al suelo 2 tipos de aditivo el Consolid 444 (CD444) en un 0.032% y

el aditivo Solidry en un 1.5% del peso del suelo, además se realizó una inmersión del material de 72 horas con un tiempo de curado de 72 horas.

(Jácome Macías & Ortiz Hernández, 2022), obtuvieron de la adición de los aditivos Consolid y Solidry los siguientes resultados:

Tabla 1
Resultados de los ensayos obtenidos en base a las normativas

Calicata suelo natural							
N° 200	LL %	LP %	IP %	Proctor kg/m3	Humedad Óptima %	CBR %	Esponjamiento %
75	53.88	33.59	20.29	1514	24	2.12	8.36

Nota. Fuente: Jácome Macías & Ortiz Hernández, 2022

Tabla 2
California Bearing ratio (CBR)

Porcentajes de California Bearing Ratio (CBR)			
Estado natural del suelo	Estado natural del suelo con aditivo en inmersión	Estado natural del suelo con aditivo y tiempo de curado sin inmersión	Estado natural del suelo con aditivo más tiempo de curado en inmersión
8.36%	8.30%	20%	12.40%

Nota. Fuente: Jácome Macías & Ortiz Hernández, 2022

Tabla 3
Porcentajes de esponjamiento de cada California Bearing Ratio (CBR)

Porcentajes de California Bearing Ratio (CBR)			
Estado natural del suelo	Estado natural del suelo con aditivo en inmersión	Estado natural del suelo con aditivo y tiempo de curado	Estado natural del suelo con aditivo más tiempo de curado en inmersión
8.36%	2.08%	-	1.15%

Nota. Fuente: Jácome Macías & Ortiz Hernández, 2022

Esta investigación concluye que el porcentaje óptimo de Consolid 444 (CD444) con un 0.032% del peso del suelo y el aditivo Solidry con 1.5% del peso

del suelo aumentan la capacidad resistente del suelo en un 2.12% con un tiempo de curado de 72 horas más un tiempo de inmersión de 72 horas mientras que el CBR del suelo sin aditivos es de 2.12 % con aditivo y sumergido es de 8.3%, con aditivo y tiempo de curado es de 20%, con aditivo más tiempo de curado y sumergido es de 12.4%. Por tanto, la adición de ambos aditivos con el tiempo de curado mejora significativamente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Pérez Collantes, 2012), realizó una tesis que tuvo como objetivo Estabilizar suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante o sub base de pavimentos.

La metodología aplicada en dicha investigación fue un diseño de forma experimental, mezclando el suelo arcilloso con la ceniza volante de carbón, para dicho experimento se mezcló diferentes porcentajes de ceniza volante (20%, 40%, 7%,17%) con diferentes porcentajes de suelo arcilloso (80%, 60%, 90%) para todos los diseños de mezclas se usaron los mismos materiales y realizando los mismos ensayos.

(Pérez Collantes, 2012), obtuvo del estudio de la utilización de ceniza volante de carbón para estabilizar suelos arcillosos los siguientes resultados:

Tabla 4
Resultados de ensayos de compactación de materiales con suelo y ceniza volante.

Material (Mezcla)	Proctor Modificado	
	Óptimo contenido de humedad %(OCH)	Máxima densidad seca g/cm ³ (MDS)
S	21,5	1,646
80% S+20% CV	21,0	1,639
60% S+40% CV	19,3	1,648
CV	20,9	1,555

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Tabla 5

Resultados de ensayos de compactación de materiales de suelos y Mezcla con ceniza volante y cemento 3%

Material (Mezcla)	Proctor Modificado	
	Óptimo contenido de humedad %(OCH)	Máxima densidad seca g/cm³ (MDS)
S	21,5	1,646
90%S+7%CV+3%C	21,2	1,629
80%S+17%CV+3%C	20,1	1,633
70%S+27%CV+3%C	19,4	1,622
CV	20,9	1,555

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Tabla 6

Resultados de expansión de la Mezcla de materiales de suelos arcillosos y cenizas volante

Material/ Mezcla	Símbolo	Expansión a los 4 días (%)
Suelo	S	5,7
Mezcla N° 1	80%S+20%CV	1,2
Mezcla N° 2	60%S+40%CV	0,7

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Tabla 7

Resultados de expansión de la Mezcla de materiales de suelos arcillosos, ceniza volante y 3% de cemento

Material/ Mezcla	Símbolo	Expansión a los 4 días (%)
Suelo	S	5,7
Mezcla N° 1	90%S+7%CV+3%C	3,9
Mezcla N° 2	80%S+17%CV+3%C	3,6
Mezcla N° 3	70%S+27%CV+3%C	2,5

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Tabla 8

Resultados de CBR de la Mezcla de materiales de suelos arcilloso y ceniza volante

Material/ Mezcla	Símbolo	CBR (%)
Suelo	S	7,7
Mezcla N° 1	80%S+20%CV	16,9
Mezcla N° 2	60%S+40%CV	23,5

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Tabla 9
Resultados de CBR de la Mezcla de materiales de suelos arcillosos, ceniza volante y 3% de cemento

Material/ Mezcla	Símbolo	Expansión a los 4 días (%)
Suelo	S	7,7
Mezcla N° 1	90%S+7%CV+3%C	21,9
Mezcla N° 2	80%S+17%CV+3%C	39,3
Mezcla N° 3	70%S+27%CV+3%C	51,0

Nota. Fuente: Pérez Collantes, 2012.

Está investigación tiene como resultados de las tablas mostradas, que a medida que aumenta el porcentaje de ceniza volante y disminuye el porcentaje de suelo arcilloso la expansión se reduce el CBR aumenta más aun cuando se considera en las mezclas el 3% de cemento aumenta en un 50% más su resistencia.

Está investigación concluye que las cenizas volantes funcionan como aditivo inhibidor de las propiedades expansivas del material, y que requiere adicionar ceniza volante en cantidades excesivas, además de la Mezclade suelo arcilloso con cenizas volantes y 3% de cemento genera buenos resultados para mejorar suelos arcillosos.

(Ramos Hinojosa, 2014), realizó una tesis que tuvo como objetivo, Mejorar la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras.

La metodología desarrollada en esta investigación fue de tipo experimental, porque se analizaron en laboratorio la mezcla de suelo de baja capacidad portante con diferentes tipos de porcentaje de polímero tipo pet (0,5%, 1,0%, 1,5% y 2%) adicionalmente en esta Mezclase usó cal para mejorar la capacidad portante del suelo.

El autor indica que los resultados de esta investigación de la Mezcla de suelos de baja capacidad portante con polímeros tipo pet, las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 10
Resultados de CBR al 95% DMS con diferentes % de PR – Tramo 01

		ENSAYO N°1			ENSAYO N°2			ENSAYO N°3			ENSAYO N°4			
		0,5% del PSS			1,0% del PSS			1,5% del PSS			2,0% del PSS			
N° Golpes		56	25	10	56	25	10	56	25	10	56	25	10	
P.E.Seco	g/cm3	1,886	1,782	1,716	1,865	1,766	1,695	1,847	1,75	1,679	1,825	1,728	1,66	
Expansión	%	1,24	1,7	2,06	1,22	1,68	2,14	1,10	1,58	1,96	1,000	1,48	1,82	
Absorción	%	2,84	3,43	6,71	2,34	3,64	5,96	2,52	3,30	6,27	2,39	3,48	6,45	
Esfuerzo	Kg/cm2	0,1”	4,94	4,48	2,99	5,35	4,83	3,22	5,52	5,00	3,27	5,29	4,77	3,16
		0,2”	9,91	8,81	5,23	10,84	9,68	5,75	11,25	10,03	5,93	10,67	9,51	5,64
Esfuerzo corregido	Kg/cm2	0,1”	4,94	4,48	2,99	5,35	4,83	3,22	5,52	5,00	3,27	5,29	4,77	3,16
		0,2”	9,91	8,81	5,23	10,84	9,68	5,75	11,25	10,03	5,93	10,67	9,51	5,64
Valor de CBR	%	0,1”	7,02	6,36	4,24	7,59	6,85	4,56	7,84	7,1	4,65	7,51	6,77	4,48
		0,2”	9,38	8,34	4,95	10,26	9,16	5,44	10,64	9,49	5,61	10,09	9,00	5,33

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 2014

Tabla 11
Resultados de CBR al 95% DMS con diferentes % de PR – Tramo 02

		ENSAYO N°1			ENSAYO N°2			ENSAYO N°3			ENSAYO N°4			
		0,5% del PSS			1,0% del PSS			1,5% del PSS			2,0% del PSS			
N° Golpes		56	25	10	56	25	10	56	25	10	56	25	10	
P.E.Seco	g/cm3	1,926	1,824	1,752	1,911	1,809	1,739	1,847	1,749	1,68	1,882	1,782	1,711	
Expansión	%	1,64	2,26	2,5	1,6	2,22	2,54	1,64	2,24	2,52	1,7	2,38	2,60	
Absorción	%	4,03	6,38	11,53	3,17	5,12	9,91	3,36	5,62	10,1	3,3	4,88	8,95	
Esfuerzo	Kg/cm2	0,1”	3,33	3,1	2,24	3,62	3,27	2,41	3,73	3,39	2,47	3,5	4,88	8,95
		0,2”	6,1	5,46	3,5	6,1	5,93	3,73	6,91	6,16	3,91	6,39	5,75	3,62
3,62	Kg/cm2	0,1”	3,33	3,1	2,24	3,62	3,27	2,41	3,73	3,39	2,47	3,5	3,22	2,35
		0,2”	6,1	5,46	3,5	6,1	5,93	3,73	6,91	6,16	3,91	6,39	5,75	3,62
Valor de CBR	%	0,1”	4,73	4,4	3,17	5,14	4,65	3,42	5,3	4,81	3,5	4,97	4,56	3,34
		0,2”	5,77	5,17	3,32	5,77	5,61	3,53	6,54	5,83	3,7	6,04	5,44	3,42

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 201

Analizando los resultados del tramo N° 01 se aprecia que el porcentaje adecuado para la estabilización de suelos con polímero reciclados es de 1,5 %, obteniendo un CBR de 7,17%, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 12
Resumen de resultados de CBR

	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4	
CBR	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''
100% MDS	7,00%	9,40%	7,60%	10,30%	7,80%	10,60%	7,50%	10,10%
95% MDS	6,50%	8,55%	6,96%	9,30%	7,17%	9,60%	6,87%	9,15%

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 2014

Tabla 13
Determinación del % adecuado

% de Polímero	CBR	% Incremento
0,00%	5,76%	-----
0,50%	6,50%	12,78%
1,00%	6,96%	20,76%
1,50%	7,17%	24,41%
2,00%	6,87%	19,20%

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 2014

Analizando los resultados del tramo N° 02 se aprecia que el porcentaje adecuado para la estabilización de suelos con polímero reciclados es de 1,5 %, obteniendo un 4,85% de CBR tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 14
Resumen de resultados de CBR

	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4	
CBR	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''	0,1''	0,2''
100% MDS	4,70%	5,80%	5,10%	5,80%	5,30%	6,50%	5,00%	6,00%
95% MDS	4,45%	5,20%	4,70%	5,65%	4,85%	5,90%	4,64%	5,52%

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 2014

Tabla 15
Determinación del % adecuado

% de Polímero	CBR	% Incremento
0,00%	3,77%	-----
0,50%	4,45%	18,04%
1,00%	4,70%	24,67%
1,50%	4,85%	28,65%
2,00%	4,64%	23,08%

Nota. Fuente: Ramos Hinojosa, 2014

Esta investigación concluye que con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, tal como se muestra en los resultados que al adicionar 1,5% de PR del peso seco del suelo se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26%.

(Huancoillo Humpiri, 2017), realizó una tesis que tuvo como objetivo analizar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con el uso de ceniza volante y cal que conforma la base de la carretera no pavimentada DV. Huancané - Chupa.

La metodología desarrollada en esta investigación fue de tipo experimental, porque se ensayaron en el laboratorio mezclas de suelos arcillosos con ceniza volante y 5% de cal para evaluar la expansión de las mezclas de suelos y el CBR al 100% de la M.D.S.

El autor indica que los resultados de esta investigación de la Mezcla de suelos arcillosos con ceniza volante y 5% de cal las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 16

Resultados de la expansión de la Mezcla de suelos arcillosos con, Ceniza volante y Cal 5%.

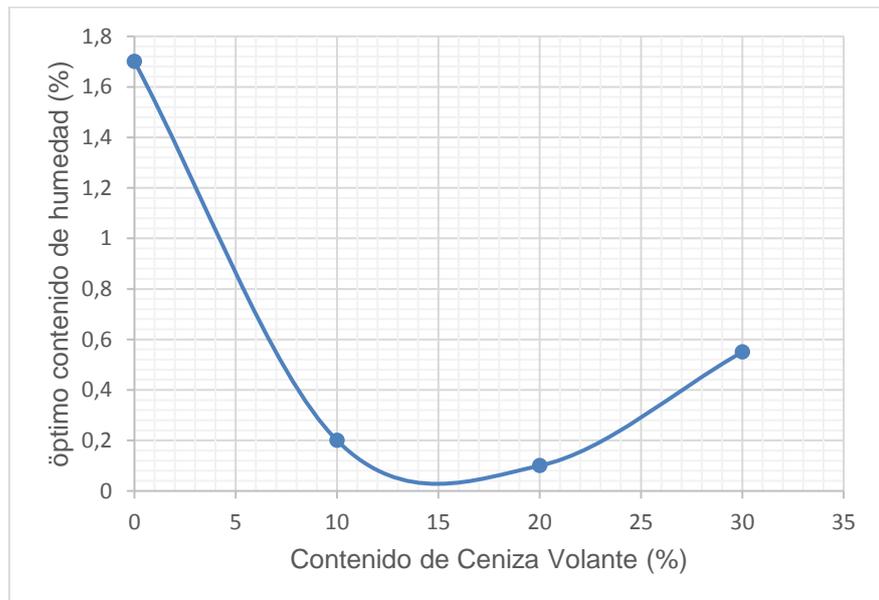
Material/Mezcla	Símbolo	Expansión
Suelo	S	1,67
Mezcla N°1	S90%/CV5%/C5%	0,13
Mezcla N°2	S80%/CV15%/C5%	0,12
Mezcla N°3	S70%/CV25%/C5%	0,74

Nota. Fuente: Huancoillo Humpiri, 2017.

En la tabla 13 y figura 1 muestran que las mezclas realizadas disminuyen la expansión, aumentando la capacidad de soporte del suelo en estudio.

Figura 1

Variación de la expansión en la mezcla con adición de 5% de Cal y ceniza volante



Nota. Adaptado la tesis *Mejoramiento de suelo arcillosos con ceniza volante y cal* (p, 95) , por Huancoillo Humpiri, 2017.

Mientras que en la tabla 14 y figura 2, producto de las mezclas de suelo arcilloso con ceniza volante y 5% de cal se observa que la máxima densidad seca (MDS) disminuye debido a la baja densidad de la ceniza volante y la cal.

Tabla 17

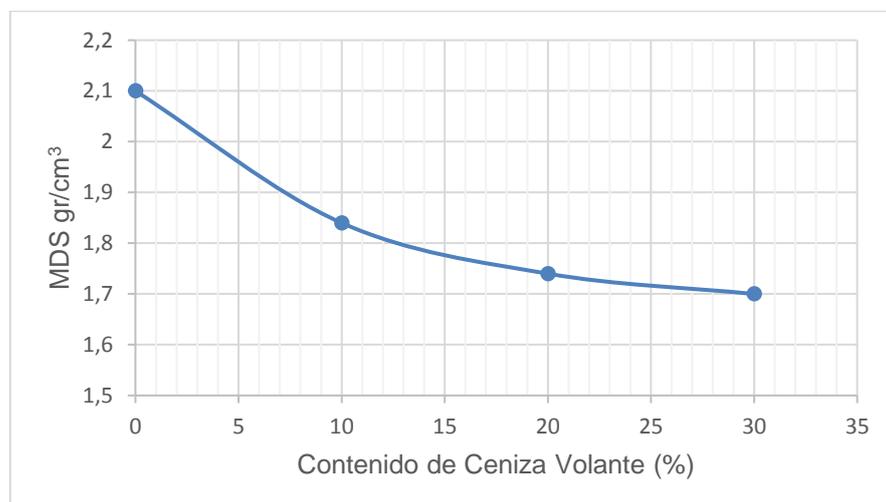
Resultados de ensayos de compactación de materiales de suelos y Mezcla con ceniza volante y cal 5%

Material/ Mezcla	Proctor modificado	
	Óptimo contenido de humedad (OCH%)	Máxima densidad seca (MDS)
S	10,45	2,092
S90%/CV5%/C5%	10,12	1,837
S80%/CV15%/C5%	10,03	1,737
S70%/CV25%/C5%	9,5	1,694
CV	20,9	1,555

Nota. Fuente: Huancoillo Humpiri, 2017.

Figura 2

Variación de la M.D.S. con el contenido de humedad en mezclas de arcilla, C.V. y Cal 5%



Nota. Adaptado la tesis *Mejoramiento de suelo arcillosos con ceniza volante y cal* (p, 97) , por Huancoillo Humpiri, 2017.

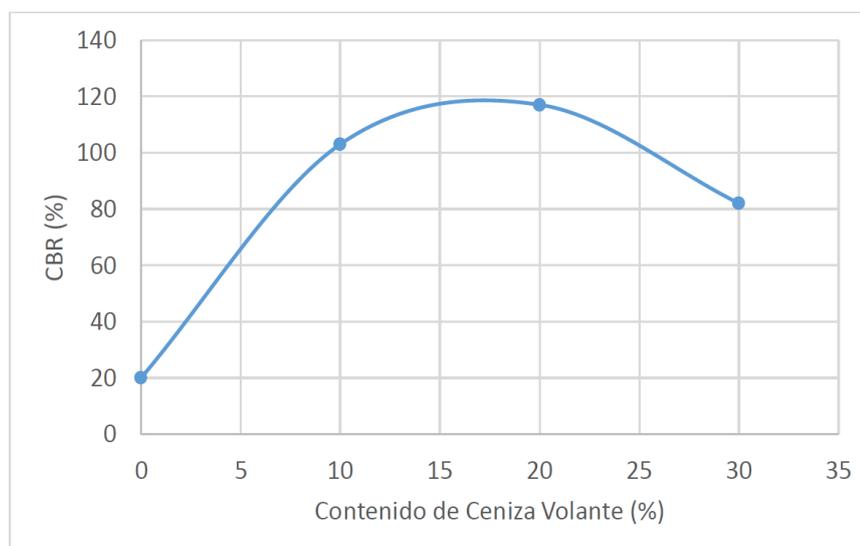
Tabla 18

Resultados del ensayo de CBR entre suelo arcilloso, C.V. y Cal 5%

Material/Mezcla	Símbolo	CBR al 100% de la MDS (%)
Suelo	S	20
Mezcla N°1	S90%/CV5%/C5%	103
Mezcla N°2	S80%/CV15%/C5%	123
Mezcla N°3	S70%/CV25%/C5%	80

Nota. Fuente: Huancoillo Humpiri, 2017.

Figura 3
Variación CBR entre suelo arcilloso, C.V. y Cal 5%



Nota. Adaptado la tesis *Mejoramiento de suelo arcillosos con ceniza volante y cal* (p, 99) , por Huancoillo Humpiri, 2017.

En la tabla 15 y figura 3 se observa que el CBR aumenta considerablemente al ensayar las combinaciones, por tanto, podemos concluir que la mezcla 2 es la ideal por que alcanza el CBR más alto.

Esta investigación concluye que el valor de soporte relativo de suelo estabilizado con ceniza volante al 15% y cal al 5% es la más óptima por que alcanza el porcentaje más alto de CBR (123%), además todas las combinaciones cumplen con las especificaciones técnicas del MTC las cuáles indican que el CBR al 95% de M.D.S. es 40% min y el CBR al 100% de M.D.S. es 40% min.

2.1.3. Antecedentes Nacionales

(Gonzales Carpio, 2018), realizó una tesis que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la aplicación de ceniza volante, cemento y cal para la estabilización de suelos y su empleo como material de subrasante mejorada.

La metodología desarrollada en esta investigación fue de tipo experimental, debido a que se manipula de forma intencional una de las variables.

(Gonzales Carpio, 2018), indica que los resultados de esta investigación de la Mezcla de suelos arcillosos con ceniza volante, cemento y cal para la estabilización de suelos y su empleo como material de subrasante mejorada, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 19
Resultado de la expansión en %

Material/Muestra	Expansión (%)
M – 01 (S)	0,12
M – 02 (S90/CV6/C3/C1)	0,01
M – 03 (S80/CV16/C3/C1)	0,02
M – 04 (S70/CV26/C3/C1)	0,02

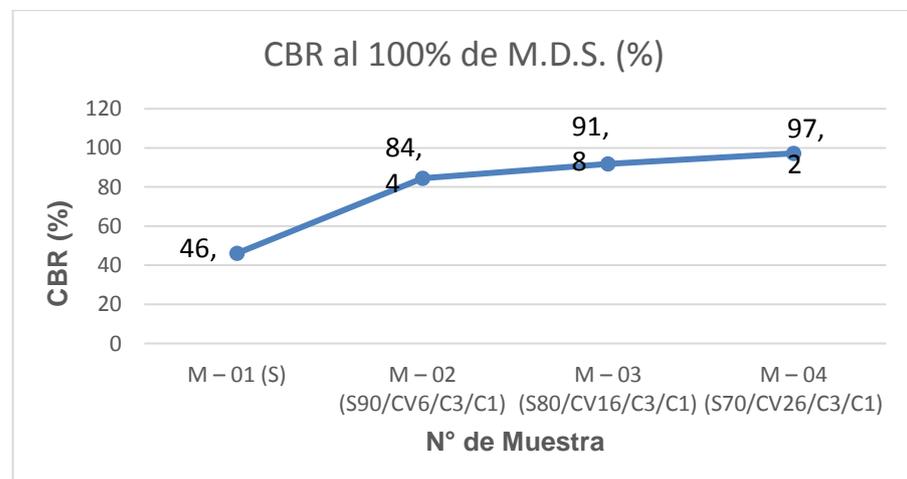
Nota. Fuente: Gonzales Carpio, 2018.

Tabla 20
Resultados del ensayo de CBR

Material/Muestra	CBR al 95% de M.D.S. (%)	CBR al 100% de M.D.S. (%)
M – 01 (S)	33,10	46,10
M – 02 (S90/CV6/C3/C1)	63,80	84,40
M – 03 (S80/CV16/C3/C1)	52,70	91,80
M – 04 (S70/CV26/C3/C1)	64,20	97,20
Especificación Técnica	40% min	40% min

Nota. Fuente: Gonzales Carpio, 2018.

Figura 4
CBR del material de cantera sin estabilizar y estabilizado con ceniza Volante, cemento y cal



Nota. Adaptado del *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para sub rasante con ceniza volante y cal* (p, 100) , por Gonzales Carpio, 2018.

El autor concluye que el CBR al 95% de M.D.S. % del suelo arcilloso (M – 01) es de 33,10% la cual no alcanza según la especificación técnica la cual tiene un rango de 40 % como mínimo mientras que el CBR al 100% de M.D.S. % es de 46,10% el cuál cumple con la especificación técnica, mientras que con las combinaciones con ceniza volante, cemento y cal (M – 02, M – 03 y M – 04) cumplen con la especificación técnica porque se obtuvo un resultado mayor al 40% como mínimo, por lo que el uso de la ceniza volante adicionando cemento cal mejoran la capacidad de soporte del suelo.

2.2. Bases Teóricas - científicos

2.2.1. Suelos arcillosos blandos compresibles y suelos orgánicos

Según Montejo Fonseca (2006), por las condiciones climáticas de zona tropical con elevadas humedades, altos porcentajes de saturación en el aire y niveles freáticos superficiales ocasionados por las características de drenaje natural, son frecuentes los depósitos de arcillas blandas altamente compresibles y de suelos orgánicos de deficientes características.

Si durante el proceso de exploración y muestreo se detectan posibles depósitos de estos suelos, se recomienda definir con mayor exactitud la extensión del depósito y la compresibilidad del mismo. Algunos valores que sirven para identificar este tipo de suelos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 21
Identificación de suelos blandos

Tipo de suelo	Resistencia compresión (kg/cm²)	Límite líquido (%)	Índice de liquidez (IL)
Muy blando	< 0,25	> 100	> 1,0

Nota: Fuente: *Montejo Fonseca, 2006.*

2.2.2. Suelos expansivos

Según Montejo Fonseca (2006), se denomina suelos expansivos aquellos que muestran un cambio volumétrico significativo bajo la presencia de agua.

Durante procesos constructivos relacionados con vías terrestres, es factible encontrar algunos materiales rocosos expansivos como son las arcillolitas y suelos arcillosos o suelos residuales que se han formado de rocas existentes o sedimentos. Estos suelos arcillosos poseen características expansivas debido a las características de la roca que los origina (generalmente arcillolitas) y/o proceso de meteorización bajo el cual se han formado.

El mineral arcilloso más activo es la montmorillonita y bajo ciertas condiciones la clorita y la vermiculita. Las caolinitas y las illitas no son consideradas activas sin embargo, pueden contribuir a las propiedades expansivas de los suelos, si se encuentran en apreciable cantidad.

2.2.3. Cenizas de cal

Las cenizas de cal son materiales producto de la producción de cal en hornos que tienen una tecnología antigua de más de 2,000 años. El proceso de cocción de la piedra caliza o canto rodado se realiza a temperaturas superiores a los 900° C para producir cal viva, que luego es apagada con agua para producir cal hidratada.

El proceso químico de cocción de la cal muestra que el principal constituyente en la materia prima (piedra caliza) es el carbonato de calcio.

Las cenizas provienen del residuo de la producción de cal y inicia desde el proceso de producción con la selección de la materia prima del entorno más inmediato: la piedra calcárea para generar cal viva y ceniza de cal.

La piedra caliza debe presentar una textura lisa y un color blanquecino, ya que ésta es más fácil de trabajar y se descompone y cuece mejor. Este tipo de piedra se encuentra en los peñascos y en suelos que alguna vez fueron ríos, en este caso el Centro Poblado de Sacra Familia la piedra se encuentra en grandes cantidades ya que la zona antiguamente contenía agua por tanto los hornos se localizan cerca de las canteras de piedra caliza.

Figura 5

Recreación de las tareas de carga de un horno de cal



La ceniza de cal es el residuo que se separa de la cal, la ceniza que sale del horno es un material granulado, este tipo de material sirve para la construcción

de ladrillos, muros y en Mezcla con el suelo resulta favorable porque aumenta la capacidad portante del suelo ya que contiene cal.

Figura 6
Proceso para obtener la cal.



Figura 7
Carguío de muestras de ceniza de cal.



2.2.4. Estabilización de Suelos

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.), (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la subrasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por Mezclade suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial,

puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible.
(MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

2.2.5. Tipos de Estabilización

Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad. Las tres formas de lograrlo son las siguientes:

2.2.5.1. Estabilización Física

Este se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varios métodos como lo son:

- **Estabilización por Mezclade Suelos**

La estabilización por Mezclade suelos considera la mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo.

El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) y luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto.
(MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

- **Estabilización por Sustitución de los Suelos**

Cuando se prevea la construcción de la subrasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación.

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo. Una vez alcanzado el nivel de excavación indicado, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación en capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas. (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

2.2.5.2. Estabilización por Medios Mecánicos:

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

- **Compactación:**

Es el más conocido, pero entre los que las mezclas de suelos se utilizan también muy frecuentemente. (Montejo Fonseca, 2006).

2.2.5.3. Estabilización Química:

Según el MTC (2013), se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso, existe diferentes tipos de estabilización química y se mencionan a continuación:

- Suelos estabilizados con cal.
- Suelos estabilizados con cemento.
- Suelos estabilizados con escoria.
- Estabilización con cloruro de sodio.
- Estabilización con cloruro de calcio.
- Estabilización con cloruro de magnesio.

2.2.6. Clasificación de los suelos.

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentada. (Montejo Fonseca, 2006).

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), (Montejo Fonseca, 2006).

2.2.6.1. Clasificación de suelos AASHTO.

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A – 1 al A – 8.

En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A – 1 al A – 7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 sub grupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A – 8. (Montejo Fonseca, 2006).

Descripción de los grupos de clasificación.

a. Suelos granulares: Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman grupos A – 1, A – 2 y A – 3.

Grupo A – 1: El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

Subgrupo A-1a : Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Subgrupo A-1b : Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante.

Grupo A – 2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.

Subgrupos A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos Subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y a-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo, o índices de Grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1. Así mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Grupo A – 3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

- b. Suelos finos limo arcillosos:** Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Grupo A-4: Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

Grupo A-5: Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los de anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

Grupo A-6: El material típico de este grupo es la racilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero

se incluyen también las mezclas arcillo – arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados.

Grupo A-7-5: Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

Subgrupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además, experimentan cambios de volumen extremadamente grandes.

Las características de los diferentes grupos y subgrupos, y el procedimiento de clasificación se presentan en las tablas.

Índices de grupo: Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz número 200, los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos, entre 8 y 12 y los de suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más. Cuando se indica un índice de grupo hay que colocarlo entre paréntesis. Así, por ejemplo, A-2-4 (1), quiere decir un suelo A-2-4 cuyo índice de grupo es 1.

Tabla 22
Clasificación de suelos por el método AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35%, ó menos, pasa el tamiz N° 200)			Materiales limo - arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1	A-3*	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Porcentaje que pasa el tamiz:							
N° 10 (2.00 mm)							
N° 40 (0.425 mm)							-----
N° 200 (0.075 mm)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	51 máx.
	50 máx.	51 máx.	50 máx.	51 máx.	50 máx.	51 máx.	
							10 mín.
	25 máx.	10 mín.	25 máx.	10 mín.	25 máx.	10 mín.	
Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425 mm):							
Límite Líquido	-----	-----	-----	40 máx.			
Índice de Plasticidad.	6 máx.	N.P.	-----	51 máx.	41 mín.	40 máx.	40 mín.
					10 máx.	11 mín.	11 mín.

*La colocación de A-3 antes A-2, se hace únicamente por razones de ordenamiento de cantidades.

Nota. Fuente: Montejo Fonseca, 2006.

Tabla 23
Clasificación de suelos por el método AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos, pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo - arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A - 1		A - 2					A-4	A-5	A-6	A-7
	Subgrupos	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10 (2.00 mm)	50máx	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
N°40 (0.425 mm)	30máx	50máx	51máx	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
N°200 (0.075mm)	15máx	25máx	10máx	35máx	35máx	35máx	35máx	36máx	36máx	36máx	
Características del material que pasa el tamiz: N° 40 (0.425 mm)		_____	_____								
Límite líquido											
Índice de Plasticidad		6 máx	NP	40máx> 10máx	41máx> 10máx	40máx> 11máx	41máx> 11máx	40máx> 10máx	41máx> 10máx	40máx> 11máx	41máx> 11máx
Terreno de fundación	de	Excelente a bueno		Excelente a bueno				Regular a malo			
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30											
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es igual o menor a LL-30											

Nota. Fuente: Montejo Fonseca, 2006.

El índice de grupo se calcula con la fórmula:

$$IG = (F-35) [0.2 + 0.05 (LL-40)] + 0.01 (F-15) (IP-10)$$

Donde:

IG = Índice de grupo.

F = Porcentaje del suelo que pasa por el tamiz N° 200, expresado como número entero.

LL = Límite líquido.

IP = índice de plasticidad.

El índice de grupo siempre se reporta aproximándolo al número entero más cercano, a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reporta como cero. (Montejo Fonseca, 2006).

2.2.6.2. Clasificación Unificada de suelos.

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos.

Esta clasificación divide los suelos en:

- Suelos de grano grueso.
- Suelos de grano fino.
- Suelos orgánicos.

Los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es

grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos gruesos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Suelos gruesos.

Se dividen en gravas (G) y arenas (S) y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo G, si más del 50% del peso de su fracción gruesa queda retenido en el tamiz N° 4 y pertenecerá al grupo S, en caso contrario.

Tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) y (SW, SP, SM, SC), respectivamente, como se explica a continuación.

Gravas.

- Si el porcentaje de finos, contenidos en la grava, es menor del 5% la grava puede ser bien gradada (GW), si cumple que el coeficiente de curvatura (C_c) presente un valor entre 1 y 3 y el coeficiente de uniformidad (C_u) sea mayor de 4, si no cumple los coeficientes anteriores la grava será mal gradada (GP).

En el símbolo GW, el prefijo G (gravel) se refiere pobremente graduadas o mal graduadas (poorly graded gravel).

- Si el porcentaje de finos, contenido en la grava, es mayor del 12% la grava puede ser GC si los finos son arcilla y GM si los finos son limo. El símbolo GM indica gravas limosas, en la que el sufijo M proviene del sueco mo, y el símbolo GC indica gravas arcillosas. El sufijo C indica arcilla (clay).
- Si el porcentaje de finos está entre 5 y 12%, se usa símbolo doble, por ejemplo, GW-GC.

Arenas

- Si el porcentaje de finos, contenido en la arena, es menor del 5%, la arena puede ser, bien gradada (SW) si cumple que $1 < C_c < 3$ y $C_u > 6$ si no cumple los coeficientes anteriores, la arena será mal gradada (SP).
- Si el porcentaje de finos, contenido en la arena, es mayor del 12%, la arena puede ser arcillosa (SC), si los finos son arcilla, o limosa (SM) si los finos son limo.
- Si el porcentaje de finos esta entre 5 y 12% se usa símbolo doble, por ejemplo, SP – SM.

Los coeficientes de curvatura (C_c) y de uniformidad (C_u) que permiten comparar y calificar granulometrías se definen así:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Suelos finos.

El sistema unificado considera los suelos finos divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C), y limos orgánicos (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez, según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LL = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low Compresibilidad). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compresibilidad). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

ML = Limos inorgánicos de bajas compresibilidad.

OL = Limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad.

CL = Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH = Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH = Limos orgánicos de alta compresibilidad.

OH = Arcillas y limos orgánicos de alta compresibilidad.

Los suelos altamente orgánicos, como las turbas se designan con el símbolo Pt.

Perfil de suelos.

Un perfil de suelo es una sección vertical del suelo a través de todos sus horizontes y se extiende dentro de las variaciones que pueden ocurrir en un perfil dado.

Figura 8
Clasificación Unificada de suelos

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			SÍMBO- LOS DEL GRUPO	
<p>SUELOS DE PARTÍCULAS GRUEVAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº 200 (4.75)</p>	<p>ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº 4</p> <p>(Usase la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)</p>	<p>ARENAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	SW	
		<p>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	SP	
		<p>ARENAS LIMPAS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	SM	
		<p>ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)</p>	SC	
		<p>GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	GW	
		<p>GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS)</p>	GP	
	<p>GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº 4</p>	<p>GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS)</p>	GM	
		<p>GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS)</p>	GC	
		<p>DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - MUESTRADA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº 200) LOS SUELOS GRUEVOS SE CLASIFICAN COMO SIQUER MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC</p>		<p>COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 4</p> <p>COEF DE CURVATURA (C_c) = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3</p>
		<p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW</p>		<p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6</p>
		<p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6</p>		<p>C_u = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 6</p> <p>C_c = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3</p>
		<p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW</p>		<p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6</p>
<p>LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6</p>				
<p>SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)</p>	<p>LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50</p>	ML	<p>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G: GRAVA M: LIMO O: SUELOS ORGÁNICOS W: BIEN GRADUADOS L: BAJA COMPRESIBILIDAD S: ARENA C: ARCILLA P: TURBA P: MAL GRADUADA H: ALTA COMPRESIBILIDAD</p>	
		CL		
		OL		
	<p>LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50</p>	MH		
		CH		
		OH		
<p>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</p>		P _t	<p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO</p> <p>INDICE PLÁSTICO</p> <p>LÍMITE LÍQUIDO</p> <p>CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS EN EL LABORATORIO</p>	

↳ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS US. STANDARD

Nota. Fuente: Montejó Fonseca, 2006

Figura 9
Clasificación unificada de suelos.

Procedimiento de identificación en el campo (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm. (3")) y basando las fracciones en pesos estimados)				Símbolos del grupo (*)	
Suelos de partículas gruesas Más de la mitad del material es retenido en la malla No. 200 (:))	Cravas Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Cravas limpias (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	
			Predominio de un tamaño a un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.	GP	
		Cravas con finos (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (para identificación, véase grupo ML abajo).	GM	
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL abajo).	GC	
		Arenas Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	SW
				Promedio de un tamaño o un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.	SP
	Arenas con finos (Cantidad apreciable de partículas finas)		Fracción fina poco o nada plástica (para identificación véase grupo ML abajo).	SM	
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL abajo).	SC	
	Suelos de partículas finas Más de la mitad del material pasa la malla No. 200 (Las partículas de 0.074 mm. de diámetro (malla No. 200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista)	Procedimientos de identificación en la fracción que pasa la malla No. 40			
		Limos y arcillas Límite líquido menor de 50	Resistencia en Edo. seco (Características al rompimiento)	Dilatancia Reacción al agitado	Tenacidad (Consistencia cerca del límite plástico)
Nula a ligera			Rápida a lenta	Nula	ML
Medía a alta			Nula a muy lenta	Medía	CL
Limos y arcillas Límite líquido mayor de 50		Ligera a media	Lenta	Ligera	OL
		Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH
Medía a alta		Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	
Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificables por color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			Pt

Nota. Fuente: Montejo Fonseca, 2006

2.2.7. Ensayos de Laboratorio.

Según el MTC (2013), los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC (vigente) y serán las que señalen las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (vigente).

Los ensayos de los materiales deberán ser de dos tipos:

- Estrato por estrato
- Del conjunto de los materiales

Los ensayos deben ser ejecutados en laboratorios competentes que cuenten con:

- Personal calificado
- Instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos
- Métodos y procedimientos apropiados para la realización de los ensayos, siguiendo las Normas de Ensayos del MTC o normas internacionales como ASTM o AASHTO, incluyendo técnicas estadísticas para el análisis de los datos de ensayo.
- Equipos debidamente calibrados, que garanticen la exactitud o validez de los resultados de los ensayos. Antes del inicio de los ensayos o de la puesta en servicio el proveedor debe presentar los respectivos certificados de calibración de sus equipos, emitidos por Laboratorios de Calibración acreditados.
- Aseguramiento de calidad de los resultados de los ensayos.
- Informe de resultados de cada ensayo, presentado en forma de informe de ensayo o certificado de ensayo, que exprese el resultado de manera exacta,

clara, sin ambigüedades y objetivamente, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo.

2.3. Definición de términos básicos.

2.3.1. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

2.3.2. Capacidad portante

La capacidad portante en carreteras es el empleo del ensayo CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio para determinar la resistencia de los suelos con fines de diseño de pavimentos (Montejo Fonseca, 2006).

2.3.3. Suelos arcillosos

Suelos arcillosos o suelos residuales que se han formado de rocas existentes o sedimentos. Estos suelos arcillosos poseen características expansivas debido a las características de la roca que los origina (generalmente arcillolitas) y proceso de meteorización bajo el cual se han formado. (Montejo Fonseca, 2006).

2.3.4. Cenizas de cal

La ceniza de cal es el residuo que se separa de la cal, la ceniza que sale del horno es un material granulado, este tipo de material sirve para la construcción de ladrillos, muros y en Mezcla con el suelo resulta favorable porque aumenta la capacidad portante del suelo ya que contiene cal.

2.4. Formulación de Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General.

La estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal influye en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a.** La ceniza de cal incide en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco
- b.** La ceniza de cal influye en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco.
- c.** La cantidad de agua influye en la compactación de los suelos arcillosos con cenizas de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1 Variable Independiente

Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal

2.5.2. Variable Dependiente

Capacidad portante.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Items	Indicador	Norma	Instrumento y escala		
VI: Suelos Arcillosos Con Cenizas de Cal	Según Cervera (2016), afirma que “El uso de Cenizas de Cal es bueno en su reutilización en aquellos países que existen normas ambientales” (p.30).	Cervera (2016) afirma que “El uso del tratamiento la cal es bueno en su reutilización en aquellos países que existen normas ambientales” (p. 30).	Caucho	1	Tamaño	Manual de Carreteras EG 2013 – MTC NTP 400.012, ASTM D-422 Y AASHTO T-127. (ASTM D 2041 ASTM 1559	Cuestionario		
				2	Cantidad		Observación		
VD: Capacidad portante	Según Paredes Matta (2009), confirma que “El Comportamiento de capacidad portante se da por la calidad de material que deberá cumplir con las normas vigentes y se utilizará para realizar un diseño de material de compactación; considerando al módulo dinámico como propiedad mecánica a unas mezclas de otras” (p.15)	Según Ballena(2013), confirma que “La granulometría es la clasificación a la medición que se lleva a cabo los materiales, haciendo pasar una muestra representativa por los tamices de mayor a menor abertura, según lo normado por el MTC” (p.37).	Resistencia	3	Flujo		Cuestionario		
				4	Capacidad Portante				
			a	Ensayo compresión	5			Volumen	Observación
					6			Peso	
					7			de Contenido Cal	
			Vacíos	8	% Vacíos de aire			Fotografías	
				9	Vacíos del agregado mineral				
				10	Vacíos lleno de C.A				

CAPITULO III.

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Según Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (2003), la metodología que se aplica es de tipo correlacional - explicativo, correlacional porque evalúa la relación que existe entre la variable dependiente y la variable independiente, es decir que cuando aumenta el porcentaje de ceniza de cal en los suelos arcillosos aumentará la capacidad portante del suelo de la carretera de Lulicocha - Huancamachay y es explicativo porque ésta investigación respondería a las causas de los eventos físicos de las variables, tales como ¿qué efectos tiene los suelos arcillosos con ceniza de cal, en la capacidad portante de la carretera Lulicocha -Huancamachay?, ¿a qué se deben estos efectos?.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es correlacional explicativo

3.3. Métodos de investigación

Para el presente trabajo de investigación se empleará el método de Analítico, Deductivo – Sintético, ya que cuando se emplea el análisis sin llegar a la síntesis, los conocimientos no se comprenden verdaderamente y cuando ocurre lo contrario el análisis arroja resultados ajenos a la realidad.

Es cuantitativo porque representa a un conjunto de procesos, es probatorio y secuencial, aquí se establecen hipótesis y determinan variables a partir de las preguntas, este método se usa principalmente para comparar datos con orientación numérica.

3.4. Diseño de la Investigación.

El diseño de esta investigación es experimental, ya que se van a realizar pruebas en laboratorio con los suelos arcillosos y la ceniza de cal las cuales menciono a continuación

1. Obtener la granulometría de los suelos arcillosos
2. Obtener la granulometría de la ceniza de cal
3. Obtener el índice de plasticidad de los suelos arcillosos
4. Obtener el índice de plasticidad de la mezcla de los suelos arcillosos con la ceniza de cal.
5. Obtener la clasificación de los suelos arcillosos.
6. Determinar la capacidad portante (CBR) de los suelos arcillosos, incluye Proctor modificado
7. Determinar la capacidad portante (CBR) de los suelos arcillosos con la ceniza de cal, incluye Proctor modificado.

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población

Existe aproximadamente 4.5 km de carretera (suelo) entre Lulicocha y Huancamachay. A partir de estos datos se procedió a estimar la muestra, con verificaciones visuales y ensayo de plasticidad.

3.5.2. Muestra.

Utilizaremos entre 2 a 3 muestras desde el 2+000 km hasta el 4+500 km la cual se encuentre en la mitad de la carretera hasta la comunidad de Huancamachay, porque el suelo en este tramo tiene suelos con baja capacidad portante.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica se realizará mediante ensayos en laboratorio, cada ensayo se realizará de acuerdo a la N.T.P o ASTM la cuales son los instrumentos que nos ayudaran a recolectar datos con ayuda de formatos que nos ayudarán a encontrar las comparaciones entre los suelos arcillosos y la Mezclade ceniza de cal con suelos arcillosos, las cuales se adjuntaran en el informe final.

3.7. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos usados fueron, para mejorar las propiedades físicas de suelo a través de procedimientos mecánicos

Tabla 24
Variables, Indicadores e Instrumentos

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente (X)			
X	La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.	Cantidad de ceniza de cal	MTC 2013
Dependiente (Y)			
Y	La capacidad portante en carreteras es el empleo del ensayo CBR de laboratorio para determinar la resistencia de los suelos con fines de diseño de pavimentos.	CBR (California Bearing Ratio) Proctor modificado	ASTM D1883 - 2016 ASTM D1557 - 2012

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se obtendrán de los ensayos de laboratorio los cuales menciono a continuación:

- Granulometría de los suelos arcillosos.
- Límite líquido de los suelos arcillosos.
- Límite plástico de los suelos arcillosos.
- Índice de Plasticidad de los suelos arcillosos.
- Clasificación de los suelos arcillosos
- Granulometría de la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.

- LL de la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.
- LP de la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.
- Índice de Plasticidad de la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.
- Proctor modificado de los suelos arcillosos
- CBR de los suelos arcillosos.
- Proctor modificado de la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.
 - CBR la mezcla de suelos arcillosos con ceniza de cal.

3.9. Tratamiento estadístico

Para la demostración de los resultados se usarán formatos de granulometría, LL, LP e IP, Proctor modificado, CBR, donde realizaremos 03 combinaciones entre cenizas de cal y arcilla para realizar una comparativa respecto a cuál de las combinaciones es la más óptima para uso como material afirmado, como capa de rodadura, previo ensayo de laboratorio.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

Mediante el trabajo de investigación podemos detallar los elementos de la ética profesional a la cual fue basada el proyecto, de suelos en las viviendas o proyectos de construcción, con las medidas de seguridad del personal, los valores y principios de una persona al realizar un trabajo de investigación.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Descripción del trabajo de campo

La siguiente investigación es para mejorar las inadecuadas condiciones de acceso a las zonas de producción y a servicios diversos de la comunidad Huancamachay, se va realizar el mejoramiento de la carretera en ancho de calzada y realizar el afirmado de la carpeta de rodadura para su mejor conservación; en zonas donde existe suelos plástico se mejorará con cenizas de cal que proviene de la cantera de Sacra Familia, el trazo geométrico horizontal y vertical; ampliación de las curvas horizontales, construcción de plataformas para paso de vehículos y construcción de cunetas longitudinales, alcantarillas de tipo TMC y tipo MARCO

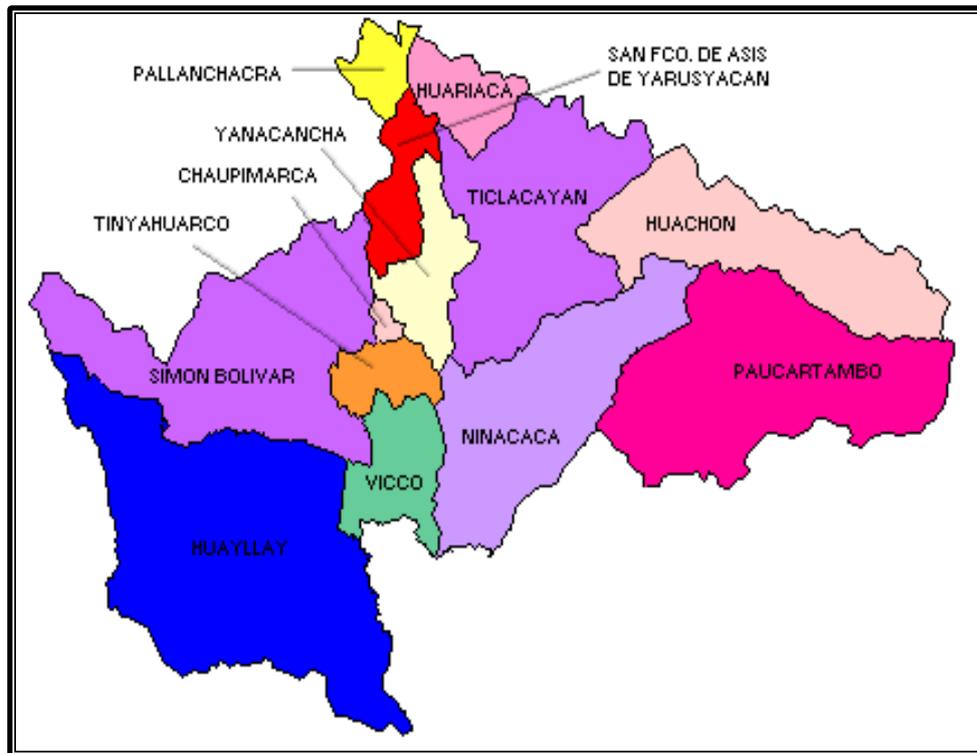
para la evacuación de las superficiales. Presentación de resultados, tablas, gráficos, figuras, etc.

4.1.1. Ubicación geográfica y política.

El distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan se encuentra sobre una altitud de 4110 – 4030 aprox. m.s.n.m. en el departamento de Pasco.

Figura 10

Ubicación geográfica del Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan.



Nota. Adaptado más cultura para un país mejor, (<http://tupacamarudetapuc.blogspot.com/p/fiestas-y-costumbres-de-mi-region.html>).

- **Ubicación Política:**

Distrito : SAN FRANCISCO DE ASIS DE YARUSYACAN

Provincia : PASCO

Región : PASCO

- **Ubicación Geográfica**

INICIO DE TRAMO

Latitud : 10°33'18.13"

Longitud : 76°13'49.64"

FIN DE TRAMO

Latitud : 10°34'43.89"

Longitud : 76°14'33.87"

- **Límites de Pasco**

Norte : Huariaca

Sur : Yanacancha

Este : San Francisco de Asís de Tíclacayan

Oeste : Daniel A. Carrión

4.1.2. Características de la zona

- **Localización**

El C.P Huancamachay -Lulicocha se ubica en el distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan, Provincia y Región Pasco.

- **Geología**

La topografía del terreno donde se ejecutará el proyecto presenta un relieve mixto cambiando de un tramo semiplano al inicio cambiando bruscamente por otras partes del tramo con pendientes máximas de 20%.

Se ha efectuado un estudio de suelos en la zona del proyecto, los mismos que forman parte del presente expediente técnico.

- **Clima**

El clima es frígido, con una temperatura media anual de 6° C. La precipitación pluvial es frecuente durante los meses de octubre - abril y de estiaje en los meses de mayo a setiembre.

- **Comunicación y transporte**

Los pobladores que están comprendidos en el proyecto, no cuentan con servicios de telecomunicaciones tales como de teléfonos, celulares, internet, locutorios, etc. Asimismo, no cuenta con estaciones de Televisor, Cables.

El transporte terrestre existente en la zona es de tipo rural que preponderantemente circulan las combis y autos.

- **Recursos básicos del proyecto**

Materiales

Suelo arcilloso.

El suelo arcillo se encuentra entre la carretera Lulicocha – Huancamachay, el cual genera muchos problemas porque su capacidad de soporte es baja, así como también absorbe grana cantidad de agua cuando existe precipitaciones por lo que no es un suelo muy bueno para carreteras. En caso de que se encuentre suelos arcillosos estos necesitan ser cambiados por otro tipo de material, generando depredación por su extracción.

Figura 11

Material arcilloso de la Carretera Lulicocha – Huancamachay.



Fuente: Elaboración propia

Ubicación

a. Suelo arcilloso

Distrito : San Francisco de Asís.

Provincia : Pasco.

Departamento : Pasco.

Lugar : Lulicocha Huancamachay.

b. Ceniza de cal

El material de ceniza de cal se encuentra en el centro poblado de Sacra Familia, aproximadamente a unas dos horas y media de la desmontera Excelsior los cuales serán transportados con volquete, desde la denominada Cantera de Sacra familia, ubicada aproximadamente a 1,00 Km. del centro poblado de Sacra Familia; cantera donde existe material residual de los hornos de cal.

Ubicación

Distrito : Simón Bolívar
Provincia : Pasco.
Departamento : Pasco.
Lugar : Sacra familia

Figura 12
Cantera de Cal – Sacra Familia.



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Extracción del material.

El material de ceniza de cal que se obtiene de los hornos de la cantera de Sacra Familia se realiza después de que la piedra para producir la cal se encuentra cocida, este proceso debe demorar entre 2 días, se extrae el material de ceniza que sirvió para el cocido de la cal.

El muestreo de la ceniza de cal consiste en extraer el material en costales limpios para evitar contaminarlos, estas muestras se enumeran para luego ser llevados al laboratorio y comenzar con los ensayos correspondientes.

Figura 13

Salida del horno para evacuar la ceniza de cal



Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Extracción de muestras de ceniza de cal.



Fuente: Elaboración propia

En el caso del suelo arcilloso se realiza el mismo proceso que la ceniza de cal para dicho trabajo ubicamos la cantera de arcilla cercana a la carretera Lulicocha – Huancamachay, las muestras se obtuvieron en 6 costales de 50 kg, los cuales deben estar limpios y enumerados para luego ser llevados al laboratorio para realizar los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR.

Figura 15
Muestras de material Arcilloso.



Fuente: Elaboración propia

Los ensayos realizados ayudaran a saber cuáles son sus características geotécnicas para poder realizar las 3 combinaciones de ambos materiales y así obtener el óptimo porcentaje de mezcla para ser usado como material de afirmado en la carretera Lulicocha – Huancamachay del Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan.

4.2. Presentación análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Estudio geotécnico.

Objetivo del estudio.

El objetivo del estudio geotécnico es conocer si el suelo arcilloso con bastante grava que se encuentra en la carretera Lulicocha – Huancamachay del

distrito de san francisco de Asís de Yarusyacan, junto con la ceniza de cal que se encuentra en las canteras de Sacra familia distrito de Simón Bolívar, puedan mejorar la capacidad de soporte para luego usarla como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha – Huancamachay.

Para cumplir con este objetivo se realizaron 3 combinaciones, la primera con 80% de arcilla con mucha grava más 20% de ceniza de cal, el segundo ensayo es de 70% de arcilla con mucha grava más 30% de ceniza de cal y el último ensayo es de 60% de arcilla con mucha grava más 40% de ceniza de cal; de dichas combinaciones podremos obtener si el material de ceniza de cal mejora la capacidad de soporte para usarla como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha – Huancamachay, además podemos mencionar que para comprobar que el suelo se encuentre dentro de la norma peruana para afirmados (EG – 2013) sección 301 de afirmados es necesario realizar los siguientes ensayos:

1. Ensayo de Humedad.
2. Ensayo de Límites de Atterberg
3. Granulometría
4. Clasificación de suelos
5. Ensayo de Proctor modificado.
6. Ensayo de CBR.

4.2.1.1. Resultados

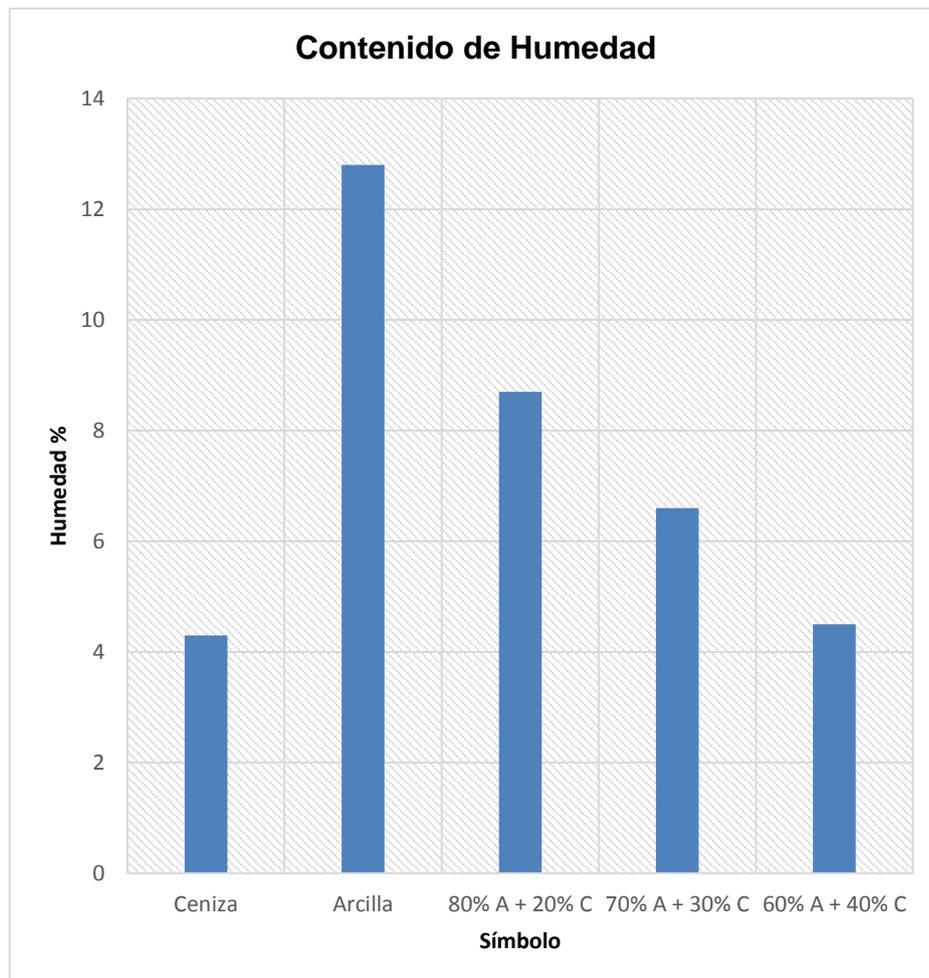
Humedad.

Tabla 25
Contenido de humedad

Material/Mezcla	Descripción	Humedad %
Ceniza	Ceniza	4,3
Arcilla	Arcilla	12,8
Mezcla1	80% A + 20% C	8,7
Mezcla2	70% A + 30% C	6,6
Mezcla3	60% A + 40% C	4,5

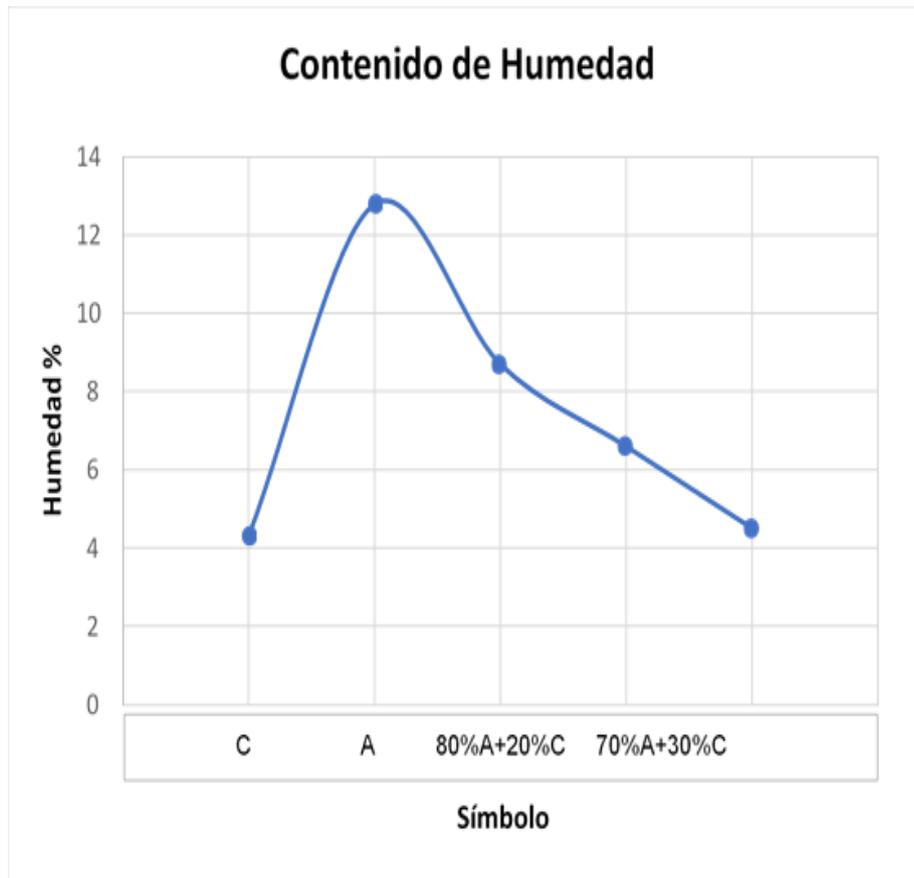
Fuente: Elaboración propia

Figura 16
Contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17
Contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia

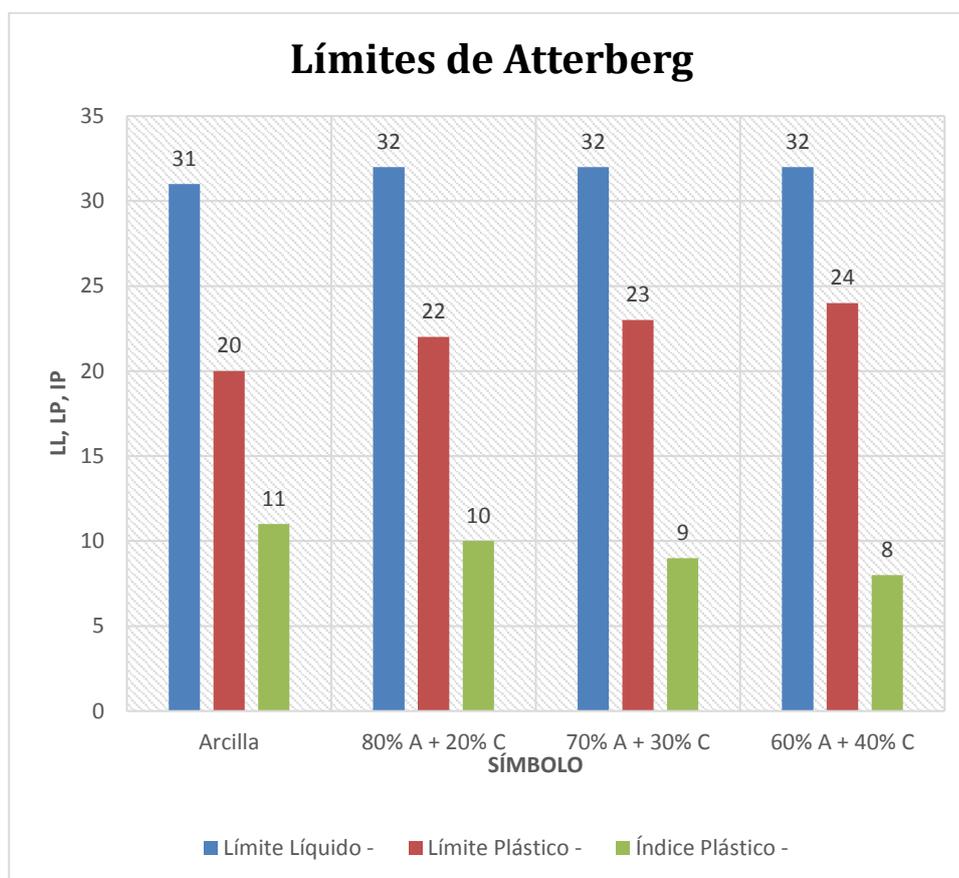
Límites de Atterberg.

Tabla 26
Límites de Atterberg

Material/Mezcla	Descripción	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico
Ceniza	Ceniza	-	-	-
Arcilla	Arcilla	31	20	11
Mezcla1	80% A + 20% C	32	22	10
Mezcla2	70% A + 30% C	32	23	9
Mezcla3	60% A + 40% C	32	24	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 18
Límites de Atterberg.



Fuente: Elaboración propia

Clasificación de suelos

Tabla 27

Clasificación de suelos

Material/Mezcla	Descripción	SUCS	AASHTO
Ceniza	Ceniza	SP-SM	A-1a(0)
Arcilla	Arcilla	CL	A-6(4)
Mezcla1	80% A + 20% C	CL	A-4(3)
Mezcla2	70% A + 30% C	CL	A-4(2)
Mezcla3	60% A + 40% C	ML	A-4(2)

Fuente: Elaboración propia

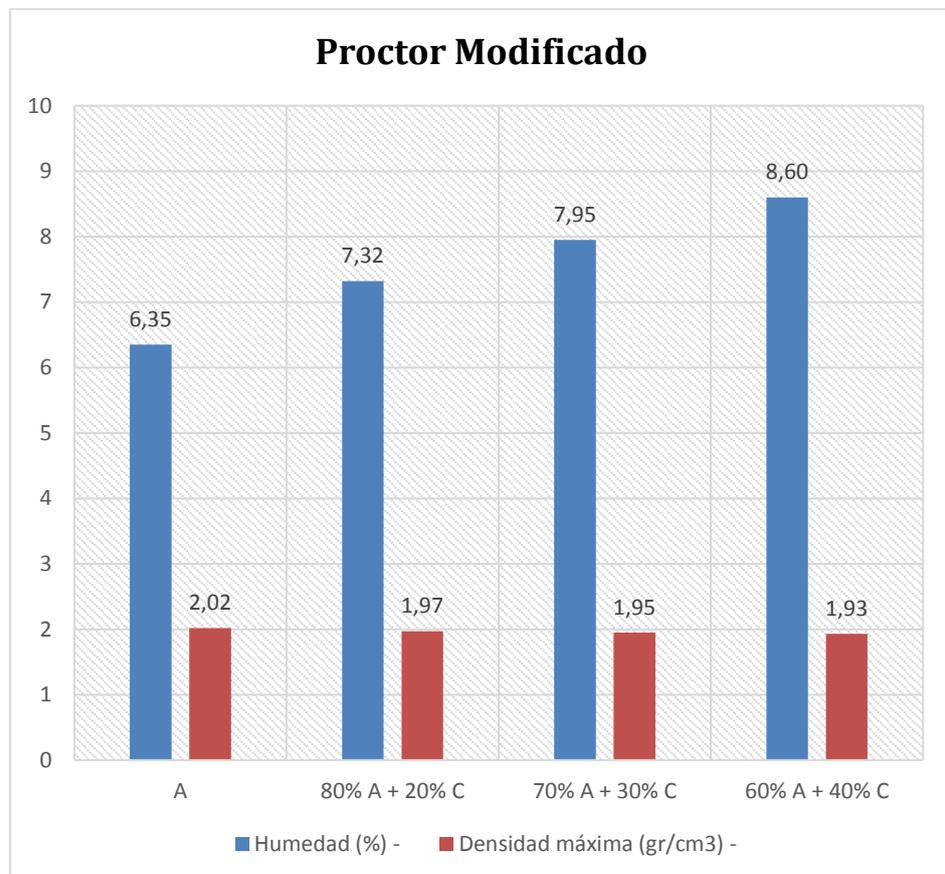
Proctor Modificado.

Tabla 28
Proctor modificado

Material/Mezcla	Símbolo	Humedad (%)	Densidad máxima (gr/cm ³)
Ceniza	C	-	-
Arcilla	A	6,35	2,02
Mezcla1	80% A + 20% C	7,32	1,87
Mezcla2	70% A + 30% C	7,95	1,95
Mezcla3	60% A + 40% C	8,60	1,93

Fuente: Elaboración propia

Figura 19
Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

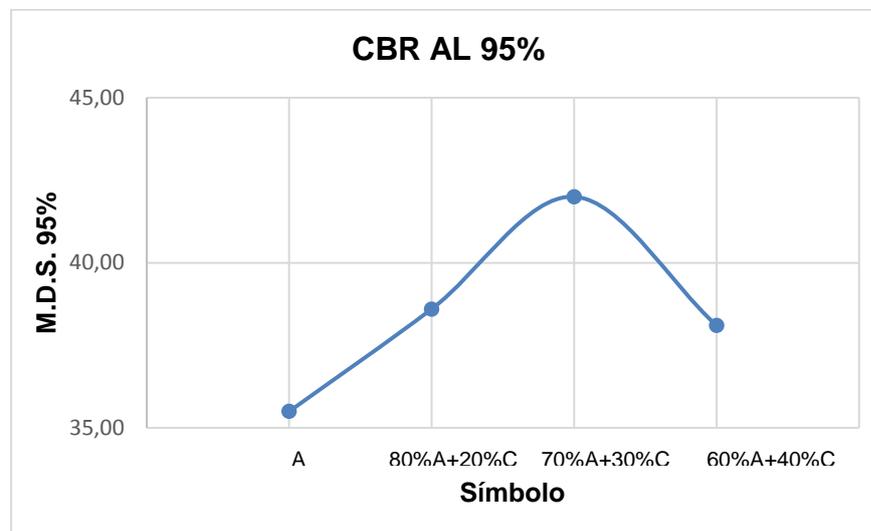
Californian Bearing Ratio (CBR)

Tabla 29
CBR (MDS 100%)

Descripción	M.D.S. 100%
Ceniza	-
Arcilla	35,50
80% A + 20% C	38,60
70% A + 30% C	42,00
60% A + 40% C	38,10

Fuente: Elaboración propia

Figura 20
CBR (MDS 95%)



Fuente: Elaboración propia

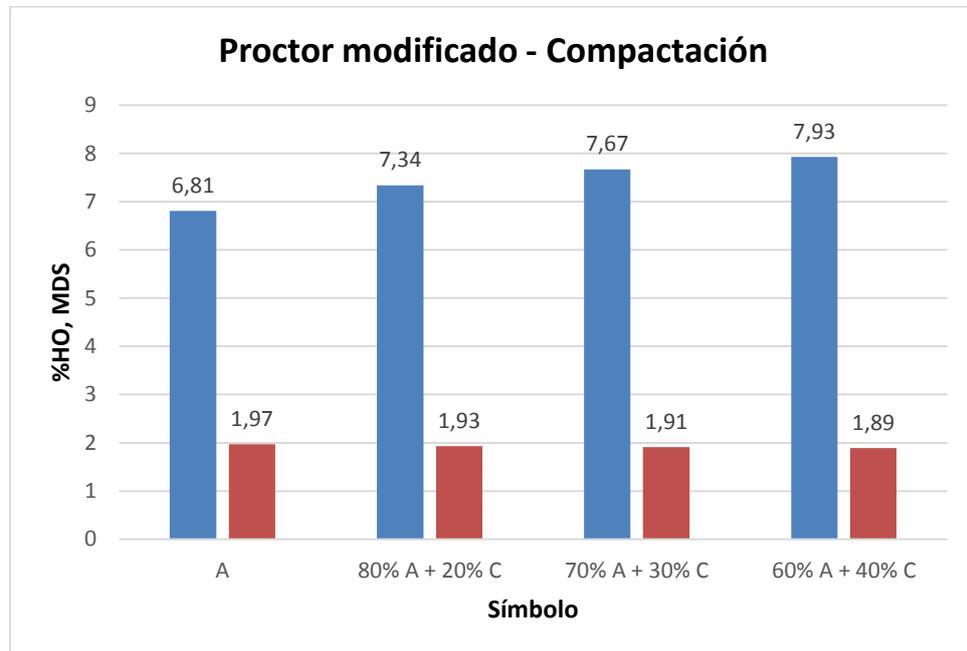
Proctor modificado para compactación.

Tabla 30
MDS - Compactación

Material/Mezcla	Símbolo	Proctor modificado		Corregido	
		Humedad (%)	Densidad máxima (gr/cm ³)	Humedad (%)	Densidad máxima (gr/cm ³)
Ceniza	C	-	-	-	-
Arcilla	A	6,81	1,97	5,86	2,04
Combinación 1	80% A + 20% C	7,34	1,93	7,36	1,97
Combinación 2	70% A + 30% C	7,67	1,91	8,16	1,94
Combinación 3	60% A + 40% C	7,93	1,89	8,96	1,91

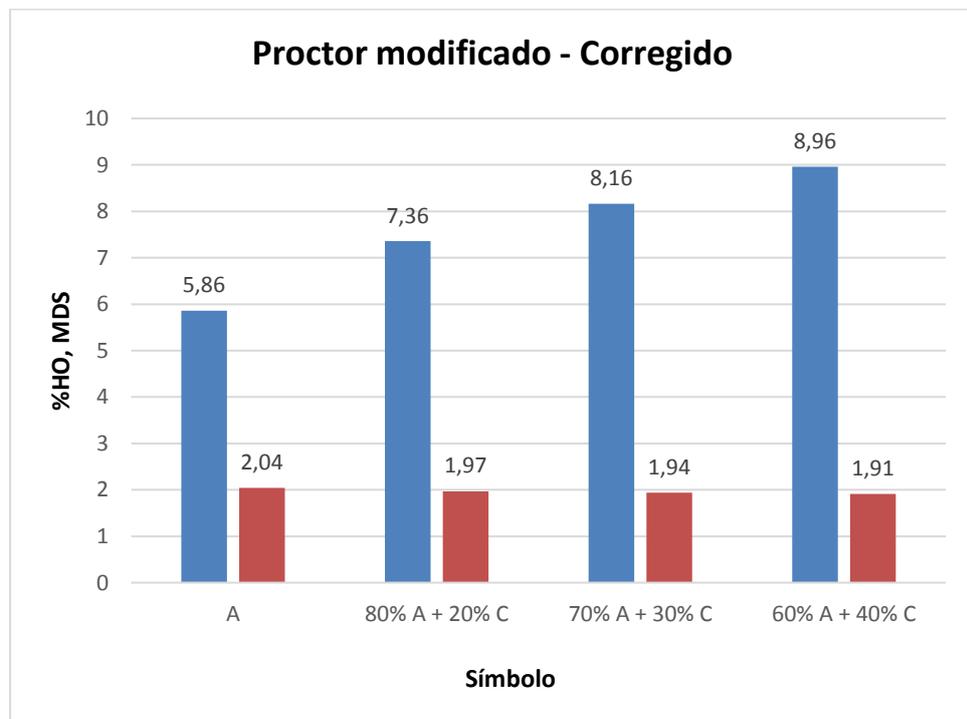
Fuente: Elaboración propia

Figura 21
MDS – Compactación



Fuente: Elaboración propia

Figura 22
MDS - Corregido



Fuente: Elaboración propia

4.3. Prueba de hipótesis.

La estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal influye en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado, si influye en la capacidad portante porque según el manual de carreteras (EG – 2013), debe satisfacer lo siguiente:

Tabla 31
Requisitos de calidad que debe cumplir un afirmado.

Límite Líquido	Índice de plasticidad	CBR al 100%
35% máx	4 – 9 %	40% mín

Nota. Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013

De acuerdo a los ensayos de todas las combinaciones que se realizaron encontramos que en la Mezcla 2 (70%A + 30%C) cumple con los requisitos de calidad del material de afirmado tal como se muestra en la siguiente tabla 29:

Tabla 32
Requisitos de calidad – Mezcla2 (70% A + 30%C)

Material/Mezcla	Símbolo	Límite Líquido	Índice de plasticidad	CBR al 100%
Mezcla 2	70% A + 30% C	32%	9%	42,00%

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la Mezcla 2 del material arcilloso con mucha grava más la ceniza de cal mejora las propiedades físicas para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco, ya que estas se encuentran dentro del límite que exige el manual de carreteras EG – 2013.

Para las hipótesis específicas encontramos lo siguiente:

- La ceniza de cal incide en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha -

Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco, si la ceniza de cal incide en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 33
Índice de plasticidad arcillas con mucha grava vs Mezcla2

Ensayos	Arcilla con mucha grava	Mezcla2 (80%A+20%C)	Mezcla2 (70%A+30%C)	Mezcla2 (60%A+40%C)
Límite líquido (LL%)	31	32	32	32
Límite plástico (LP%)	20	22	23	24
Índice de plasticidad (IP%)	11	10	9	8

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 30, el IP de la arcilla con mucha grava es de 11%, mientras que el IP en la mezcla 1 (80% A + 20% C) es de 10%, mezcla 2 (70% A + 30% C) es de 9% y el IP de la mezcla 3 (60% A + 40% C) es de 8% el cuál disminuyó 1% esto quiere decir que a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza de cal disminuye el índice de Plasticidad por lo que la mezcla 2 y mezcla 3 se encuentran dentro del límite que indica el manual de carreteras EG – 2013 sin embargo la mezcla 3 no cumple con el C.B.R. al 100%, mientras la mezcla 2 cumple con el IP y con el C.B.R al 100% por tanto se sirve para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.

En el caso que si la ceniza de cal influye en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco.

Podemos afirmar que, si influye en las propiedades físicas, ya que al realizar la Mezcla de la arcilla con la ceniza de cal disminuye la plasticidad del material, y como la ceniza de cal contiene material granular mejora la consistencia del suelo en nuestro caso la capacidad de soporte del suelo.

En el caso que si la cantidad de agua influye en la compactación de los suelos arcillosos con cenizas de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huamcamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco. El agua si influye en la compactación de los suelos arcillosos porque de acuerdo al Proctor modificado que se ensayó al material se debe alcanzar la humedad óptima de agua para lograr una buena compactación, ya que para este ensayo no existe ninguna normativa que indique cuales son los límites de humedad óptima. Por tanto, cualquier material que se desea compactar cuenta con una humedad óptima de agua para llegar a la densidad máxima y obtener una buena compactación.

4.4. Discusión de resultados.

Para esta investigación se realizaron ensayos a los diferentes materiales en el laboratorio como son el suelo arcilloso con mucha grava , a la ceniza de cal, la Mezcla 1 que es 80% de arcilla con mucha grava más 20% de ceniza de cal, la Mezcla 2 que es el 70% de arcilla con mucha grava más 30% de ceniza de cal y la Mezcla 3 que es 60% de arcilla con mucha grava más 40% de ceniza de cal para obtener las diferentes características geotécnicas y evaluar la mejor Mezcla de arcilla con mucha grava con la ceniza de cal, de acuerdo al Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes (EG – 2013) en la sección 301 de Afirmados indica que los requisitos de calidad que deben cumplir todos los materiales a usarse como afirmados son los siguientes:

- Límite líquido 35% máx.
- Índice de plasticidad 4 - 9%.
- CBR (100% M.D.S.) 40% mín.

De acuerdo a dichos requisitos se llevaron los siguientes ensayos tal como se muestra en la tabla 31:

Tabla 34
Estudio geotécnico de los diferentes materiales.

Ensayos/ Mezcla		A	C	80%A+20%C	70%A+30%C	60%A+40%C
Clasificación de suelos	S.U.C.S.	CL	SP-SM	CL	CL	ML
	AASHTO	A-6(4)	A-1(0)	A-4(3)	A-4(2)	A-4(2)
Límites Atterberg	Límite Líquido	31	-	32	32	32
	Límite Plástico	20	-	22	23	24
	Índice de Plasticidad	11	-	10	9	8
	C.B.R al 100%	35,5	-	38,6	42,0	38,1
Compactación	M.D.S. (gr/cm³)	2,02	-	1,97	1,95	1,93
	Humedad Óptima %	6,36	-	7,32	7,95	8,60

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla mostrada podemos indicar que el material arcilloso con mucha grava cuenta con un Límite líquido de 31% la cual se encuentra dentro del margen que indica la EG-2013, índice de plasticidad de 11% y un CBR al 100% de 35.5% los cuáles no se encuentran dentro del margen de calidad que exige la EG-2013, por tal motivo se realizó la mezcla con el material de ceniza de cal el cuál no cuenta con límites de Atterberg por lo que nos ayudó a mejorar el índice de plasticidad del material, en esta investigación se realizó 3 mezclas con diferentes porcentajes de material arcilloso y ceniza de cal para obtener un material que servirá de capa de rodadura y evitar la depredación de las canteras aledañas al proyecto sin generar impacto negativo a la naturaleza.

La mezcla 1, cuenta con un límite líquido de 32% el cuál se encuentra dentro del margen de calidad que indica la EG – 2013, mientras que el índice de plasticidad es de 10% y el CBR al 100% es de 38,6% los cuales no se encuentran dentro del margen de calidad que exige la EG-2013.

La mezcla 2, cuenta con un límite líquido de 32%, el índice de plasticidad es 9% y el CBR al 100% es de 42,0 % los cuáles se encuentran dentro del margen de calidad de la EG – 2013.

La mezcla 3, cuenta con un límite líquido de 32%, el índice de plasticidad es de 8% los cuáles se encuentran dentro del margen de calidad de la EG – 2013 y el CBR es de 38,1% la cuál no se encuentra dentro del margen de calidad de la EG – 2013.

Por tanto, la mezcla 2 se encuentra dentro de los límites de calidad que exige el manual de carreteras (EG – 2013) para que se pueda usar como capa de rodadura de la carretera Lulicocha – Huancamachay del Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan.

CONCLUSIONES

Para esta investigación se tiene las siguientes conclusiones:

1. Se comprobó que el límite líquido aumenta al añadir ceniza de cal el cuál se encuentra dentro del margen de calidad del manual de carreteras del EG – 2013, ya que este material cuenta con un límite líquido mínimo que es añadido cuando se mezcla con el material arcilloso de mucha grava.
2. Se comprobó que al aumentar la cantidad de material de ceniza de cal disminuye el índice de plasticidad ya que el material de ceniza de cal cuenta con un +- 3 a 4% de plasticidad que ayuda a mejorar la calidad del material.
3. Por otro lado, encontramos que el CBR al 100% de la arcilla con mucha grava es de 35,5%, mientras que al aumentar la cantidad óptima de ceniza de cal se encontró en la mezcla 2 (70%A + 30%C) un CBR al 100% de 42,0% el cuál se encuentra dentro de los requisitos de calidad que exige el manual de carreteras (EG – 2013).

Por tanto, la mezcla 2 (70%A + 30%C) es la ideal para poder usarla como capa de rodadura de la carretera Lulicocha – Huancamachay del distrito de San Francisco de Yarusyacan por que se encuentra dentro de los requisitos de calidad del manual de carreteras (EG – 2013).

RECOMENDACIONES

Esta investigación cuenta con las siguientes recomendaciones:

1. Evitar en laboratorio que los materiales se mezclen con otros materiales los cuales cambiarían las propiedades de los materiales.
2. Al momento de sacar las muestras de ceniza de cal evitar que estos estén mezclados con la materia prima que es la cal ya que cuando se mezcle con el material arcilloso contaría con mayor límite líquido por que la cal absorbe mayor cantidad de agua.
3. Para mejorar aún más la resistencia se podría probar la mezcla con otro material más puede ser con cemento, o con un porcentaje de afirmado de la cantera de Oshapampa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM D 8 - 88. (s.f.). *Standard Definitions of Terms Relating to Materials for Roads and Pavements*.
- Gonzales Carpio, F. M. (2018). Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de Puno. Puno, Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Huancoillo Humpiri, Y. J. (2017). Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané - Chupa - Puno. Puno, Perú.
- Jácome Macías, G. A., & Ortiz Hernández, E. H. (Junio de 2022). Estabilización de un suelo de subrasante de carretera con el sistema Consolid. *INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 12.
- Montejo Fonseca, A. (2006). *Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías* (Tercera ed., Vol. 2). Colombia.
- MTC. (Junio de 2013). Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción . Lima, Perú.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima.
- Pérez Collantes, R. D. (2012). Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos. Villa Rica, Oxapampa, Perú.

Ramos Hinojosa, G. P. (2014). Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014. Huancayo, Perú.

Valles Areas, W. A. (Setiembre de 2010). Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Madrid, España.

ANEXOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

1. CENIZA DE CAL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

094.01/2022

Pág. 1 de 5

Estudio Proyecto del Solicitante
 ZI.094.01/22 Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Descripción del proceso:

Caracterización del Suelo

Requisitos y especificaciones del solicitante:

Ninguna

Fecha de reporte de resultados:

25/05/2022

Datos del solicitante

CANTA CHOMBO, Dennis Henry

Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion

Muestra N°

ZI.094.01/22

Ref. Solicitante

Ceniza (Cantera

Sacrafamilia)

Coordenadas:

E:356735

N:8812031

Cota:

4181 m.s.n.m

Fecha de recepción:

10/05/2022

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Ceniza del Centro Poblado de Sacrafamilia - Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fracción Retenida del Suelo T # 3' = 0,0 T # N° 20 = 31,32 T # 2' = 0,0 T # N° 40 = 14,72 T # 1 1/2' = 0,0 T # N° 60 = 7,84 T # 1' = 0,0 T # N° 100 = 5,83 T # 3/4' = 58,9 T # N° 140 = 2,82 T # 3/8' = 156,8 T # N° 200 = 2,92 T # N° 4 = 498,0 T <# N°200 = 9,10 T # N° 10 = 50,50	AG.ZI001.22
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = NP LP = NP IP = NP	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	SP-SM SUCS : ARENA MAL GRADUADA CON LIMO Y GRAVA AASHTO : A-1-a(0)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 4,30	W.ZI004.22

Anexos : 04 Reportes de Ensayo (5 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no debiera reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZL.094.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Página
2/5

Fecha
25/05/2022

01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

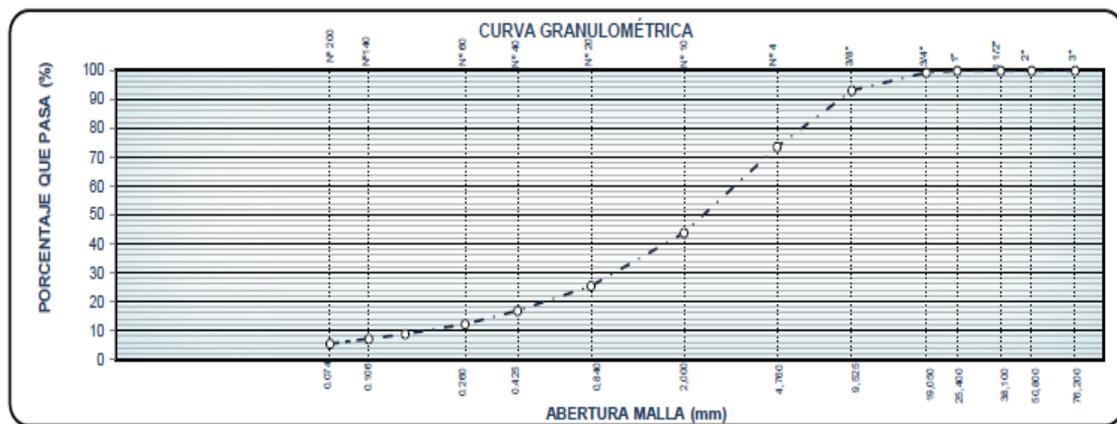
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0,1 g	0,1%	0,1%	0,1%
3"	75,00	--	--	0,0	100,0
2"	50,00	--	--	0,0	100,0
1 1/2"	37,50	--	--	0,0	100,0
1"	25,00	--	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,00	58,9	0,8	0,8	99,4
3/8"	9,50	156,8	6,2	6,8	93,2
N° 4	4,75	498,0	19,7	26,5	73,5
N° 10	2,00	50,50	29,7	56,2	43,8
N° 20	0,840	31,32	18,4	74,6	25,4
N° 40	0,425	14,72	8,7	83,2	16,8
N° 60	0,250	7,84	4,8	87,8	12,2
N° 100	0,150	5,83	3,4	91,3	8,7
N° 140	0,106	2,82	1,7	92,9	7,1
N° 200	0,075	2,92	1,7	94,6	5,4
< N° 200	0,000	9,10	5,3	100,0	0,0

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	0,80
2do Fraccionamiento	N° 4	26,0

% Grava = 26,5
% Arena = 68,2
% Finos = 5,3

D10 (%)	=	0,19
D30 (%)	=	1,13
D60 (%)	=	3,50
Cu	=	23,48
Cc	=	18,44



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.094.01/22

Reporte N°
LC.ZI002.22

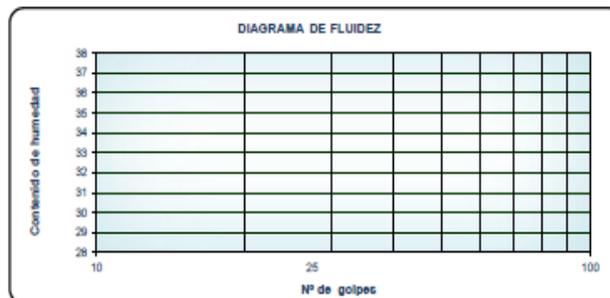
Página
3/5

Fecha
25/05/2022

01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparación de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las partículas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/> Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/> Otras: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>

Límite Líquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	-	-	-
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	-	-	-
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	-	-	-
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	-	-	-
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	-	-	-
Contenido de agua	$w = \frac{ws}{ww} \times 100$	0,1%	-	-	-
Numero de golpes			-	-	-
Límite Líquido		(%)	NP		



Límite de Plasticidad					
Ensayo N°			1	2	
Peso de la lata	m1	(0.01g)	-	-	
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	-	-	
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	-	-	
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	-	-	
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	-	-	
Contenido de agua	$w = \frac{ws}{ww} \times 100$	0,1%	-	-	
Límite de Plasticidad		(%)	NP		
Índice de Plasticidad		(%)	NP		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.094.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Pagina
4/5

Fecha
25/05/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	CALICA	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100,0	100,0	100,0	99,4	93,2	73,5	43,8	25,4	16,8	12,2	8,7	7,1	5,4

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (ASTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
NP	NP	NP

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	SP-SM ARENA MAL GRADUADA CON LIMO Y GRAVA
AASHTO	A-1-a(0)

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.094.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/5

Fecha
25/05/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	1414,8	1378,0
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	1371,6	1339,0
Peso del Recipiente	m3	(1g)	414,8	378,0
Peso del agua	$M_w = m_1 - m_2$	(1g)	43,2	39
Peso de la Muestra seca	$M_s = m_2 - m_3$	(1g)	956,8	961
Contenido de agua	$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	0,1%	4,5	4,1
Contenido de Humedad		0,1%	4,3	

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

2. ARCILLA CON MUCHA GRAVA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

093.01/2022

Pág. 1 de 8

Estudio Proyecto del Solicitante
ZI.093.01/22 Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Descripción del proceso:
Caracterización del Suelo

Datos del solicitante

CANTA CHOMBO, Dennis Henry

Requisitos y especificaciones del solicitante:

Fecha de orden de servicio:

Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion

Ninguna

25/05/2022

Muestra N°

Ref. Solicitante

Fecha de recepción:

ZI.093.01/22

Arcilla (Cantera Huancamachay)

Cota: 3984 m.s.n.m

10/05/2022

Coordenadas:
E:364201
N:8830713

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°																																																
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	<p>Fracción Retenida del Suelo</p> <table> <tr> <td>T # 3'</td> <td>=</td> <td>0.0</td> <td>T # N° 20</td> <td>=</td> <td>2.02</td> </tr> <tr> <td>T # 2'</td> <td>=</td> <td>0.0</td> <td>T # N° 40</td> <td>=</td> <td>2.32</td> </tr> <tr> <td>T # 1 1/2'</td> <td>=</td> <td>353.0</td> <td>T # N° 60</td> <td>=</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>T # 1'</td> <td>=</td> <td>572.2</td> <td>T # N° 100</td> <td>=</td> <td>2.60</td> </tr> <tr> <td>T # 3/4'</td> <td>=</td> <td>590.4</td> <td>T # N° 140</td> <td>=</td> <td>2.06</td> </tr> <tr> <td>T # 3/8'</td> <td>=</td> <td>239.8</td> <td>T # N° 200</td> <td>=</td> <td>2.19</td> </tr> <tr> <td>T # N° 4</td> <td>=</td> <td>193.1</td> <td>T < N° 200</td> <td>=</td> <td>62.54</td> </tr> <tr> <td>T # N° 10</td> <td>=</td> <td>2.03</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	T # 3'	=	0.0	T # N° 20	=	2.02	T # 2'	=	0.0	T # N° 40	=	2.32	T # 1 1/2'	=	353.0	T # N° 60	=	3.10	T # 1'	=	572.2	T # N° 100	=	2.60	T # 3/4'	=	590.4	T # N° 140	=	2.06	T # 3/8'	=	239.8	T # N° 200	=	2.19	T # N° 4	=	193.1	T < N° 200	=	62.54	T # N° 10	=	2.03				AG.ZI001.22
T # 3'	=	0.0	T # N° 20	=	2.02																																														
T # 2'	=	0.0	T # N° 40	=	2.32																																														
T # 1 1/2'	=	353.0	T # N° 60	=	3.10																																														
T # 1'	=	572.2	T # N° 100	=	2.60																																														
T # 3/4'	=	590.4	T # N° 140	=	2.06																																														
T # 3/8'	=	239.8	T # N° 200	=	2.19																																														
T # N° 4	=	193.1	T < N° 200	=	62.54																																														
T # N° 10	=	2.03																																																	
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	<table> <tr> <td>LL</td> <td>=</td> <td>31.0</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>=</td> <td>20.0</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>=</td> <td>11.0</td> </tr> </table>	LL	=	31.0	LP	=	20.0	IP	=	11.0	LC.ZI002.22																																							
LL	=	31.0																																																	
LP	=	20.0																																																	
IP	=	11.0																																																	
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	<table> <tr> <td colspan="2"></td> <td>CL</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>:</td> <td>A-6(4)</td> </tr> </table>			CL	SUCS	:	ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA	AASHTO	:	A-6(4)	CS.ZI003.22																																							
		CL																																																	
SUCS	:	ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA																																																	
AASHTO	:	A-6(4)																																																	
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 12.80	W.ZI004.22																																																
01.05. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm3) = 2.02 Humedad óptima (%) = 6.35	CPE.ZI005.22																																																
01.06. CBR	ASTM D1883-21	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) = 35.50	CD.ZI006.22																																																

Anexos : 06 Reportes de Ensayo (8 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deba reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Página
2/8

Fecha
25/05/2022

01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado ASTM D6913/D6913M-17

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

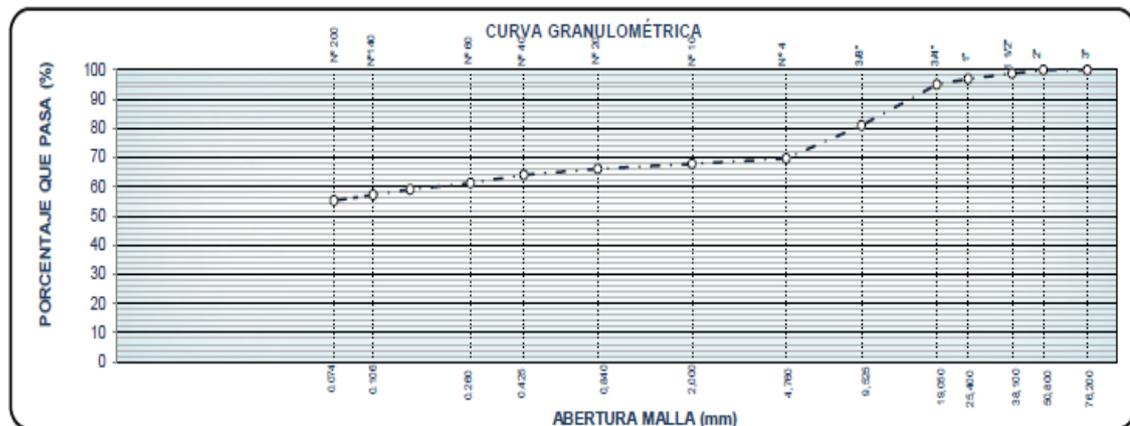
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	353.0	1.2	1.2	98.8
1"	25.00	572.2	1.9	3.0	97.0
3/4"	19.00	590.4	1.9	5.0	95.0
3/8"	9.50	239.8	14.1	19.0	81.0
N° 4	4.75	193.1	11.3	30.3	69.7
N°10	2.00	2.03	1.8	32.1	67.9
N° 20	0.840	2.02	1.8	33.9	66.1
N° 40	0.425	2.32	2.0	36.0	64.0
N° 60	0.250	3.10	2.7	38.7	61.3
N° 100	0.150	2.60	2.3	41.0	59.0
N° 140	0.108	2.06	1.8	42.8	57.2
N° 200	0.075	2.19	1.9	44.8	55.2
< N° 200	0.000	62.54	55.2	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	4.96
2do Fraccionamiento	N° 4	26.7

% Grava = 30.3
% Arena = 14.4
% Finos = 55.2

D10 (%)	=	-0.67
D30 (%)	=	-0.34
D60 (%)	=	0.20
Cu	=	0
Cc	=	0



Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
LC.ZI002.22

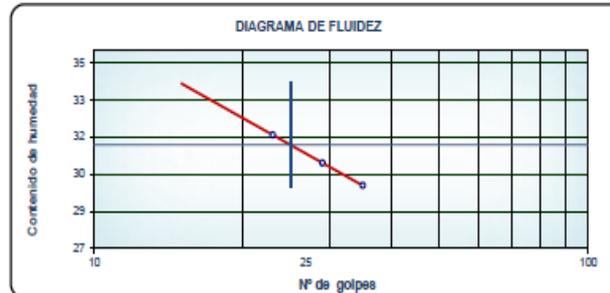
Página
3/8

Fecha
25/05/2022

01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena:			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>		Otras: <input type="checkbox"/>

Limite Líquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.47	13.75	13.72
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	30.44	30.67	33.22
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	26.57	26.72	28.54
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	3.87	3.95	4.68
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	13.1	12.97	14.82
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	29.54	30.45	31.58
Numero de golpes			35	29	23
Limite Líquido		(%)	31		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.54	13.49
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	20.35	20.90
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.20	19.65
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1.15	1.25
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.66	6.16
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	20.32	20.29
Limite de Plasticidad		(%)	20	
Indice de Plasticidad		(%)	11	

Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Pagina
4/8

Fecha
25/05/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	(%)	(%)	44702.0	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	98.8	97.0	95.0	81.0	69.7	67.9	66.1	64.0	61.3	59.0	57.2	55.2

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Limites de Consistencia (AASTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
31	20	11

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	CL
	ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA
AASHTO	A-6(4)

Observaciones:

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/8

Fecha
25/05/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	186.5	181.5
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	175.3	170.0
Peso del Recipiente	m3	(1g)	86.5	81.5
Peso del agua	$M_w = m_1 - m_2$	(1g)	11.2	11.5
Peso de la Muestra seca	$M_s = m_2 - m_3$	(1g)	88.8	88.5
Contenido de agua	$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	0.1%	12.6	13.0
Contenido de Humedad		0.1%	12.8	

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
CP.CBR.ZI005.22

Página
6/8

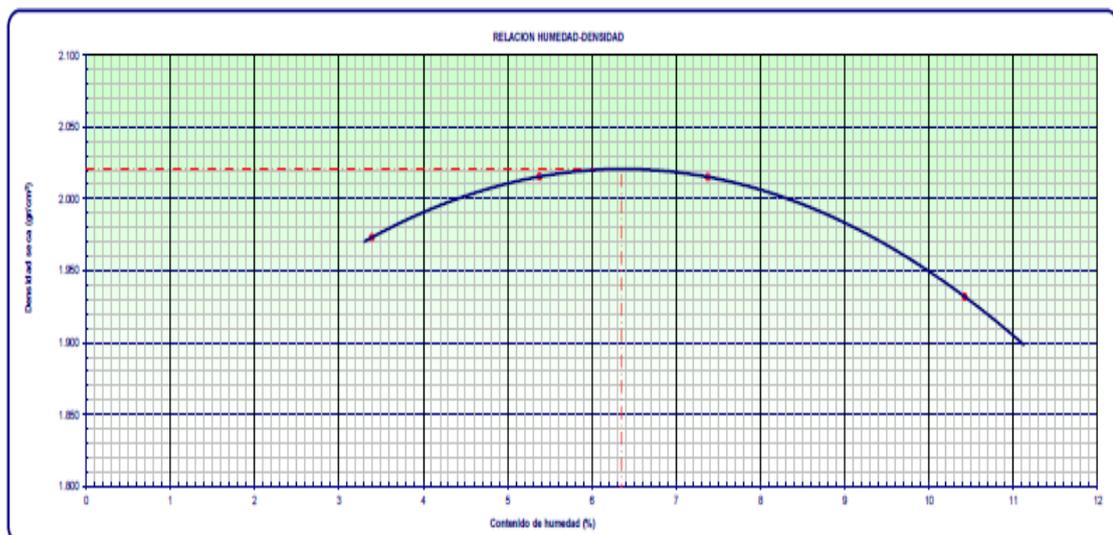
Fecha
25/05/2022

01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg ↔ 200 Libras	457.2 mm ↔ 18.00 Pulgas	2124
Metodo Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10867	11146	11230	11186
Masa del molde + base	Pm	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	P= Pt-Pm	g.	4333	4511	4596	4531
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrica húmedo	Yw=P/V	gr/cm ³	2.040	2.124	2.164	2.133
Masa del suelo húmedo+bandeja	M1	g.	2744.0	2870.6	2888.7	2908.0
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2662.0	2742.8	2697.0	2673.0
Masa de la bandeja	M3	g.	244.0	370.6	388.7	408.0
Masa de agua	Pw=M1 - M2	g.	82.0	127.8	171.7	236.0
Masa del suelo seco	Ps=M2 - M3	g.	2418.0	2372.4	2328.3	2264.0
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	3.4	5.4	7.4	10.4
Peso volumétrico seco	Ys=(Yw*100)/(W+100)	gr/cm ³	1.973	2.015	2.015	1.932

Densidad máxima (gr/cm ³)	2.02
Humedad óptima (%)	6.36



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 2.02 gr/cm³ y la humedad óptima es 6.35%, además la muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZL.093.01/22

Reporte N°
CBR.ZI006.22

Página
7/8

Fecha
25/05/2022

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

Tipo de Compactación

Peso del Pisón

Altura de caída (mm)

Metodo Utilizado

MODIFICADO

91 Kg <> 200 Libras

457.2 mm <> 18.00 Pulgadas

CBR

COMPACTACION

		1		2		3	
Molde N°		5		5		5	
Capas N°		56		25		12	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	gr.	11915	12289	11431	11980	11065	11798
Masa de molde + base	gr.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	gr.	4661	5035	4589	5138	4135	4868
Volumen del molde	cm ³	2134	2162	2146	2175	2133	2166
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.184	2.359	2.138	2.394	1.939	2.282
Masa suelo húmedo + bandeja	gr.	579.2	587.1	556.0	585.6	551.6	582.0
Masa suelo seco + bandeja	gr.	550.4	549.7	519.1	544.0	514.4	536.9
Masa de bandeja	gr.	79.2	87.1	56.0	85.6	56.0	82.0
Masa de agua	gr.	28.8	37.4	36.9	41.6	37.2	45.1
Masa de suelo seco	gr.	471.2	462.6	463.1	458.4	458.4	454.9
Contenido de humedad (%)	%	6.1	8.1	8.0	9.1	8.1	9.9
Densidad seca (g/cm ³)	gr/cm ³	2.058	2.154	1.981	2.165	1.793	2.045

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/05/2022	03:00 p.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
12/05/2022	03:00 p.m	24	0.046	1.17	1.0	0.047	1.19	1.0	0.050	1.27	1.1
13/05/2022	03:00 p.m	48	0.050	1.27	1.1	0.053	1.35	1.2	0.059	1.50	1.3
14/05/2022	03:00 p.m	72	0.051	1.30	1.1	0.053	1.35	1.2	0.060	1.52	1.3
15/05/2022	03:00 p.m	96	0.052	1.32	1.1	0.054	1.37	1.2	0.061	1.55	1.3

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.635		3.376	344.3			1.925	196.3			0.802	81.8		
1.270		5.823	593.8			3.223	328.6			0.946	96.5		
1.905		8.225	838.7			3.997	407.6			1.030	105.0		
2.540	70.5	10.283	1048.6	1016.4	75	4.656	474.8	482.9	35	1.165	118.8	126.8	9
3.810		11.972	1220.8			5.467	557.5			1.329	135.5		
5.080	105.7	12.776	1302.8	1305.0	64	6.206	632.8	633.8	31	1.469	149.8	146.6	7
6.350		13.163	1342.2			6.973	711.0			1.591	162.2		
7.620		14.291	1457.3			7.492	764.0			1.713	174.7		
10.160		16.176	1649.5			8.216	837.8			1.972	201.1		
12.700		18.522	1888.7			9.261	944.3			2.826	288.2		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.01/22

Reporte N°
CBR.ZI006.22

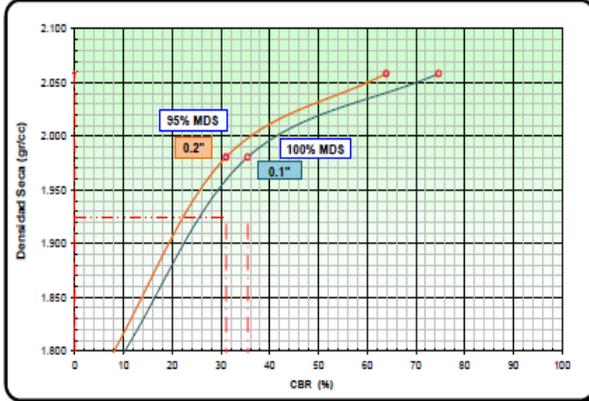
Página
8/8

Fecha
25/05/2022

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

DETERMINACIÓN DEL CBR

DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO



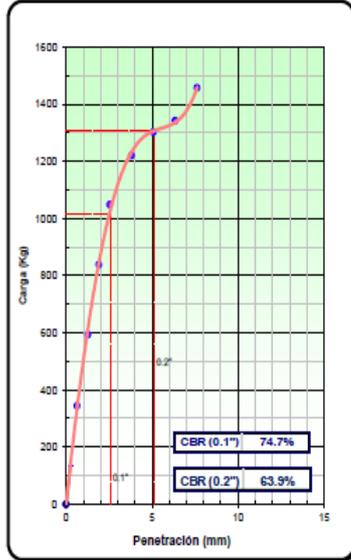
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	2.020
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	2.026
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	6.40
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.925

PORCENTAJE DEL CBR

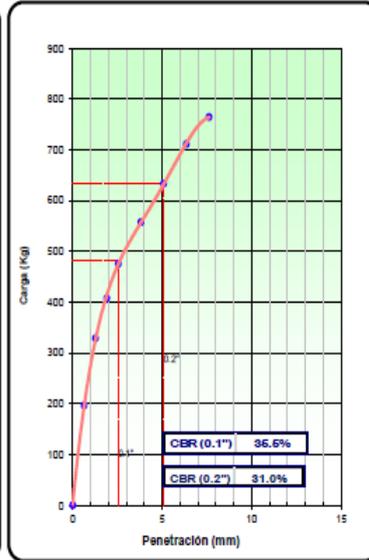
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	35.5	0.2%	31.0
------------------------------	------	------	------	------

OBSERV.: El CBR al 100 % de MDS (%) que se va a utilizar para el diseño de capas es 35.5 %.

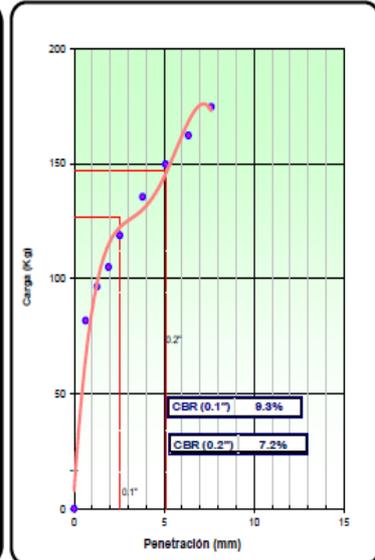
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones:

Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizó la corrección, para obtener el nuevo origen de la curva.

La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Estudio	Proyecto del Solicitante	
ZI.093.02/22	Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco	
Descripción del proceso:	Datos del solicitante	
Proctor Modificado y su Corrección de Humedad y Densidad Maxima Seca	CANTA CHOMBO, Dennis Henry	
Requisitos y especificaciones del solicitante:	Fecha de reporte de resultados:	Tesis de la Escuela de Formacion Profesional de Ingenieria Civil - Facultad de Ingenieria - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion
Ninguna	25/05/2022	
Muestra N°	Ref. Solicitante	Fecha de recepción:
ZI.093.02/22	Arcilla (Cantera Huancamachay) Coordenadas: E:364201 N:8830713	10/05/2022
	Cota: 3984 m.s.n.m	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm3) = 1.97 Humedad óptima (%) = 6.81	PM.ZI001.22
01.02. Correccion del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Particulas de Sobretamaño	ASTM D4718/4718M-15	Humedad Corregida (%) = 5.86 Maxima Densidad Corregida (gr/cm: = 2.04	CPUW.ZI002.22

Anexos : 02 Reportes de Ensayo (3 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no debera reproducirse sin la autorizacion escrita del laboratorio, salvo que la reproduccion sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.02/22

Reporte N°
PM.ZI001.22

Página
2/3

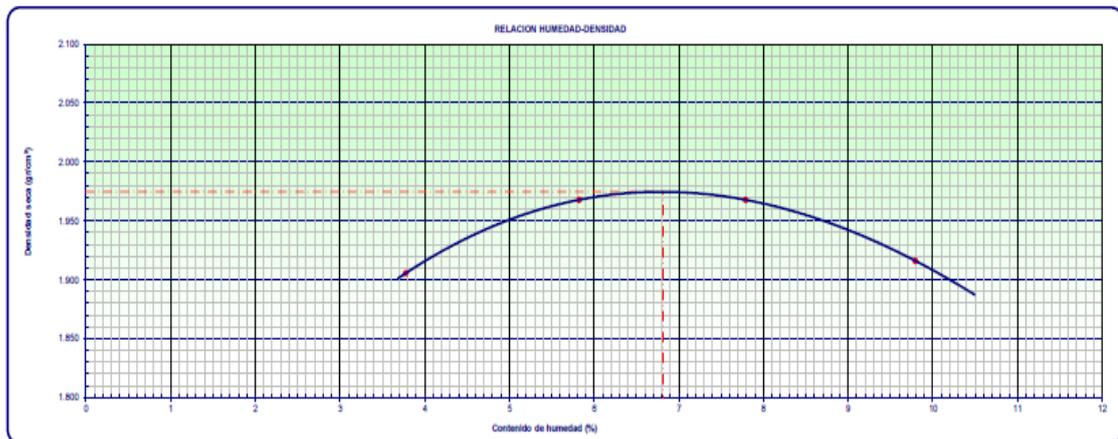
Fecha
25/05/2022

01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg > 200 Libras	457.2 mm > 18.00 Pulgas	2124
Metodo Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10834	11057	11139	11102
Masa del molde + base	Pm	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	P= Pt-Pm	g.	4200	4423	4505	4468
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	Yw=P/V	gr/cm ³	1.977	2.082	2.121	2.104
Masa del suelo húmedo+bandeja	M1	g.	2733.0	2861.5	2858.7	2906.0
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2642.0	2723.9	2678.0	2683.0
Masa de la bandeja	M3	g.	233.0	361.5	358.7	406.0
Masa de agua	Pw=M1 - M2	g.	91.0	137.6	180.7	223.0
Masa del suelo seco	Ps=M2 - M3	g.	2409.0	2362.4	2319.3	2277.0
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	3.8	5.8	7.8	9.8
Peso volumétrico seco	Ys=(Yw*100)/(W+100)	g/cm ³	1.905	1.968	1.968	1.916

Densidad máxima (gr/cm ³)	1.97
Humedad óptima (%)	6.81



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.97 gr/cm³ y la humedad óptima es 6.81%, además La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.02/22

Reporte N°
CPUW.ZI002.22

Página
3/3

Fecha
25/05/2022

01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño ASTM D4718/D4718M-15

A. Corrección para el contenido de humedad (MC) - Muestra Total

Datos:

Masa total de la Muestra Menor a 3" (0.1 g) =	54191.0		
Masa Retenida en 3/4" (0.1 g) =	12095.0	Porcentaje Retenido en 3/4" (%) =	22.30
Masa Pasante en 3/4" (0.1 g) =	42096.0	Porcentaje Pasante en 3/4" (%) =	77.70
Humedad Optima del Proctor (%) =	6.81		
Absorción de las gravas (%) =	2.55		

Formula:

$$CH = [(\%Pasante\ 3/4" \times W\ optima) + (\%Retenido\ 3/4" \times Abs.\ Gravass)]$$

Resultado de la humedad Corregida (CH):

$$CH = 5.86 \%$$

B. Corrección para Maxima Densidad Seca - Muestra Total

Datos:

Densidad del Proctor = 1.97 g/cm3 Valor de Proctor sin corrección

Formula:

$$DSC = \frac{100 \times (Df) \times (Gm) \times (Dw)}{[(Df \times Pc) + (Gm \times Dw \times Pf)]}$$

DSC= Corrección de peso unitario seco del material total calculado

Df	⇒	Optima Densidad Seca Fracción Fina (g/cm3)	=	1.97
Gm	⇒	Gravedad Especifico de la Grava (g/cm3)	=	2.47
Dw	⇒	Peso Unitario del Agua (g/cm3)	=	1.00
Pc	⇒	Porcentaje de Sobretamaño > 3/4 (%)	=	18.10
Pf	⇒	Porcentaje de Fracción Fina < 3/4 (%)	=	81.90

Resultado de la corrección para Maxima Densidad Seca (DSC):

$$DSC = 2.04\ g/cm3$$

Observaciones: El espécimen ensayado fue corregida a partir de la malla pasante de 3", y retenida en la malla 3/4".
La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

3. CENIZA DE CAL (20%) CON ARCILLA (80%)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

112.01/2022

Pág. 1 de 8

Estudio	Proyecto del Solicitante		
ZI.112.01/22	Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza de Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco		
Descripción del proceso:		Datos del solicitante	
Caracterización del Suelo		CANTA CHOMBO, Dennis Henry	
Requisitos y especificaciones del solicitante:		Thesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion	
Ninguna	Fecha de orden de servicio:	25/05/2022	
Muestra N°	Ref. Solicitante	Fecha de recepción:	
ZI.112.01/22	Combinación de Arcilla de Huancamachay (80%) y Ceniza de Sacrafamilia (20%)	10/05/2022	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fracción Retenida del Suelo T # 3' = 0.0 T # N° 20 = 2.90 T # 2' = 0.0 T # N° 40 = 3.18 T # 1 1/2' = 289.0 T # N° 60 = 3.48 T # 1' = 479.4 T # N° 100 = 2.34 T # 3/4' = 504.8 T # N° 140 = 2.52 T # 3/8' = 222.7 T # N° 200 = 2.61 T # N° 4 = 179.9 T <# N° 200 = 58.98 T # N° 10 = 2.83	AG.ZI001.22
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 32.0 LP = 22.0 IP = 10.0	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	SUCS : $\frac{CL}{ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA}$ AASHTO : A-4(3)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 8.70	W.ZI004.22
01.05. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm3) = 1.97 Humedad óptima (%) = 7.32	CPE.ZI005.22
01.06. C.B.R.	ASTM D1883-21	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) = 38.60	CD.ZI006.22

Anexos : 06 Reportes de Ensayo (8 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Pagina
2/8

Fecha
25/05/2022

01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado ASTM D6913/D6913M-17

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

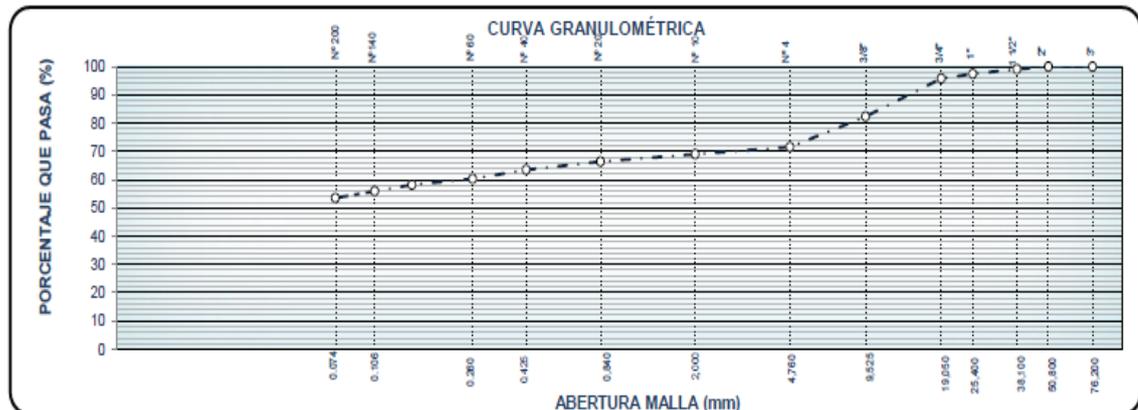
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	289.0	1.0	1.0	99.0
1"	25.00	479.4	1.6	2.5	97.5
3/4"	19.00	504.8	1.7	4.2	95.8
3/8"	9.50	222.7	13.4	17.6	82.4
N° 4	4.75	179.9	10.8	28.4	71.6
N° 10	2.00	2.83	2.6	31.0	69.0
N° 20	0.840	2.90	2.6	33.6	66.4
N° 40	0.425	3.18	2.9	36.5	63.5
N° 60	0.250	3.48	3.2	39.7	60.3
N° 100	0.150	2.34	2.1	41.8	58.2
N° 140	0.106	2.52	2.3	44.1	55.9
N° 200	0.075	2.61	2.4	46.5	53.5
< N° 200	0.000	58.98	53.5	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	4.20
2do Fraccionamiento	N° 4	25.3

% Grava = 28.4
% Arena = 18.0
% Finos = 53.5

D10 (%)	=	-0.51
D30 (%)	=	-0.24
D60 (%)	=	0.24
Cu	=	0
Cc	=	0



Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
LC.ZI002.22

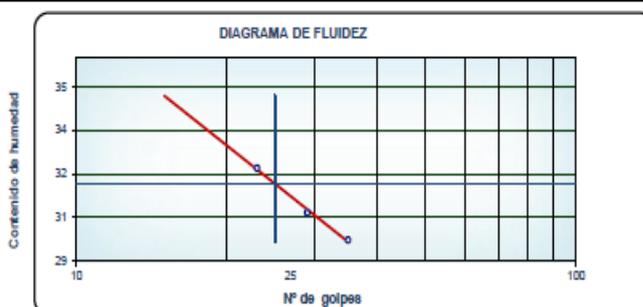
Página
3/8

Fecha
25/05/2022

01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparación de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las partículas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>		Otras: <input type="checkbox"/>

Límite Líquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.46	13.67	13.71
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	30.39	30.67	33.17
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	26.51	26.68	28.43
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	3.88	3.99	4.74
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	13.05	13.01	14.72
Contenido de agua	$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100$	0.1%	29.73	30.67	32.2
Numero de golpes			35	29	23
Límite Líquido	(%)		32		



Límite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.00	13.60
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	21.19	20.86
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.87	19.53
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1.32	1.33
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.87	5.93
Contenido de agua	$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100$	0.1%	22.49	22.43
Límite de Plasticidad	(%)		22	
Índice de Plasticidad	(%)		10	

Observaciones :



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Pagina
4/8

Fecha
25/05/2022

01.03 - Clasificación de Suelos Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	(%)	(%)	44702.0	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	99.0	97.5	95.8	82.4	71.6	69.0	66.4	63.5	60.3	58.2	55.9	53.5

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (AASTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
32	22	10

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	CL
	ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA
AASHTO	A-4(3)

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/8

Fecha
25/05/2022

**01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19**

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	583.7	588.9
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	543.6	549.3
Peso del Recipiente	m3	(1g)	83.7	88.9
Peso del agua	$M_w = m_1 - m_2$	(1g)	40.1	39.6
Peso de la Muestra seca	$M_s = m_2 - m_3$	(1g)	459.9	460.4
Contenido de agua	$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	0.1%	8.7	8.6
Contenido de Humedad		0.1%	8.7	

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
CP.CBR.ZI005.22

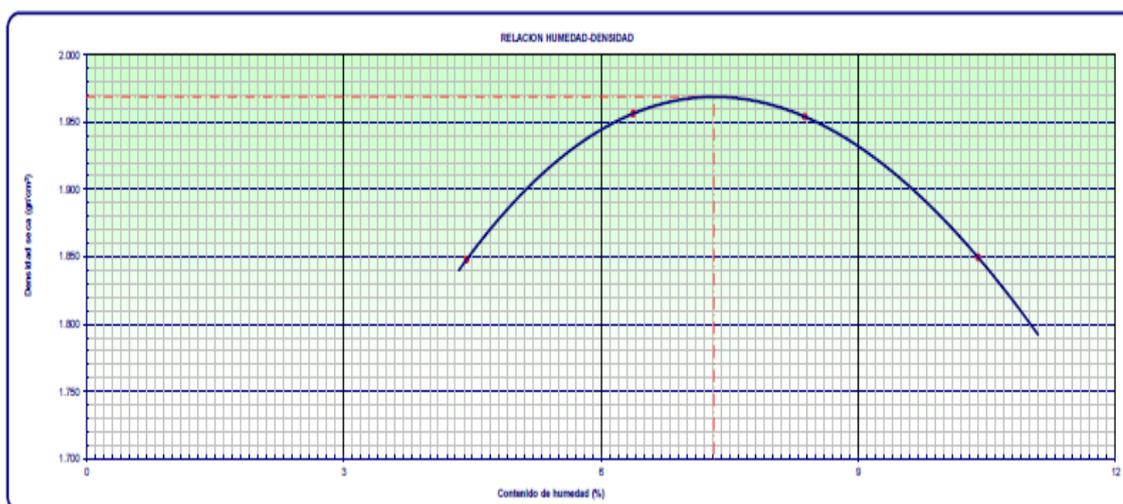
Página
6/8

Fecha
25/05/2022

01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg ↔ 200 Libras	457.2 mm ↔ 18.00 Pulgas	2124
Metodo Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10730	11064	11132	10871
Masa del molde + base	Pm	g.	8834	8834	8834	8834
Masa suelo húmedo compactado	P = Pt - Pm	g.	4099	4420	4498	4337
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrica húmedo	Yw = P/V	g/cm ³	1.930	2.081	2.118	2.042
Masa del suelo húmedo + bandeja	M1	g.	2724.1	2873.1	2874.2	2833.2
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2818.0	2723.3	2881.0	2887.8
Masa de la bandeja	M3	g.	224.1	373.1	374.2	433.2
Masa de agua	Pw = M1 - M2	g.	106.1	149.8	193.2	235.4
Masa del suelo seco	Ps = M2 - M3	g.	2393.9	2350.2	2306.8	2264.6
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	4.4	6.4	8.4	10.4
Peso volumétrico seco	Ys = (Yw * 100) / (W + 100)	g/cm ³	1.848	1.956	1.954	1.850
Densidad máxima (g/cm ³)						1.97
Humedad óptima (%)						7.32



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.97 g/cm³ y la humedad óptima es 7.32 %, además La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

 Muestra N°
ZI.112.01/22

 Reporte N°
CBR.ZI006.22

 Página
7/8

 Fecha
25/05/2022

 01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

Tipo de Compactación

Peso del Pisón

Altura de caída (mm)

Metodo Utilizado

MODIFICADO

91 Kg <> 200 Libras

457.2 mm <> 18.00 Pulgadas

CBR

COMPACTACIÓN

Molde N°		1		2		3	
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
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	gr.	11772	12001	11090	11367	10843	11392
Masa de molde + base	gr.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	gr.	4518	4747	4248	4525	3913	4482
Volumen del molde	cm ³	2134	2165	2146	2180	2133	2168
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.117	2.224	1.979	2.109	1.835	2.092
Masa suelo húmedo + bandeja	gr.	557.1	584.2	589.4	582.4	551.3	573.3
Masa suelo seco + bandeja	gr.	522.9	538.2	554.9	538.5	516.8	520.5
Masa de bandeja	gr.	57.1	84.2	89.4	82.4	51.3	73.3
Masa de agua	gr.	34.2	46.0	34.5	43.9	34.5	52.8
Masa de suelo seco	gr.	465.8	454.0	465.5	456.1	465.5	447.2
Contenido de humedad (%)	%	7.3	10.1	7.4	9.6	7.4	11.8
Densidad seca (g/cm ³)	gr/cm ³	1.972	1.990	1.843	1.893	1.708	1.841

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/05/2022	10:45 a.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
20/05/2022	10:45 a.m	24	0.038	0.97	0.8	0.043	1.09	0.9	0.047	1.19	1.0
21/05/2022	10:45 a.m	48	0.049	1.24	1.1	0.053	1.35	1.2	0.058	1.47	1.3
22/05/2022	10:45 a.m	72	0.055	1.40	1.2	0.061	1.55	1.3	0.063	1.60	1.4
23/05/2022	10:45 a.m	96	0.058	1.47	1.3	0.063	1.60	1.4	0.064	1.63	1.4

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.635		3.531	360.1			0.712	72.6			0.156	15.9		
1.270		7.753	790.6			2.578	262.9			0.433	44.2		
1.905		10.381	1058.6			4.402	448.9			0.715	72.9		
2.540	70.5	12.843	1309.6	1289.8	95	5.425	553.2	526.0	39	1.013	103.3	98.5	7
3.810		15.722	1603.2			6.827	696.1			1.502	153.2		
5.080	105.7	19.418	1980.1	1980.3	96	8.911	908.7	912.3	45	1.793	182.8	180.9	9
6.350		21.823	2225.3			10.618	1082.7			2.310	235.6		
7.620		23.723	2419.0			11.730	1196.1			2.845	290.1		
10.160		28.247	2880.3			13.920	1419.4			3.418	348.5		
12.700		32.417	3305.6			15.803	1611.4			4.417	450.4		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas

La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Muestra N°
ZI.112.01/22

Reporte N°
CBR.ZI006.22

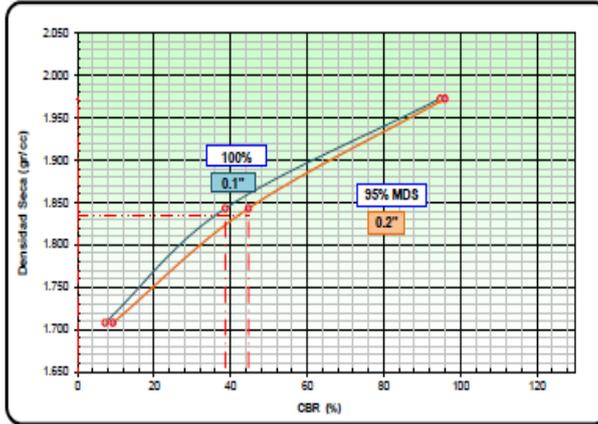
Página
8/8

Fecha
25/05/2022

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

DETERMINACIÓN DEL CBR

DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO



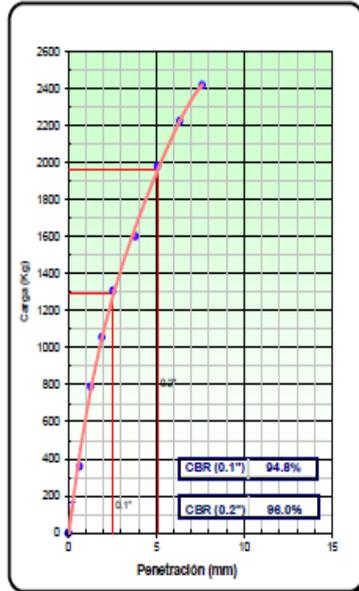
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1.930
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.932
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	8.60
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.835

PORCENTAJE DEL CBR

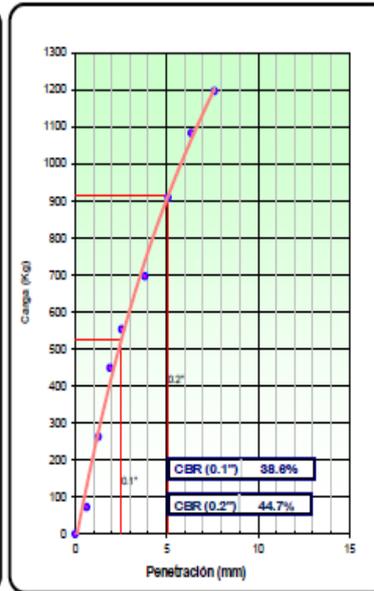
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	38.6	0.2":	44.7
------------------------------	-------	------	-------	------

OBSERV.: El CBR al 100 % de MDS (%) que se va ha utilizar para el diseño de capas es 38.6%.

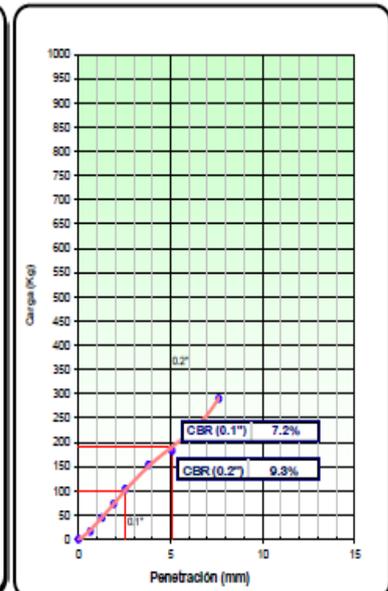
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones:

Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizo la correccion, para obtener el nuevo origen de la curva.
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Estudio	Proyecto del Solicitante	
ZI.112.02/22	Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco	
Descripción del proceso:		Datos del solicitante
Proctor Modificado y su Corrección de Humedad y Densidad Máxima Seca		CANTA CHOMBO, Dennis Henry
Requisitos y especificaciones del solicitante:	Fecha de reporte de resultados:	Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion
Ninguna	25/10/2022	
Muestra N°	Ref. Solicitante	Fecha de recepción:
ZI.112.02/22	Combinación de Arcilla de Huancamachay (80%) y Ceniza de Sacrafamilia (20%)	10/05/2022

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm ³) = 1.93 Humedad óptima (%) = 7.34	PM.ZI001.22
01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño	ASTM D4718/4718M-15	Humedad Corregida (%) = 7.36 Maxima Densidad Corregida (gr/cm ³) = 1.97	CPUW.ZI002.22

Anexos : 02 Reportes de Ensayo (3 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.02/22

Reporte N°
PM.ZI001.22

Página
2/3

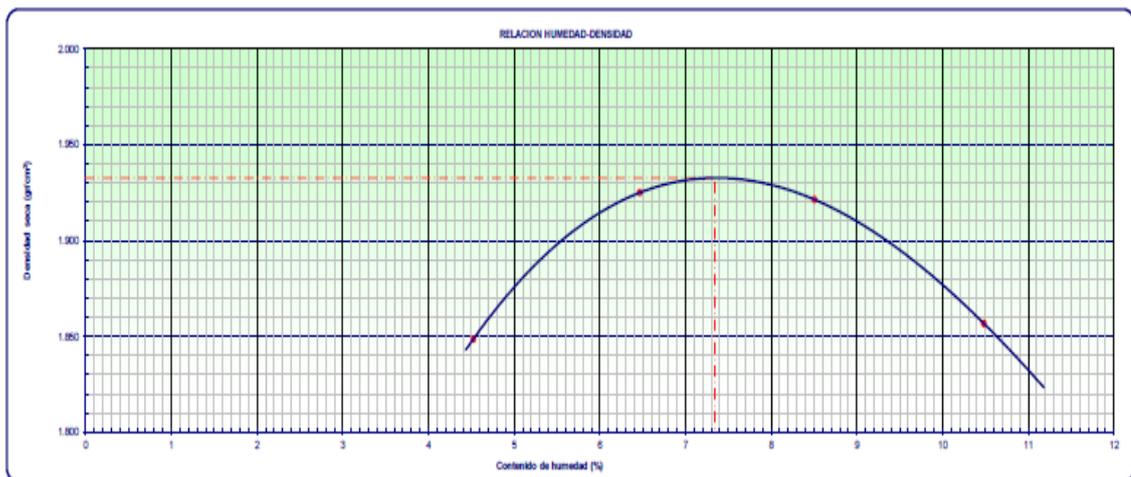
Fecha
25/10/2022

01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg ⇔ 200 Libras	457.2 mm ⇔ 18.00 Pulgas	2124
Método Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10738	10887	11082	10881
Masa del molde + base	Pm	g.	8834	8834	8834	8834
Masa suelo húmedo compactado	P= Pt-Pm	g.	4104	4353	4428	4357
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrica húmedo	Yw=P/V	g/cm ³	1.932	2.049	2.085	2.051
Masa del suelo húmedo+bandeja	M1	g.	2761.0	2881.4	2868.2	2823.2
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2842.6	2788.9	2882.0	2886.0
Masa de la bandeja	M3	g.	244.0	387.1	366.2	412.4
Masa de agua	Pw=M1 - M2	g.	108.5	151.5	196.2	238.2
Masa del suelo seco	Ps=M2 - M3	g.	2398.5	2342.8	2308.8	2272.6
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	4.5	6.5	8.5	10.5
Peso volumétrico seco	Ys=(Yw*100)/(W+100)	g/cm ³	1.849	1.925	1.921	1.857

Densidad máxima (g/cm ³)	1.93
Humedad óptima (%)	7.34



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.93 g/cm³ y la humedad óptima es 7.34%, además La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.112.02/22

Reporte N°
CPUW.ZI002.22

Página
3/3

Fecha
25/10/2022

01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño ASTM D4718/D4718M-15

A. Corrección para el contenido de humedad (MC) - Muestra Total

Datos:

Masa total de la Muestra Menor a 3" (0.1 g) =	5955.0		
Masa Retenida en 3/4" (0.1 g) =	20045.0	Porcentaje Retenido en 3/4" (%) =	19.85
Masa Pasante en 3/4" (0.1 g) =	26000.0	Porcentaje Pasante en 3/4" (%) =	80.15
Humedad Optima del Proctor (%) =	7.34		
Absorción de las gravas (%) =	7.45		

Formula:

$$CH = [(\%Pasante\ 3/4" \times W\ optima) + (\%Retenido\ 3/4" \times Abs.\ Gravas)]$$

Resultado de la humedad Corregida (CH):

$$CH = 7.36 \%$$

B. Corrección para Maxima Densidad Seca - Muestra Total

Datos:

Densidad del Proctor = 1.93 g/cm3 Valor de Proctor sin corrección

Formula:

$$DSC = [100 \times (Df) \times (Gm) \times (Dw)] / [(Df \times Pc) + (Gm \times Dw \times Pf)]$$

DSC= Corrección de peso unitario seco del material total calculado

Df	⇒	Optima Densidad Seca Fracción Fina (g/cm3)	=	1.93
Gm	⇒	Gravedad Especifico de la Grava (g/cm3)	=	2.18
DW	⇒	Peso Unitario del Agua (g/cm3)	=	1.00
Pc	⇒	Porcentaje de Sobretamaño > 3/4 (%)	=	19.85
Pf	⇒	Porcentaje de Fracción Fina < 3/4 (%)	=	80.15

Resultado de la corrección para Maxima Densidad Seca (DSC):

$$DSC = 1.97\ g/cm3$$

Observaciones: El especimen ensayado fue corregida a partir de la malla pasante de 3", y retenida en la malla 3/4".
La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

4. CENIZA DE CAL (30%) CON ARCILLA (70%)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

095.01/2022

Pág. 1 de 8

Estudio Proyecto del Solicitante
ZI.095.01/22 Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yaruyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Descripción del proceso:
 Caracterización del Suelo

Datos del solicitante

CANTA CHOMBO, Dennis Henry

Requisitos y especificaciones del solicitante:

Ninguna

Fecha de orden de servicio:

25/05/2022

Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion

Muestra N°

ZI.095.01/22

Ref. Solicitante

Combinación de Arcilla de Huancamachay (70%) y Ceniza de Sacrafamilia (30%)

Fecha de recepción:

10/05/2022

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yaruyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fracción Retenida del Suelo T # 3' = 0.0 T # N° 20 = 3.35 T # 2' = 0.0 T # N° 40 = 3.62 T # 1 1/2' = 257.0 T # N° 60 = 3.67 T # 1' = 433.0 T # N° 100 = 2.22 T # 3/4' = 462.1 T # N° 140 = 2.76 T # 3/8' = 214.2 T # N° 200 = 2.82 T # N° 4 = 173.3 T <# N° 200 = 57.20 T # N° 10 = 3.24	AG.ZI001.22
01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 32.0 LP = 23.0 IP = 9.0	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	SUCS : $\frac{CL}{ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA}$ AASHTO : A-4(2)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 6.60	W.ZI004.22
01.05. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm ³) = 1.95 Humedad óptima (%) = 7.95	CPE.ZI005.22
01.06. C.B.R.	ASTM D1883-21	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) = 42.00	CD.ZI006.22

Anexos : 06 Reportes de Ensayo (8 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.095.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Pagina
2/8

Fecha
25/05/2022

01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

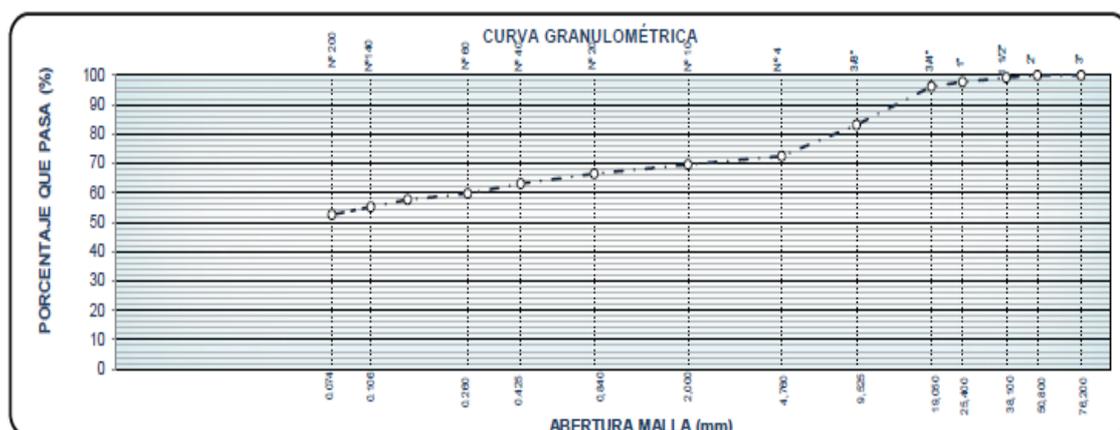
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	257.0	0.9	0.9	99.1
1"	25.00	433.0	1.4	2.3	97.7
3/4"	19.00	462.1	1.5	3.8	96.2
3/8"	9.50	214.2	13.1	16.9	83.1
N° 4	4.75	173.3	10.6	27.5	72.5
N° 10	2.00	3.24	3.0	30.5	69.5
N° 20	0.840	3.35	3.1	33.5	66.5
N° 40	0.425	3.62	3.3	36.9	63.1
N° 60	0.250	3.67	3.4	40.2	59.8
N° 100	0.150	2.22	2.0	42.3	57.7
N° 140	0.106	2.76	2.5	44.8	55.2
N° 200	0.075	2.82	2.6	47.4	52.6
< N° 200	0.000	57.20	52.6	100.1	-0.1

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	3.81
2do Fraccionamiento	N° 4	24.8

% Grava = 27.5
% Arena = 20.0
% Finos = 52.6

D10 (%)	=	-0.45
D30 (%)	=	-0.20
D60 (%)	=	0.27
Cu	=	0
Cc	=	0



Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO
Muestra N°
 ZI.095.01/22

Reporte N°
 LC.ZI002.22

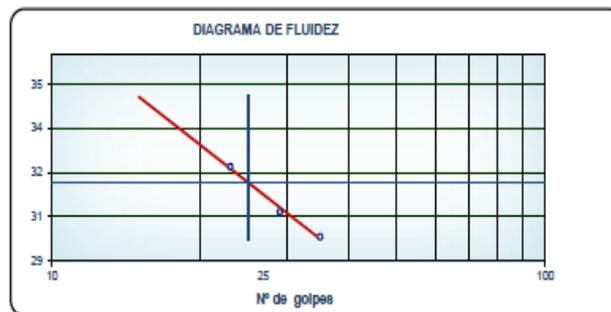
Página
 3/8

Fecha
 25/05/2022

01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada: Destilada: <input type="checkbox"/> Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/> Otras: <input type="checkbox"/>		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>

Limite Líquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.48	13.69	13.73
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	30.41	30.69	33.19
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	26.52	26.70	28.45
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	3.89	3.99	4.74
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	13.04	13.01	14.72
Contenido de agua	$w = \frac{ws}{ws} \times 100$	0.1%	29.83	30.67	32.2
Numero de golpes			35	29	23
Limite Líquido		(%)	32		



Límite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.03	13.63
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	21.22	20.89
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.88	19.54
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1.34	1.35
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.85	5.91
Contenido de agua	$w = \frac{ws}{ws} \times 100$	0.1%	22.91	22.84
Limite de Plasticidad		(%)	23	
Índice de Plasticidad		(%)	9	

Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.095.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Página
4/8

Fecha
25/05/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	(%)	(%)	44702.0	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	99.1	97.7	96.2	83.1	72.5	69.5	66.5	63.1	59.8	57.7	55.2	52.8

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (AASHTM D4318)

LL.	LP.	IP.
(%)	(%)	(%)
32	23	9

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	CL
	ARCILLA LIGERA CON MUCHA GRAVA
AASHTO	A-4(2)

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.095.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/8

Fecha
25/05/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	553.4	555.3
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	523.6	523.3
Peso del Recipiente	m3	(1g)	53.4	55.3
Peso del agua	Mw=m1-m2	(1g)	29.8	32
Peso de la Muestra seca	Ms=m2-m3	(1g)	470.2	468
Contenido de agua	$w = \frac{Mw}{Ms} \times 100$	0.1%	6.3	6.8
Contenido de Humedad		0.1%	6.6	

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.095.01/22

Reporte N°
CP.CBR.ZI005.22

Página
6/8

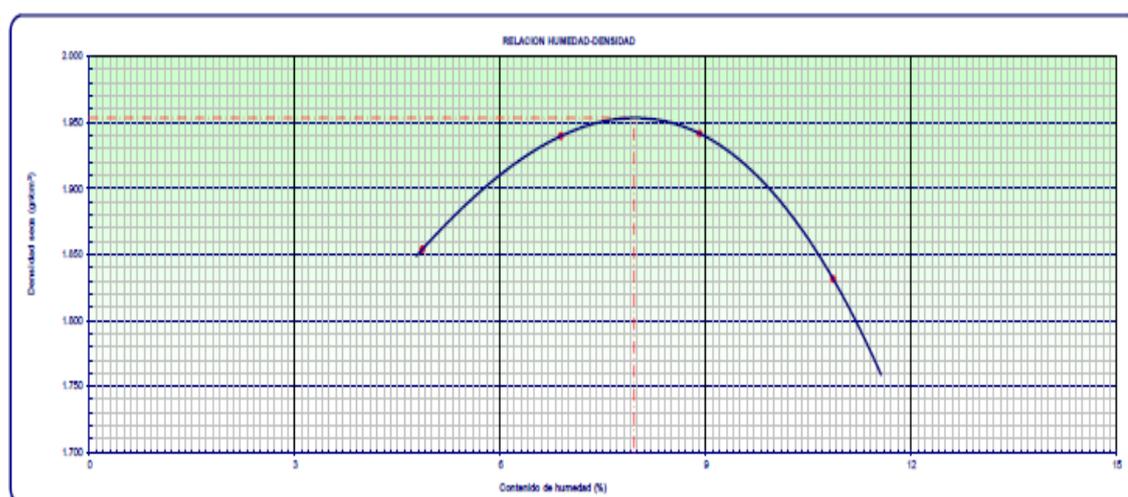
Fecha
25/05/2022

01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg ⇨ 200 Libras	457.2 mm ⇨ 18.00 Pulgas	2124
Metodo Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10788	11037	11126	10948
Masa del molde + base	Pm	g.	8834	8834	8834	8834
Masa suelo húmedo compactado	P = Pt - Pm	g.	4129	4403	4491	4312
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrica húmedo	Yw = P/V	gr/cm ³	1.944	2.073	2.114	2.030
Masa del suelo húmedo + bandeja	M1	g.	2728.0	2888.6	2888.7	2818.9
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2612.1	2708.6	2684.2	2672.0
Masa de la bandeja	M3	g.	228.4	388.6	388.7	418.9
Masa de agua	Pw = M1 - M2	g.	115.9	181.0	204.5	244.9
Masa del suelo seco	Ps = M2 - M3	g.	2383.7	2339.0	2295.5	2255.1
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	4.9	6.9	8.9	10.9
Peso volumétrico seco	Ys = (Yw * 100) / (W + 100)	g/cm ³	1.854	1.939	1.941	1.831

Densidad máxima (gr/cm ³)	1.95
Humedad óptima (%)	7.95



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.95 gr/cm³ y la humedad óptima es 7.95%, además la muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.095.01/22

Reporte N°
CBR.ZI006.22

Página
7/8

Fecha
25/05/2022

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Metodo Utilizado
MODIFICADO	91 Kg ⇔ 200 Libras	457.2 mm ⇔ 18.00 Pulgadas	CBR

COMPACTACIÓN							
		1		2		3	
Molde N°							
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
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	gr.	11759	11989	11149	11470	10881	11498
Masa de molde + base	gr.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	gr.	4505	4735	4307	4628	3951	4568
Volumen del molde	cm ³	2134	2169	2146	2184	2133	2171
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.111	2.219	2.007	2.157	1.852	2.142
Masa suelo húmedo + bandeja	gr.	551.6	587.1	587.8	585.6	554.0	582.0
Masa suelo seco + bandeja	gr.	515.2	541.7	550.0	537.0	515.7	526.9
Masa de bandeja	gr.	51.6	87.1	87.8	85.6	54.0	82.0
Masa de agua	gr.	36.4	45.4	37.8	48.6	38.3	55.1
Masa de suelo seco	gr.	463.6	454.6	482.2	451.4	461.7	444.9
Contenido de humedad (%)	%	7.9	10.0	8.2	10.8	8.3	12.4
Densidad seca (g/cm ³)	gr/cm ³	1.957	1.985	1.855	1.913	1.710	1.872

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/05/2022	12:05 p.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
12/05/2022	12:05 p.m	24	0.046	1.17	1.0	0.049	1.24	1.1	0.050	1.27	1.1
13/05/2022	12:05 p.m	48	0.057	1.45	1.2	0.058	1.47	1.3	0.059	1.50	1.3
14/05/2022	12:05 p.m	72	0.057	1.45	1.2	0.066	1.88	1.4	0.068	1.73	1.5
15/05/2022	12:05 p.m	96	0.064	1.83	1.4	0.069	1.75	1.5	0.070	1.78	1.5

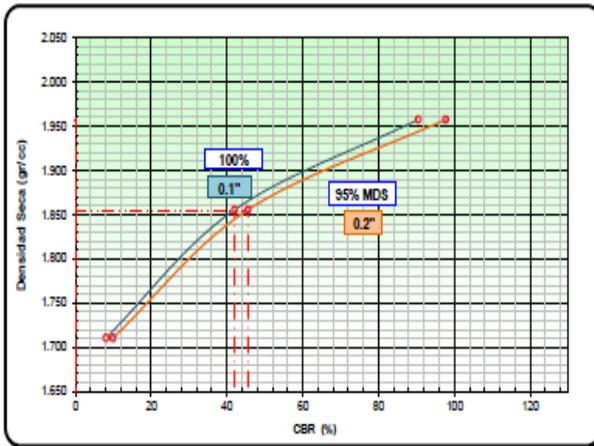
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.835		2.857	291.3			2.092	213.3			0.119	12.1		
1.270		6.706	683.8			2.558	260.8			0.537	54.8		
1.905		9.527	971.5			4.136	421.7			0.882	89.9		
2.540	70.5	12.072	1231.0	1231.6	90	6.351	647.6	571.9	42	1.162	118.5	110.0	8
3.810		16.035	1635.1			7.386	753.2			1.473	150.2		
5.080	105.7	19.509	1989.3	1995.3	98	9.036	921.4	929.9	46	1.974	201.3	203.0	10
6.350		22.062	2249.7			10.472	1067.8			2.467	251.6		
7.620		24.034	2450.7			11.644	1187.3			2.883	294.0		
10.160		27.234	2777.1			13.851	1412.4			3.554	362.4		
12.700		30.353	3095.1			15.423	1572.7			4.166	424.8		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

DETERMINACIÓN DEL CBR

DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO



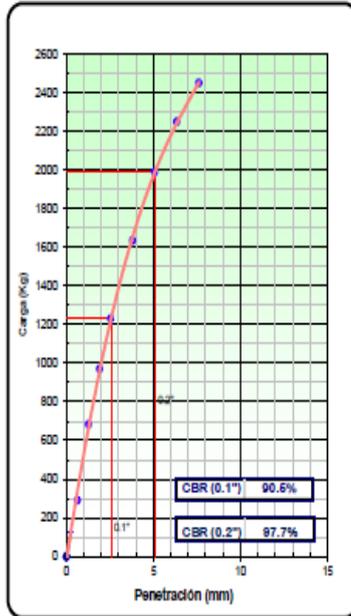
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1.950
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.951
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	7.95
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.853

PORCENTAJE DEL CBR

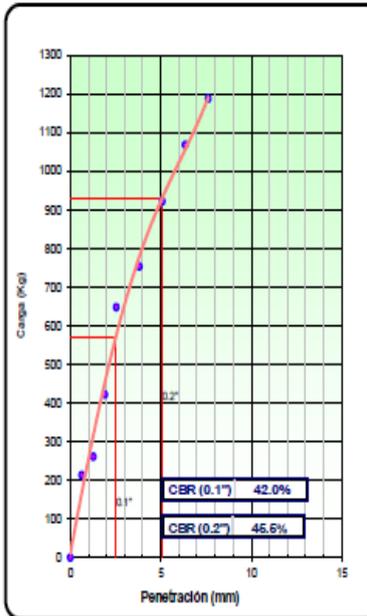
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	42.0	0.2":	45.5
------------------------------	-------	------	-------	------

OBSERV.: El CBR al 100 % de MDS (%) que se va a utilizar para el diseño de capas es 42 %.

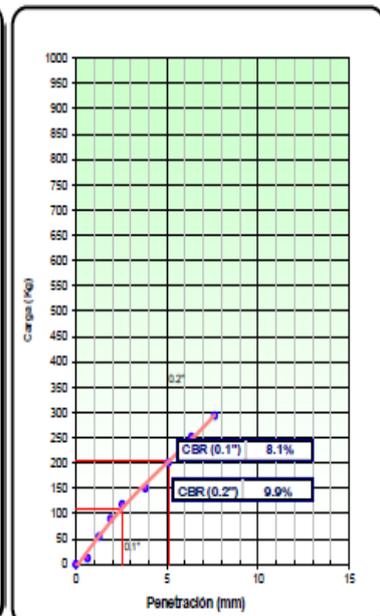
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizó la corrección, para obtener el nuevo origen de la curva.
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Estudio	Proyecto del Solicitante	
ZI.095.02/22	Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco	
Descripción del proceso:	Proctor Modificado y su Corrección de Humedad y Densidad Maxima Seca	Datos del solicitante
Requisitos y especificaciones del solicitante:	Ninguna	Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion
Muestra N°	Ref. Solicitante	Fecha de recepción:
ZI.093.02/22	Combinación de Arcilla de Huancamachay (70%) y Ceniza de Sacrafamilia (30%)	10/05/2022
Fecha de reporte de resultados:	25/10/2022	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm3) = 1.91 Humedad óptima (%) = 7.67	PM.ZI001.22
01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño	ASTM D4718/4718M-15	Humedad Corregida (%) = 8.16 Maxima Densidad Corregida (gr/cm: = 1.94	CPUW.ZI002.22

Anexos : 02 Reportes de Ensayo (3 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deba reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.02/22

Reporte N°
PM.ZI001.22

Página
2/3

Fecha
25/10/2022

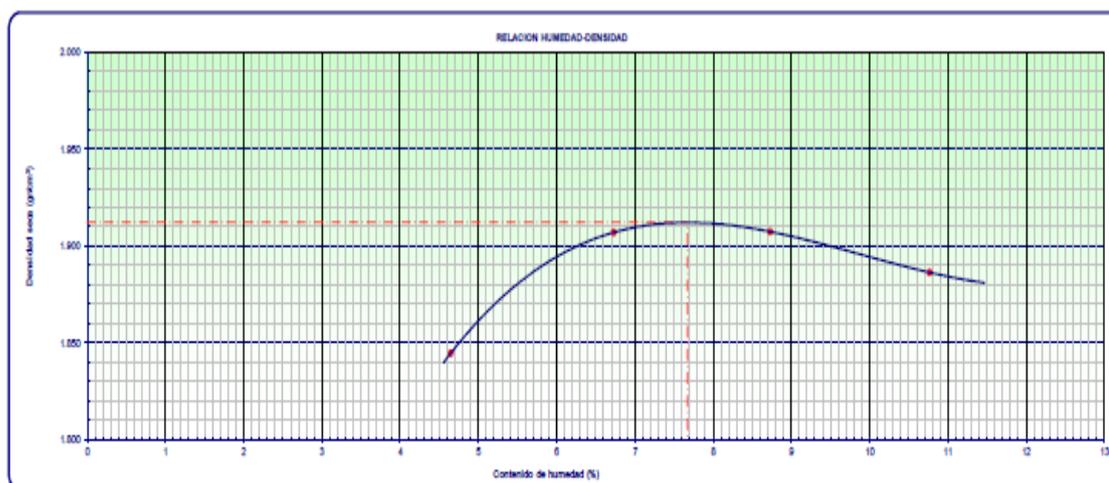
01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm ³)
MODIFICADO	91 Kg ⇔ 200 Libras	457.2 mm ⇔ 18.00 Pulgas	2124
Metodo Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10794	10867	11038	11072
Masa del molde + base	Pm	g.	8834	8834	8834	8834
Masa suelo húmedo compactado	Pt - Pm	g.	4100	4323	4405	4438
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	Yw*P/V	gr/cm ³	1.930	2.035	2.074	2.089
Masa del suelo húmedo+bandeja	M1	g.	2733.0	2881.6	2868.7	2906.0
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2822.0	2703.8	2868.0	2883.0
Masa de la bandeja	M3	g.	233.0	381.6	363.7	406.0
Masa de agua	Pw=M1 - M2	g.	111.0	157.8	200.7	243.0
Masa del suelo seco	Ps=M2 - M3	g.	2389.0	2342.4	2289.3	2257.0
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	4.6	6.7	8.7	10.8
Peso volumétrico seco	Ys=(Yw*100)/(W+100)	g/cm ³	1.845	1.907	1.907	1.886

Densidad máxima (gr/cm³) 1.91

Humedad óptima (%) 7.67



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.91 gr/cm³ y la humedad óptima es 7.67%, además La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.093.02/22

Reporte N°
CPUW.ZI002.22

Página
3/3

Fecha
25/10/2022

01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño ASTM D4718/D4718M-15

A. Corrección para el contenido de humedad (MC) - Muestra Total

Datos:

Masa total de la Muestra Menor a 3" (0.1 g) =	54191.0		
Masa Retenida en 3/4" (0.1 g) =	12095.0	Porcentaje Retenido en 3/4" (%) =	22.30
Masa Pasante en 3/4" (0.1 g) =	42096.0	Porcentaje Pasante en 3/4" (%) =	77.70
Humedad Optima del Proctor (%) =	7.67		
Absorción de las gravas (%) =	9.87		

Formula:

$$CH = [(\%Pasante\ 3/4" \times W\ optima) + (\%Retenido\ 3/4" \times Abs.\ Gravitas)]$$

Resultado de la humedad Corregida (CH):

$$CH = 8.16 \%$$

B. Corrección para Maxima Densidad Seca - Muestra Total

Datos:

Densidad del Proctor = 1.91 g/cm3 Valor de Proctor sin corrección

Formula:

$$DSC = [100 \times (Df) \times (Gm) \times (Dw)] / [(Df \times Pc) + (Gm \times Dw \times Pf)]$$

DSC= Corrección de peso unitario seco del material total calculado

Df	⇒	Optima Densidad Seca Fracción Fina (g/cm3)	=	1.91
Gm	⇒	Gravedad Especifico de la Grava (g/cm3)	=	2.09
DW	⇒	Peso Unitario del Agua (g/cm3)	=	1.00
Pc	⇒	Porcentaje de Sobretamaño > 3/4 (%)	=	18.10
Pf	⇒	Porcentaje de Fracción Fina < 3/4 (%)	=	81.90

Resultado de la corrección para Maxima Densidad Seca (DSC):

$$DSC = 1.94\ g/cm^3$$

Observaciones: El especimen ensayado fue corregida a partir de la malla pasante de 3", y retenida en la malla 3/4".
La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

5. CENIZA DE CAL (40%) CON ARCILLA (60%)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

114.01/2022

Pág. 1 de 8

Estudio Proyecto del Solicitante
ZI.114.01/22 Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Descripción del proceso:
Caracterización del Suelo

Datos del solicitante

CANTA CHOMBO, Dennis Henry

Requisitos y especificaciones del solicitante:

Fecha de orden de servicio:

Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion

Ninguna

25/05/2022

Muestra N°

Ref. Solicitante

Fecha de recepción:

ZI.114.01/22

Combinacion de Arcilla de Huancamachay (60%) y Ceniza de Sacrafamilia (40%)

10/05/2022

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fración Retenida del Suelo T # 3' = 0.0 T # N° 20 = 3.79 T # 2' = 0.0 T # N° 40 = 4.05 T # 1 1/2' = 225.6 T # N° 60 = 3.86 T # 1' = 386.6 T # N° 100 = 2.10 T # 3/4' = 419.4 T # N° 140 = 2.99 T # 3/8' = 205.7 T # N° 200 = 3.03 T # N° 4 = 166.7 T < N° 200 = 55.29 T # N° 10 = 3.64	AG.ZI001.22
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 32.0 LP = 24.0 IP = 8.0	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	SUCS : $\frac{ML}{LIMO\ CON\ MUCHA\ GRAVA\ Y\ CON\ ARENA}$ AASHTO : A-4(2)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 4.50	W.ZI004.22
01.05. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm3) = 1.93 Humedad óptima (%) = 8.60	CPE.ZI005.22
01.06. C.B.R.	ASTM D1883-21	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) = 38.10	CD.ZI006.22

Anexos : 06 Reportes de Ensayo (8 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deba reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Pagina
2/8

Fecha
25/05/2022

01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

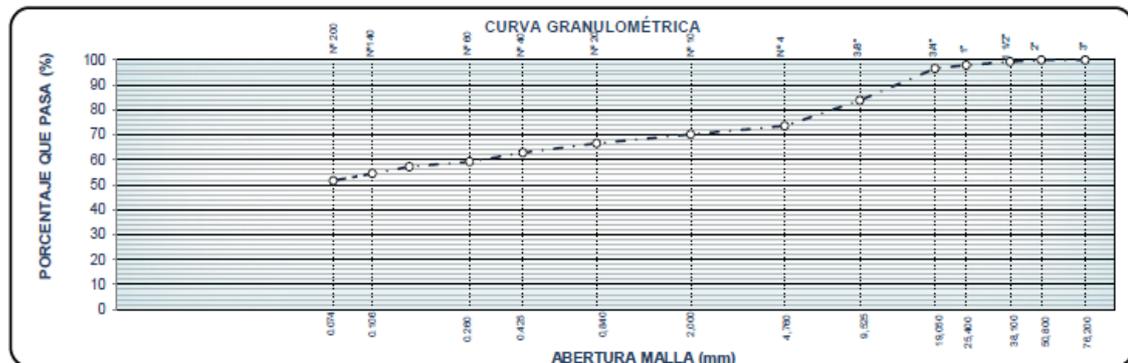
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	225.6	0.7	0.7	99.3
1"	25.00	386.6	1.3	2.0	98.0
3/4"	19.00	419.4	1.4	3.4	96.6
3/8"	9.50	205.7	12.7	16.2	83.8
N° 4	4.75	166.7	10.3	26.5	73.5
N° 10	2.00	3.64	3.4	29.9	70.1
N° 20	0.840	3.79	3.5	33.4	66.6
N° 40	0.425	4.05	3.8	37.2	62.8
N° 60	0.250	3.86	3.6	40.8	59.2
N° 100	0.150	2.10	2.0	42.8	57.2
N° 140	0.106	2.99	2.8	45.6	54.4
N° 200	0.075	3.03	2.8	48.4	51.6
< N° 200	0.000	55.29	51.6	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	3.43
2do Fraccionamiento	N° 4	23.9

% Grava = 26.5
% Arena = 21.9
% Finos = 51.6

D10 (%) =	-0.40
D30 (%) =	-0.17
D60 (%) =	0.30
Cu =	0
Cc =	0



Observaciones : _____

REPORTE DE ENSAYO
Muestra N°
 ZI.114.01/22

Reporte N°
 LC.ZI002.22

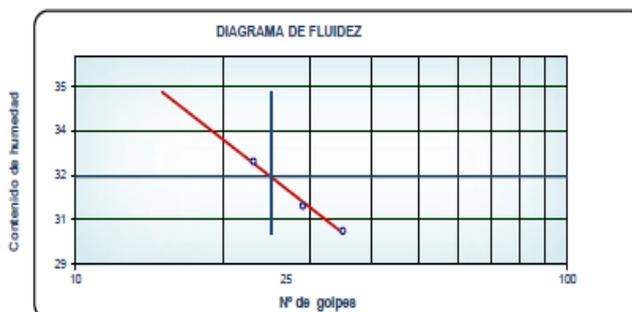
Página
 3/8

Fecha
 25/05/2022

01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad : <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire : <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno : <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Límite Líquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>		Otras: <input type="checkbox"/>

Limite Líquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.50	13.71	13.75
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	30.43	30.71	33.21
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	26.51	26.69	28.44
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	3.92	4.02	4.77
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	13.01	12.98	14.69
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	30.13	30.97	32.47
Numero de golpes			35	29	23
Limite Líquido		(%)	32		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.05	13.65
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	21.24	20.91
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.85	19.51
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1.39	1.4
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.8	5.88
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	23.97	23.89
Limite de Plasticidad		(%)	24	
Índice de Plasticidad		(%)	8	

Observaciones : _____



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Página
4/8

Fecha
25/05/2022

**01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO**

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia	Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco
-----------------------	--

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	(%)	(%)	44702.0	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	99.3	98.0	96.6	83.8	73.5	70.1	66.6	62.8	59.2	57.2	54.4	51.6

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (AASTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
32	24	8

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	ML
	LIMO CON MUCHA GRAVA Y CON ARENA
AASHTO	A-4(2)

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/8

Fecha
25/05/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	585.1	559.5
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	564.6	537.3
Peso del Recipiente	m3	(1g)	85.1	59.5
Peso del agua	Mw=m1-m2	(1g)	20.5	22.2
Peso de la Muestra seca	Ms=m2-m3	(1g)	479.5	477.8
Contenido de agua	$w = \frac{Mw}{Ms} \times 100$	0.1%	4.3	4.6
Contenido de Humedad		0.1%	4.5	

Observaciones: _____

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.01/22

Reporte N°
CBR.ZI006.22

Página
7/8

Fecha
25/05/2022

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

Tipo de Compactación

Peso del Pisón

Altura de caída (mm)

Metodo Utilizado

MODIFICADO

91 Kg <> 200 Libras

457.2 mm <> 18.00 Pulgadas

CBR

COMPACTACIÓN

		1		2		3	
Molde N°							
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
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	gr.	11732	11963	11069	11432	10761	11438
Masa de molde + base	gr.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	gr.	4478	4709	4227	4590	3831	4508
Volumen del molde	cm ³	2134	2172	2146	2187	2133	2172
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.098	2.207	1.970	2.139	1.796	2.113
Masa suelo húmedo + bandeja	gr.	552.7	581.2	583.1	589.0	557.2	589.1
Masa suelo seco + bandeja	gr.	513.1	532.1	543.0	536.7	517.0	531.2
Masa de bandeja	gr.	52.7	81.2	83.1	89.0	57.2	89.1
Masa de agua	gr.	39.6	49.1	40.1	52.3	40.2	57.9
Masa de suelo seco	gr.	460.4	450.9	459.9	447.7	459.8	442.1
Contenido de humedad (%)	%	8.6	10.9	8.7	11.7	8.7	13.1
Densidad seca (g/cm ³)	gr/cm ³	1.932	1.955	1.812	1.879	1.652	1.835

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/05/2022	09:12 a.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
15/05/2022	09:12 a.m	24	0.049	1.24	1.1	0.053	1.35	1.2	0.054	1.37	1.2
16/05/2022	09:12 a.m	48	0.060	1.52	1.3	0.063	1.60	1.4	0.064	1.63	1.4
17/05/2022	09:12 a.m	72	0.068	1.73	1.5	0.074	1.88	1.6	0.072	1.83	1.6
18/05/2022	09:12 a.m	96	0.070	1.78	1.5	0.075	1.91	1.6	0.072	1.83	1.6

PENETRACION

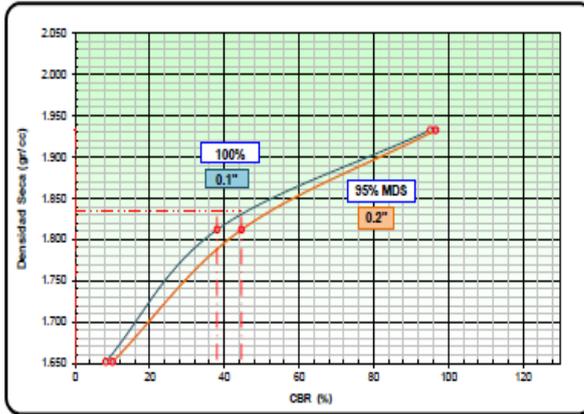
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.835		3.723	379.6			0.603	61.5			0.111	11.3		
1.270		7.832	798.6			2.737	279.1			0.541	55.2		
1.905		10.431	1063.6			4.220	430.3			0.823	83.9		
2.540	70.5	12.912	1316.6	1295.3	95	5.260	536.4	517.9	38	1.192	121.5	112.3	8
3.810		15.821	1613.3			6.753	688.6			1.631	166.3		
5.080	105.7	19.592	1997.8	1972.9	97	9.031	920.9	910.6	45	1.923	196.1	205.3	10
6.350		21.991	2242.4			10.488	1069.5			2.467	251.6		
7.620		23.856	2432.6			11.601	1183.0			2.933	299.1		
10.160		28.451	2901.1			13.862	1413.5			3.594	366.5		
12.700		32.632	3327.5			16.053	1638.9			4.612	470.3		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas

La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

01.06 - CBR
ASTM D1883 - 21

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

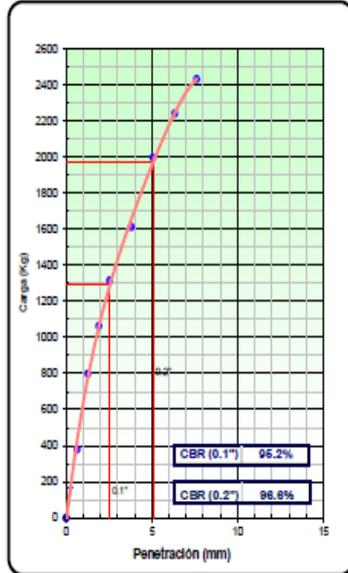
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1.930
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.932
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	8.60
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.835

PORCENTAJE DEL CBR

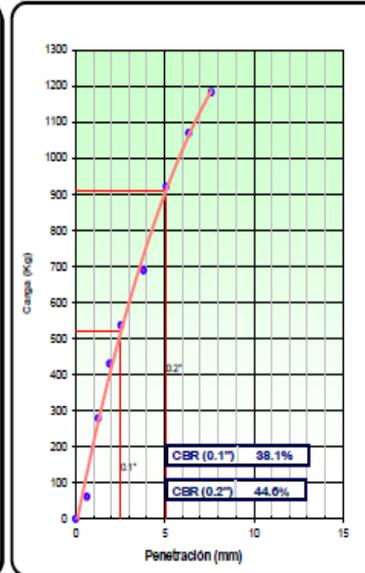
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	38.1	0.2":	44.6
------------------------------	-------	------	-------	------

OBSERV.: El CBR al 95 % de MDS (%) que se va ha utilizar para el diseño de capas es 38.1 %.

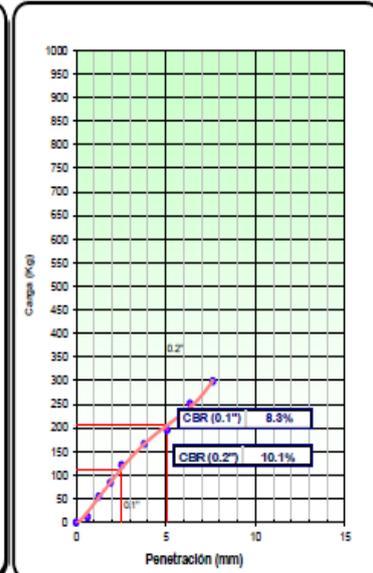
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizo la correccion, para obtener el nuevo origen de la curva.
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Estudio	Proyecto del Solicitante		
ZI.114.02/22	Influencia de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Ceniza del Cal en la Capacidad Portante para Uso como Capa de Rodadura a Nivel de Afirmado en la Carretera Lulicocha - Huancamachay - Distrito de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco		
Descripción del proceso:			Datos del solicitante
Proctor Modificado y su Corrección de Humedad y Densidad Máxima Seca			CANTA CHOMBO, Dennis Henry
Requisitos y especificaciones del solicitante:		Fecha de reporte de resultados:	Tesis de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion
Ninguna		25/10/2022	
Muestra N°	Ref. Solicitante	Fecha de recepción:	
ZI.114.02/22	Combinación de Arcilla de Huancamachay (60%) y Ceniza de Sacrafamilia (40%)	10/05/2022	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Arcilla de Huancamachay - Distrito de San Francisco de Asis de Yarusyacan - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01. Proctor Modificado	ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)	Densidad máxima (gr/cm ³) = 1.89 Humedad óptima (%) = 7.93	PM.ZI001.22
01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño	ASTM D4718/4718M-15	Humedad Corregida (%) = 8.96 Máxima Densidad Corregida (gr/cm ³) = 1.91	CPUW.ZI002.22

Anexos : 02 Reportes de Ensayo (3 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.02/22

Reporte N°
PM.ZI001.22

Página
2/3

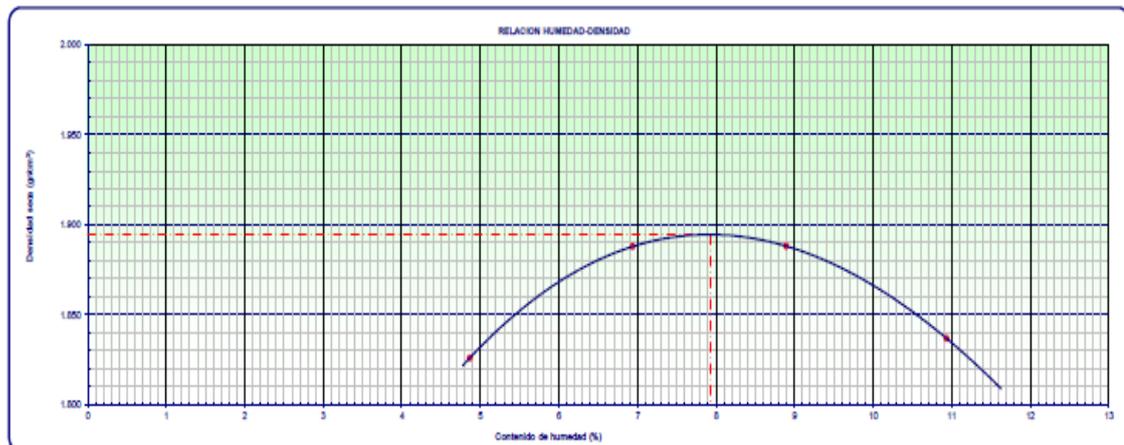
Fecha
25/10/2022

**01.05 - PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-12 (Reapproved 2021)**

Tipo de Compactación	Peso del Pisón	Altura de caída (mm)	Volumen del molde - V (cm³)
MODIFICADO	91 Kg <- 200 Libras	457.2 mm <- 18.00 Pulgas	2124
Método Utilizado	N° de capas	N° de Golpes	Peso del Molde - Pm (g)
METODO C	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10701	10822	11001	10882
Masa del molde + base	Pm	g.	8834	8834	8834	8834
Masa suelo húmedo compactado	P = Pt - Pm	g.	4067	4288	4367	4328
Volumen del molde	V	cm ³	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	Yw = P/V	g/cm ³	1.915	2.019	2.058	2.038
Masa del suelo húmedo + bandeja	M1	g.	2744.0	2887.1	2866.2	2912.4
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	2828.0	2704.8	2861.0	2888.0
Masa de la bandeja	M3	g.	244.0	387.1	366.2	412.4
Masa de agua	Pw = M1 - M2	g.	116.0	182.2	204.2	246.4
Masa del suelo seco	Ps = M2 - M3	g.	2384.0	2337.8	2295.8	2253.6
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	4.9	6.9	8.9	10.9
Peso volumétrico seco	Ys = (Yw * 100) / (W + 100)	g/cm ³	1.826	1.888	1.888	1.837

Densidad máxima (g/cm ³)	1.88
Humedad óptima (%)	7.93



Observaciones: La densidad máxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.89 g/cm³ y la humedad óptima es 7.93%, además La muestra fue Identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.114.02/22

Reporte N°
CPUW.ZI002.22

Página
3/3

Fecha
25/10/2022

01.02. Corrección del Peso Unitario y Contenido de Humedad para Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño ASTM D4718/D4718M-15

A. Corrección para el contenido de humedad (MC) - Muestra Total

Datos:

Masa total de la Muestra Menor a 3" (0.1 g) =	4650.0		
Masa Retenida en 3/4" (0.1 g) =	25350.0	Porcentaje Retenido en 3/4" (%) =	15.50
Masa Pasante en 3/4" (0.1 g) =	30000.0	Porcentaje Pasante en 3/4" (%) =	84.50
Humedad Optima del Proctor (%) =	7.93		
Absorción de las gravas (%) =	14.59		

Formula:

$$CH = \frac{[(\%Pasante\ 3/4" \times W\ optima) + (\%Retenido\ 3/4" \times Abs.\ Gravas)]}{100}$$

Resultado de la humedad Corregida (CH):

$$CH = 8.96 \%$$

B. Corrección para Maxima Densidad Seca - Muestra Total

Datos:

Densidad del Proctor = 1.89 g/cm3 Valor de Proctor sin corrección

Formula:

$$DSC = \frac{100 \times (Df)^2 \times (Gm) \times (Dw)}{[(Df^2 \times Pc) + (Gm \times Dw \times Pf)]}$$

DSC= Corrección de peso unitario seco del material total calculado

Df	⇒	Optima Densidad Seca Fracción Fina (g/cm3)	=	1.89
Gm	⇒	Gravedad Especifico de la Grava (g/cm3)	=	2.00
Dw	⇒	Peso Unitario del Agua (g/cm3)	=	1.00
Pc	⇒	Porcentaje de Sobretamaño > 3/4 (%)	=	15.50
Pf	⇒	Porcentaje de Fracción Fina < 3/4 (%)	=	84.50

Resultado de la corrección para Maxima Densidad Seca (DSC):

$$DSC = 1.91\ g/cm^3$$

Observaciones: El espécimen ensayado fue corregida a partir de la malla pasante de 3", y retenida en la malla 3/4".
La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Procedimiento de validación y confiabilidad

Validez y confiabilidad de los datos cuantitativos.

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan.

ITEM	Si	No	Observaciones	Recomendaciones
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son válidos	X		Ninguno	Ninguno
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son confiables.	X		Ninguno	Ninguno
Los datos constituyen un riesgo para la prueba de hipótesis		X	Ninguno	Ninguno

Datos del experto:

- NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:

JUAN Rufino ALMARCO LEON

- PROFESIÓN:

ARQUITECTO

- GRADOS ACADÉMICOS:

Magister en Ingeniería

- EXPERIENCIA:

Docente de la UNI – UM CH.



Firma del experto

Validez y confiabilidad de los datos cuantitativos.

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan.

ITEM	Si	No	Observaciones	Recomendaciones
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son válidos	X		Ninguno	Ninguno
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son confiables.	X		Ninguno	Ninguno
Los datos constituyen un riesgo para la prueba de hipótesis		X	Ninguno	Ninguno

Datos del experto:

- NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:

Macedonio Rojas Recama

- PROFESIÓN:

Ingeniero Civil.

- GRADOS ACADÉMICOS:

Magister en Ingeniería

- EXPERIENCIA:

Gerente de obra EE. AESA



Firma del Experto

V°B°

Validez y confiabilidad de los datos cuantitativos.

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan.

ITEM	Si	No	Observaciones	Recomendaciones
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son válidos	X		Ninguno	Ninguno
Los datos cuantitativos obtenidos en las pruebas son confiables.	X		Ninguno	Ninguno
Los datos constituyen un riesgo para la prueba de hipótesis		X	Ninguno	Ninguno

Datos del experto:

- NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO:

Luis Carlos Uriarte Pérez

- PROFESIÓN:

Ingeniero de minas.

- GRADOS ACADÉMICOS:

Magister en Ingeniería de minas

- EXPERIENCIA:

Jefe de Zona – UN CH.



Firma del Experto

V°B°

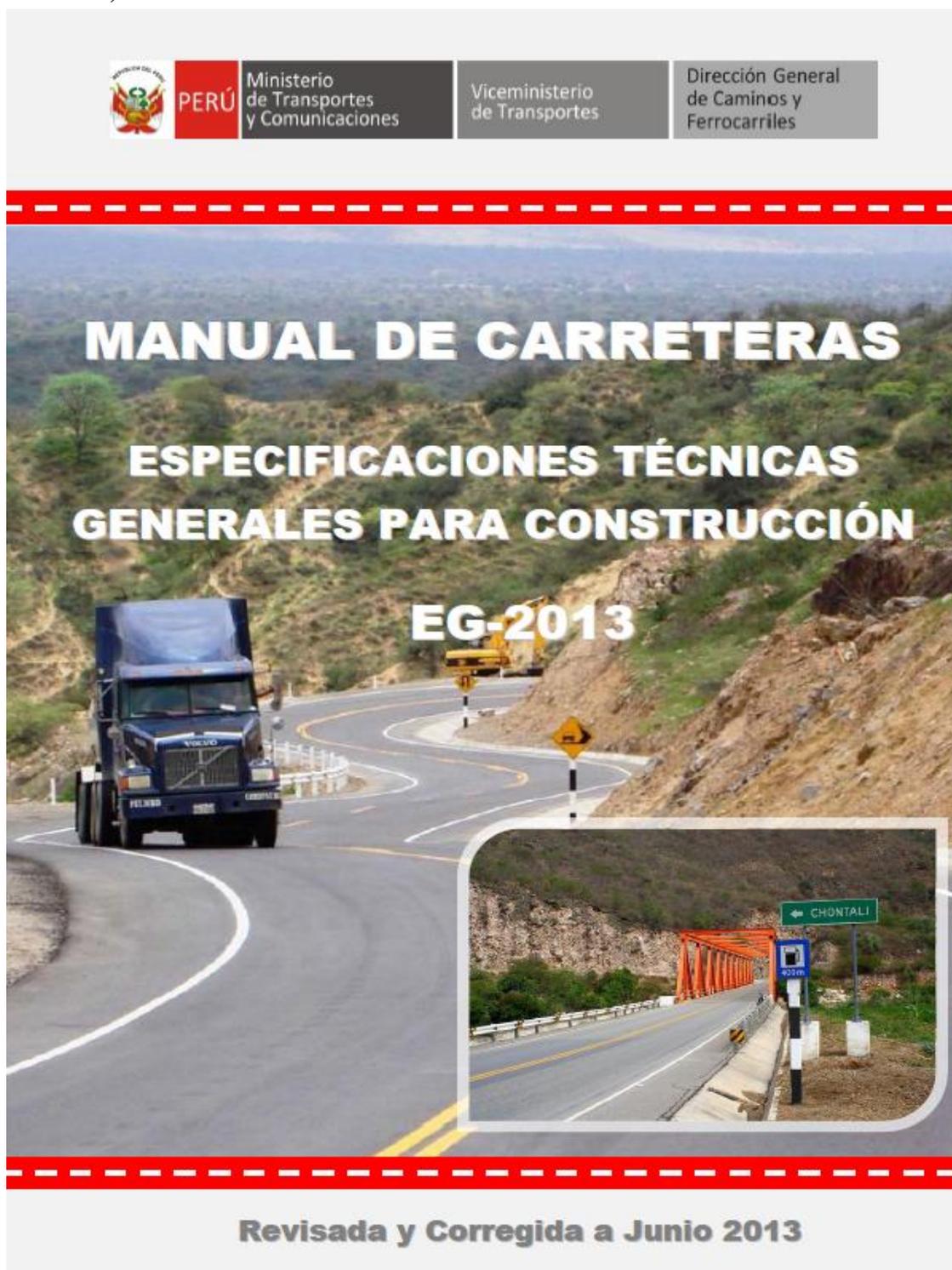
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera lulicocha - huancamachay del distrito de san francisco de yarusyacan – pasco

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	INSTRUMENTOS	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>GENERAL ¿Cómo la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal influye en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?</p> <p>ESPECÍFICOS a. ¿Cómo incide la ceniza de cal en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco? b. ¿Cómo influye la ceniza de cal en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco? c. ¿De qué manera la cantidad de agua influye en la compactación de los suelos arcillosos con ceniza de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco?</p>	<p>GENERAL Demostrar la influencia de la estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.</p> <p>ESPECÍFICOS a. Determinar la incidencia de la ceniza de cal en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco. b. Evaluar la influencia de la ceniza de cal en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco. c. Evaluar la influencia de la cantidad de agua en la compactación de los suelos arcillosos con ceniza de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.</p>	<p>GENERAL La estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal influye en la capacidad portante para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan – Pasco.</p> <p>ESPECÍFICOS a. La ceniza de cal incide en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco b. La ceniza de cal influye en las propiedades físicas de los suelos arcillosos para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco. c. La cantidad de agua influye en la compactación de los suelos arcillosos con cenizas de cal para uso como capa de rodadura a nivel de afirmado en la carretera Lulicocha - Huancamachay del Distrito de San Francisco de Yarusyacan - Pasco.</p>	<p>INDEPENDIENTE Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cal</p> <p>Indicadores • Cantidad de ceniza de cal</p> <p>DEPENDIENTE Capacidad portante</p> <p>Indicadores • CBR (California Bearing Ratio) • Proctor modificado</p>	<p>MTC, 2013</p> <p>ASTM D1883 - 2016</p> <p>ASTM D1557 - 2012</p>	<p>Población: Aproximadamente 4.5 km de carretera (suelo) entre Lulicocha y Huancamachay. A partir de estos datos se procedió a estimar la muestra, con verificaciones visuales y ensayo de plasticidad.</p> <p>Muestra: Utilizaremos entre 2 a 3 muestras desde el 2+000 km hasta el 4+500 km la cual se encuentre en la mitad de la carretera hasta la comunidad de Huancamachay, porque el suelo en este tramo tiene suelos con baja capacidad portante.</p>

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN

1. Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (EG-2013)



2. Proctor Modificado



Denominación: D1557 – 12 ϵ 1

Métodos de prueba estándar para Uso de Características de compactación de Laboratorio de Suelos con Esfuerzo Modificado (56.000 ft-lb / ft³ (2700 kN-m / m³))¹

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija D1557; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Un épsilon superíndice (ϵ) indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso por agencias del Departamento de Defensa de EE.UU.

ϵ 1 NOTA - editorialmente corregida para la variable de la ecuación A1.2 en julio de 2015.

1 Alcance*

1.1 Estos métodos de prueba son aplicables a los métodos de compactación de laboratorio utilizado para determinar la relación entre el contenido de agua de moldeo y la unidad de peso seco de los suelos (curva de compactación) compactado en un 4 ó 6-in. (101.6- o 152,4 mm) de molde de diámetro con un 10,00-lbf. (44,48-N) apisonador dejó caer desde una altura de 18.00 pulg. (457, 2 mm) produciendo un esfuerzo de compactación de 56 000 ft-lb / ft³ (2700 kN-m / m³).

NOTA 1 - El equipo y los procedimientos son los mismos que propone el Cuerpo de Ingenieros en 1945. La prueba de esfuerzo modificado (ver 3.1.3) se refiere a veces como la prueba de compactación Modificado Proctor.

1.1.1 Suelos y suelo - mezclas de agregados deben ser considerados como naturales que ocurren muy bien - los suelos de grano, o materiales compuestos o mezclas de suelos naturales, o mezclas de los suelos o agregados tales como grava o roca triturada naturales y procesados - o gruesas. Allá sucesivo, ya sea el suelo o el material.

1.2 Estos métodos de prueba sólo se aplican a los suelos (materiales) que han 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el 3/4-in. (19.0 mm) de tamiz y no han sido previamente compactado en el laboratorio; es decir, no reutilice suelo compactado.

1.2.1 Para las relaciones entre los pesos unitarios y moldeo contenidos de agua de los suelos con 30% o menos en peso de material retenido en el 3/4 de entrada. (19.0 mm) tamiz para pesos unitarios y moldear contenidos de agua de la fracción que pasa el 3/4-in. (19.0 mm) de tamiz, ver D4718 Práctica. Se proporcionan 1.3 Tres métodos alternativos. Los métodos utilizados deberán ser

como se indica en la especificación para el material siendo probado. Si no se especifica ningún método, la elección debe ser basada en la gradación material.

1.3.1 Método A:

1.3.1.1 Molde - 4-in. (101,6 mm) de diámetro.

1.3.1.2 Materiales - Pasando No. 4 (4.75 mm) tamiz.

1.3.1.3 Capas - Cinco.

1.3.1.4 golpes por capa - 25.

1.3.1.5 Uso - Puede ser utilizado si el 25% o menos de la masa del material se retiene en el No. 4 (4,75 mm) de tamiz. Sin embargo, si el 25% de la masa del material se retiene en el No. 4(4,75 mm) de tamiz, el Método A se puede utilizar pero será necesario aplicar correcciones sobredimensionados (Véase 1.4) y en este caso no hay ventajas utilizando el Método A.

1.3.1.6 Otros usos - Si este requisito gradación no puede serse reunió, luego Métodos B o C se pueden usar.

1.3.2 Método B:

1.3.2.1 Molde - 4-in. (101,6 mm) de diámetro.

1.3.2.2 Materiales - Pasando 3.8-in. (9.5 mm) tamiz.

1.3.2.3 Capas - Cinco.

1.3.2.4 golpes por capa - 25.

1.3.2.5 Uso - Puede ser utilizado si el 25% o menos en masa del material se retiene en el 3/8-in. (9.5 mm) del tamiz. Sin embargo, si el 25% del material se retiene en el 3/8-in. (9.5 mm) del tamiz, el Método B se puede utilizar pero de gran tamaño, las correcciones serán necesarias (Ver 1.4). En este caso la única ventaja de usar el método B en lugar del método C es que una menor cantidad de muestra es necesaria y el molde más pequeño es más fácil de usar.

1.3.2.6 Otros Uso - Si este requisito gradación no puede deben cumplirse, a continuación, el Método C puede ser utilizado.

1.3.3 Método C:

1.3.3.1 Molde - 6-in. (152,4 mm) de diámetro.

1.3.3.2 Materiales - Al pasar 3/4 de entrada. (19.0 mm) tamiz.

1.3.3.3 Capas - Cinco.

1.3.3.4 golpes por capa - 56.

1.3.3.5 Uso - Puede ser utilizado si el 30% o menos (ver 1.4) por la masa del material se retiene en el 3/4 pulg. (19.0 mm) tamiz.

1.3.4 El 6-in. (152,4 mm) De diámetro del molde no se utilizará con el Método A o B.

NOTA 2 - se han encontrado resultados para variar ligeramente cuando un material es probado al mismo esfuerzo de compactación en diferentes moldes de tamaño, con el molde de menor tamaño suele ceder mayores valores de peso y densidad de la unidad (1).²

1.4 Si la muestra de prueba contiene más de 5% en masa de fracción sobredimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba, las correcciones deben hacerse a la unidad

¹ Estos métodos de prueba están bajo la jurisdicción del Comité ASTM D18 sobre los suelos y rocas y son responsabilidad directa del Subcomité D18.03 sobre la textura, plasticidad y características de densidad de suelos. Edición actual, aprobada el 1 de mayo de 2012. Publicada en junio de 2012. Aprobada originalmente en 1958. La última edición aprobada en 2007 como D1557 - 09. DOI: 10.1520/D1557-12. Copyright de ASTM Internacional (todos los derechos reservados); Lun 12 de octubre 2015 18:55:56 EDT 1 Descargado / Impreso por Carmen Bernul Escobedo (HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL) en virtud del acuerdo de licencia. No hay otras reproducciones autorizadas.

² Los números en negrita entre paréntesis se refieren a la lista de referencias al final de este nivel.



peso y contenido de agua de moldeo de la probeta de ensayo o al Campo apropiado de peso en lugar de la unidad (o densidad) de la probeta Practique el uso excesivo [D4718](#) .

1.5 Este método de prueba generalmente se producen un máximo bien definido por unidad de peso seco de non-free del drenaje de los suelos. Si este método de prueba se utilizan para suelos drenaje libre el máximo peso de la unidad podría no estar bien definidos, y puede ser inferior al obtenido utilizando métodos de ensayo [D4253](#).

1.6 Todos los valores observados y calculados se ajustará a las directrices para dígitos significativos y el redondeo establecido en la Práctica [D8026](#) , A no ser superado por estos métodos de ensayo.

1.6.1 para el propósito de comparar medida o valor calculado (s) con los límites especificados, la medida o valor calculada (s) se redondeará al decimal o significativa más cercana dígitos en los límites especificados.

1.6.2 Los procedimientos utilizados para especificar cómo se recopilan datos/grabado o calculada de esta norma son considerados como el estándar de la industria. Además, son representantes de los dígitos significativos que generalmente debe mantenerse. Los procedimientos utilizados no considerar la variación del material, el propósito de la obtención de los datos, estudios de propósito especial, o cualquier otra consideración para los objetivos del usuario; es una práctica común para aumentar o reducir los dígitos significativos de los datos comunicados en relación con estas consideraciones. Está más allá del alcance de estos métodos de prueba para examinar dígitos significativos utilizados en los métodos analíticos para el diseño de ingeniería.

1.7 Los valores en unidades pulgada-libra deben ser considerados como la estándar. Los valores indicados en unidades SI se proporcionan para sólo información, a excepción de unidades de masa. Las unidades de masa se dan en unidades del SI solamente, g o kg.

1.7.1 Es una práctica común en la profesión de ingeniería de dos utilizar simultáneamente dos libras representan cada molestarse una unidad de masa (lbm) y una fuerza (lbf). Esto combina implícitamente dos por separados del sistema de unidades; Es decir, el sistema absoluto y la gravedad sistema. Es científicamente indeseable dos se combinan el uso de dos conjuntos separados de unidades pulgada-libra dentro de una única estándar. Estos métodos de ensayo tienen suscritos el uso excesivo del sistema gravitacional de unidades Cuando se trata del sistema de la pulgada-libra. En este sistema, la libra (lb) representa la unidad de la fuerza (peso). Sin embargo, el uso de balanzas o escalas de grabación libras de masa (lbm) o la grabación de densidad en lbm / ft³ no se considerará como una no conformidad con esta norma.

1.8 *Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad si los hubiere, asociados con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma Establecer las practicas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.*

1.9 **Aviso-** Mercurio ha sido designado por la EPA y muchas agencias estatales como un material peligroso que puede causar

D1557 – 12e¹

del sistema nervioso central, los riñones, el hígado y el daño. Mercurio, o vapor, a abril sea peligroso para la salud y corrosivo de dos materiales. Se debe tener cuidado al manipular el mercurio y productos que contienen mercurio. Consulte el correspondiente producto Hoja de datos de seguridad del material (MSDS) para obtener detalles y el sitio web de la EPA([Http://www.epa.gov/mercury/faq.htm](http://www.epa.gov/mercury/faq.htm)) para obtener información adicional. Los usuarios deben ser conscientes de que la venta de productos que contienen mercurio o mercurio o ambos en su estado puede estar prohibida por la ley del estado.

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM:³

[C127](#) Método de prueba para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso

[C136](#) Método de prueba para análisis del tamiz de fino y Agregados gruesos

[C670](#) Práctica para la Elaboración de precisión y sesgos, las Declaraciones para los métodos de prueba para materiales de construcción

[D853](#) Terminología relativa de los suelos, rocas, y contenido de Fluidos

[D698](#) Métodos de prueba para Laboratorio con características de compactación de Suelo Usando el Esfuerzo Estándar (12,400 ft-lb / ft³ (600 kN-m / m³))

[D854](#) Métodos de prueba para la gravedad específica de suelo sólidos por Agua picnómetro

[D2168](#) prácticas para la calibración del Laboratorio de Mecánicas con Compactadores de pisonos de suelos

[D2218](#) Métodos de ensayo de Laboratorio para la determinación de Contenido de Agua (Humedad) de los Suelo y de rocas en masa

[D2487](#) Práctica para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

[D2488](#) Práctica de descripción e identificación de suelos (Manual de Procedimiento Visual)

[D3740](#) Prácticas para Requisitos mínimos a los organismos Comprometido en pruebas y / o inspección de Suelos y Rocas como el utilizado en el Diseño de Ingeniería y Construcción

[D4220](#) prácticas para la preservación y transporte de las Muestras de Suelos

[D4253](#) Métodos de ensayo para el Índice Máximo de Densidad y Peso de la Unidad de Suelos utilizando una mesa vibratoria

³ Para referenciar normas ASTM, visite el sitio web de ASTM, www.astm.org, o póngase en contacto con Servicio al Cliente al Service@astm.org ASTM. Para el Libro Anual de Normas ASTM Información del volumen, consulte la página de resumen del documento estándar en el sitio web de ASTM.



D4718 Prácticas para la corrección del Peso de la Unidad y el Contenido de Agua para suelos que contienen partículas de gran tamaño

D4753 Guía para la Evaluación, Selección y Especificación de los Balcanes y las masas estándar para el uso en el suelo, las rocas, y el Ensayo de Materiales de Construcción

D4914 Métodos de prueba para la densidad y peso unitario del suelo y la roca en su lugar por el método de sustitución de la arena en un pozo de prueba.

D5030 Método de ensayo para la densidad del suelo y la roca en su lugar por el método de sustitución del agua en un pozo de prueba

D6028 Práctica para el uso de dígitos significativos en Datos Geotécnicos

D6913 Métodos de ensayo para tamaños de partículas de Distribución (gradación) de Suelos Utilizando mediante análisis de tamiz

E11 Especificación de tejido de alambre para prueba de tela de tamiz y Prueba Tamiz

E319 prácticas para la evaluación de un solo Plan de balances Mecánicas

IEEE / ASTM SI 10 Norma para el Uso de la Internacional Sistema de Unidades (SI): El Sistema Métrico Moderno

3. Terminología

3.1 Definiciones:

3.1.1 Ver Terminología **D653** para las definiciones generales.

3.1.2 *moldeo de contenido de agua, N* - el contenido de agua del suelo (material) de muestras en el molde después de haber sido reconstitución y compactado.

3.1.3 *esfuerzo modificado* - En ensayos de compactación, el término para los 56 000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³) de compactación de esfuerzo aplicado por el equipo y los métodos de esta prueba.

3.1.4 *modificar la máxima unidad de peso seco, $\gamma_{d, \text{máx}}$ (lb / ft³ (kN / m³))* - En las pruebas de compactación, el valor máximo definido por la curva de compactación para una compactación mediante prueba de esfuerzo modificado.

3.1.5 *modificada contenido óptimo de agua, w_{opt} (%)* - En ensayos de compactación, el contenido de agua en el suelo puede ser compactado a la máxima unidad de peso en seco mediante la compactación del esfuerzo modificada

3.2 Definiciones de los términos específicos de esta norma

3.2.1 *fracción sobredimensionada (fracción gruesa), P_C (%)* - El puerto de la muestra total de no utilizar en la realización de la compactación prueba; Puede ser la parte de la muestra total retenida en el No. 4 (4.75 mm) tamiz en el Método A, $3/8$ -en. (9.5

D1557 – 12e¹

mm) se hará en el Método B, o $3/4$ -en. (19.0 mm) de tamiz en el Método C.

3.2.2 *fracción de prueba (fracción fina), P_F (%)* - La porción de la muestra total utilizada en la realización de la prueba de compactación; puede ser pasando la fracción No. 4 (4.75 mm) de tamiz con el Método A, o pasando el $3/8$ -en. (9.5 mm) de tamiz en el Método B o pasando $3/4$ -en. (19.0 mm) de tamiz en el Método C.

4. RESUMEN DEL MÉTODO

4.1 Un suelo que un contenido de agua de moldeo seleccionado se coloca en cinco capas en un molde de dimensiones dadas, con cada capa compactado por 25 o 56 golpes de un 10,00-lbf (44.48 N) el pisón caído desde una distancia de 18.00 en. (457,2 mm), sometiendo el suelo a un esfuerzo de compactación de aproximadamente de alrededor de 56.000 ft-lb / ft³ (2700 kN-m / m³). El peso unitario seco resultante se determina. El procedimiento se repite para un número suficiente de moldeo de contenidos de agua para Establecer una relación entre la unidad de peso seca y el contenido de agua de moldeo del suelo. Estos datos, Cuando se trazan, representa una relación curvilínea conocido como la curva de compactación. Los valores de contenido óptimo de agua y modificado el peso máximo unitario seco se determinan a partir de la curva de compactación.

5. Importancia y Uso

5.1 El suelo colocado como relleno de ingeniería (terraplenes, fundación, almohadillas, bases de carreteras) es compactado a una a un estado denso para obtener propiedades de ingeniería satisfactorios como la resistencia al corte, compresibilidad, o permeabilidad. Además, la Fundación los suelos compactados son a menudo para mejorar sus propiedades de ingeniería.

Las Pruebas de compactación de laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua de moldeo necesarios para lograr las propiedades de ingeniería requeridos, y para controlar la construcción para el control necesario para asegurar que la compactación requerida y el contenidos de agua se han logrado.

NOTA 3 - El grado de compactación del suelo necesario para lograr las deseadas propiedades de ingeniería a menudo se especifica como un porcentaje del peso unitario seco máximo modificado como se determina utilizando este método de prueba. Si el necesario grado de compactación es sustancialmente menor que el peso unitario seco máximo modificados utilizando este método de prueba, puede ser factible para la prueba que se realizará mediante el método de prueba **D698** y para especificar el grado de compactación como porcentaje del peso unitario seco máximo estándar. Desde hace más energía se aplica para la compactación utilizando este método de prueba, las partículas del suelo son más estrechamente empaquetados que cuando **D698** es usado. El resultado general es una unidad seca máxima mayor peso, menor contenido de humedad óptimo, una mayor fuerza de cizallamiento, una mayor rigidez, menor compresibilidad, baje el aire vacíos, y disminución de la permeabilidad. Sin embargo, por muy compactado los suelos de grano fino, absorción de agua puede provocar hinchazón, con menor fuerza de cizallamiento y el aumento de la compresibilidad, reduciendo los beneficios del mayor esfuerzo utilizado para la compactación (2). El uso de **D698**, por otro lado, permite la compactación utilizando menos esfuerzo y, generalmente, a mayor contenido de humedad



D4718 Prácticas para la corrección del Peso de la Unidad y el Contenido de Agua para suelos que contienen partículas de gran tamaño

D4753 Guía para la Evaluación, Selección y Especificación de los Balcanes y las masas estándar para el uso en el suelo, las rocas, y el Ensayo de Materiales de Construcción

D4914 Métodos de prueba para la densidad y peso unitario del suelo y la roca en su lugar por el método de sustitución de la arena en un pozo de prueba.

D5030 Método de ensayo para la densidad del suelo y la roca en su lugar por el método de sustitución del agua en un pozo de prueba

D8026 Práctica para el uso de dígitos significativos en Datos Geotécnicos

D8913 Métodos de ensayo para tamaños de partículas de Distribución (gradación) de Suelos Utilizando mediante análisis de tamiz

E11 Especificación de tejido de alambre para prueba de tela de tamiz y Prueba Tamiz

E319 prácticas para la evaluación de un solo Plan de balances Mecánicas

IEEE / ASTM SI 10 Norma para el Uso de la Internacional Sistema de Unidades (SI): El Sistema Métrico Moderno

3. Terminología

3.1 Definiciones:

3.1.1 Ver Terminología **D653** para las definiciones generales.

3.1.2 *moldeo de contenido de agua, N* - el contenido de agua del suelo (material) de muestras en el molde después de haber sido reconstitución y compactado.

3.1.3 *esfuerzo modificado* - En ensayos de compactación, el término para los 56 000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³) de compactación de esfuerzo aplicado por el equipo y los métodos de esta prueba.

3.1.4 *modificar la máxima unidad de peso seco, γ_d, max (lb / ft³ (kN / m³))* - En las pruebas de compactación, el valor máximo definido por la curva de compactación para una compactación mediante prueba de esfuerzo modificado.

3.1.5 *modificada contenido óptimo de agua, w_{opt} (%)* - En ensayos de compactación, el contenido de agua en el suelo puede ser compactado a la máxima unidad de peso en seco mediante la compactación del esfuerzo modificada

3.2 Definiciones de los términos específicos de esta norma

3.2.1 *fracción sobredimensionada (fracción gruesa), P_C (%)* - El puerto de la muestra total de no utilizar en la realización de la compactación prueba; Puede ser la parte de la muestra total retenida en el No. 4 (4.75 mm) tamiz en el Método A, ³ / ₃ -en. (9,5

D1557 – 12ε¹

mm) se hará en el Método B, o ³ / ₄ -en. (19.0 mm) de tamiz en el Método C.

3.2.2 *fracción de prueba (fracción fina), P_F (%)* - La porción de la muestra total utilizada en la realización de la prueba de compactación; puede ser pasando la fracción No. 4 (4.75 mm) de tamiz con el Método A, o pasando el ³ / ₃ -en. (9.5 mm) de tamiz en el Método B o pasando ³ / ₄ -en. (19.0 mm) de tamiz en el Método C.

4. RESUMEN DEL MÉTODO

4.1 Un suelo que un contenido de agua de moldeo seleccionado se coloca en cinco capas en un molde de dimensiones dadas, con cada capa compactado por 25 o 56 golpes de un 10,00-lbf (44.48 N) el pisón caído desde una distancia de 18.00 en. (457,2 mm), sometiendo el suelo a un esfuerzo de compactación de aproximadamente de alrededor de 56.000 ft-lb / ft³ (2700 kN-m / m³). El peso unitario seco resultante se determina. El procedimiento se repite para un número suficiente de moldeo de contenidos de agua para Establecer una relación entre la unidad de peso seca y el contenido de agua de moldeo del suelo. Estos datos, Cuando se trazan, representa una relación curvilínea conocido como la curva de compactación. Los valores de contenido óptimo de agua y modificado el peso máximo unitario seco se determinan a partir de la curva de compactación.

5. Importancia y Uso

5.1 El suelo colocado como relleno de ingeniería (terraplenes, fundación, almohadillas, bases de carreteras) es compactado a una a un estado denso para obtener propiedades de ingeniería satisfactorios como la resistencia al corte, compresibilidad, o permeabilidad. Además, la Fundación los suelos compactados son a menudo para mejorar sus propiedades de ingeniería.

Las Pruebas de compactación de laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua de moldeo necesarios para lograr las propiedades de ingeniería requeridos, y para controlar la construcción para el control necesario para asegurar que la compactación requerida y el contenidos de agua se han logrado.

NOTA 3 - El grado de compactación del suelo necesario para lograr las deseadas propiedades de ingeniería a menudo se especifica como un porcentaje del peso unitario seco máximo modificado como se determina utilizando este método de prueba. Si el necesario grado de compactación es sustancialmente menor que el peso unitario seco máximo modificados utilizando este método de prueba, puede ser factible para la prueba que se realizará mediante el método de prueba **D698** y para especificar el grado de compactación como porcentaje del peso unitario seco máximo estándar. Desde hace más energía se aplica para la compactación utilizando este método de prueba, las partículas del suelo son más estrechamente empaquetados que cuando **D698** es usado. El resultado general es una unidad seca máxima mayor peso, menor contenido de humedad óptimo, una mayor fuerza de cizallamiento, una mayor rigidez, menor compresibilidad, baje el aire vacíos, y disminución de la permeabilidad. Sin embargo, por muy compactado los suelos de grano fino, absorción de agua puede provocar hinchazón, con menor fuerza de cizallamiento y el aumento de la compresibilidad, reduciendo los beneficios del mayor esfuerzo utilizado para la compactación (2). El uso de **D698**, por otro lado, permite la compactación utilizando menos esfuerzo y, generalmente, a mayor contenido de humedad



D1557 – 12e¹

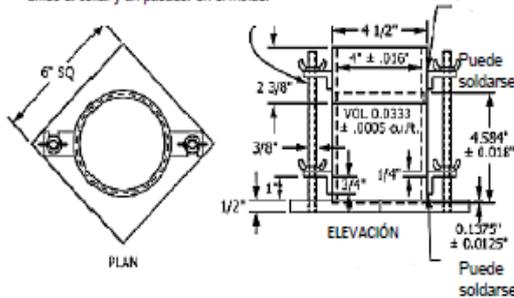
extensión, ambos de metal rígido y construido para que puedan ser fijados firmemente y desprenderse fácilmente del molde. El ensamblaje del collar de extensión deberá tener una altura que se extienda por encima de la parte superior del molde de por lo menos 2.0 pulg. (51 mm) que puede incluir una sección superior que se aboca para formar un embudo, siempre que haya al menos 0,75 pulg. (19 mm) de sección cilíndrica recta debajo de ella. El collar de extensión debe alinearse con el interior del molde. El fondo de la placa base y el fondo del área centralmente empotrada que acepta el molde cilíndrico debe ser plano dentro de $\pm 0,005$ pulg. ($\pm 0,1$ mm).

6.1.1 **Molde 4 pulg.** - un molde que tiene un diámetro de 4.000 ± 0.018 pulg. ($101,6 \pm 0,4$ mm), una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de 943.0 ± 14.0 cm³ ($0,0333 \pm 0,0005$ pie³). Un ensamblaje de molde que tiene las características mínimas requeridas se muestra en la **Figura 1**.

6.1.2 **Molde 6 pulg.** - un molde que tiene 6.000 ± 0.026 pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior promedio, una altura de $4,484 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm), y un volumen de $0,0750 \pm 0,0009$ pie³ (2124 ± 25 cm³). Un ensamblaje de molde que tiene las características mínimas requeridas se muestra en la **Figura 2**.

6.2 **Apisonador** – Un apisonador, operado manualmente como se describe en 6.2.1 o accionado mecánicamente como se describe en 6.2.2. El apisonador deberá caer libremente a una distancia de 18.00 ± 0.05 pulg. ($457.2 \pm 1,3$ mm) de la superficie de la muestra. El peso del apisonador será de 10.00 ± 0.02 lbf. ($44,48 \pm 0,09$ N, o masa de 4.5364 ± 0.009 kg), excepto que los pesos de los apisonadores mecánicos pueden ser ajustados como se describe en Prácticas D2168 (ver Nota 6). La superficie de impacto de apisonador será plana y circular, excepto como se indica en 6.2.2.1, con un diámetro de 2.000 ± 0.005 pulg. ($50.80 \pm 0,13$ mm) cuando sea nuevo. El apisonador será reemplazado si la superficie de impacto se desgasta o se hincha en la medida en que el diámetro exceda de $2.000 \pm 0,01$ pulg. ($50,80 \pm 0,25$ mm).

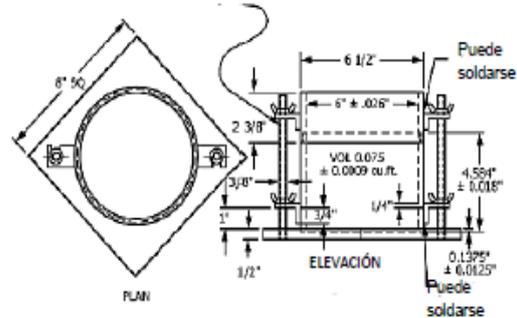
Como opción al perno de longitud completa, se puede usar un perno de $2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$. Entonces, como una construcción alternativa, el collar puede mantenerse presionado con un soporte ranurado unido al collar y un pasador en el molde.



NOTA 1 - Ver **Tabla 1** para los equivalentes del SI.

FIG. 2 molde cilíndrico, 6,0-in.

Como opción al perno de longitud completa, se puede usar un perno de $2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$. Entonces, como una construcción alternativa, el collar puede mantenerse presionado con un soporte ranurado unido al collar y un pasador en el molde.



NOTA 1 - Ver **Tabla 1** para los equivalentes del SI.

FIG. 2 molde cilíndrico, 6,0-in.

TABLA 1 SI Equivalentes de figuras. 1 y 2

Pulg.	mm
0016	0.41
0026	0.66
0032	0.81
0028	0.71
1/2	12.70
2 3/8	60.33
2 1/2	63.50
2 5/8	66.70
4	101.60
4 1/2	114.30
4.584	116.43
4 3/4	120.60
6	152.40
6 1/2	165.10
6 5/8	168.30
6 3/4	171.40
8 1/2	208.60
ft ³	cm ³
1/30 (0.0333)	943
0.0005	14
1/13333 (0.0750)	2124
0.0011	31

NOTA 6 - Es una práctica común y aceptable para determinar el peso del apisonador usando una balanza de kilo o Libra y asumir que 1 lbf es equivalente a 0.4536 kg, 1 lbf equivale a 1 lbm o 1N equivale a 0.2248 lbf o 0.1020 kg.

6.2.1 Apisonador manual – El apisonador deberá estar equipados con un manguito de guía que tenga un espacio libre suficiente para que la caída libre del eje del cabezal y la cabeza no esté restringida. El manguito de guía Deberá tener al menos cuatro orificios de ventilación en cada extremo (ocho orificios en total) situados con los centros $3/4 \pm 1/16$ pulg (19 ± 2 mm) desde cada extremo y espaciados a 90° entre sí. El diámetro mínimo de los orificios de ventilación



será $\frac{3}{8}$ pulg. (9,5 mm). Se pueden incorporar agujeros o ranuras adicionales en el manguito de guía.

6.2.2 *Cara mecánica apisonador circular* – El apisonador funcionará mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura uniforme y completa de la superficie de la muestra. Habrá $0,10 \pm 0,03$ pulg. ($2,5 \pm 0,8$ mm) entre el apisonador y la superficie interior del molde en su diámetro más pequeño. El apisonador mecánico cumplirá con los requisitos de estandarización/calibración de Prácticas D2168. El apisonador mecánico estará equipado con un medio mecánico positivo para soportarlo cuando no esté en funcionamiento.

6.2.2.1 *Cara mecánica del Sector apisonador* - La cara del sector se puede utilizar con el molde de 6.0 pulg. (152,4 mm), como una alternativa al émbolo mecánico de la cara circular descrita en 6.2.2. La superficie de impacto tendrá la forma de un sector de un círculo de radio igual a $2,90 \pm 0,02$ pulg. ($73,7 \pm 0,5$ mm) y un área aproximadamente igual a la cara circular (ver 6.2). El apisonador funcionará de tal manera que el vértice del sector se sitúe en el centro de la muestra y siga el patrón de compactación dado en la Fig. 3 (b).

6.3 *Extrusora de muestra (opcional)* - Una gata, con bastidor u otro dispositivo adaptado para el propósito de extruir las muestras compactadas en el molde.

6.4 **BALANZA** - Una balanza de clase GP5 equilibrio que cumpla los requisitos de la especificación D4753 para una balanza de 1 g de legibilidad. Si el contenido de agua de las muestras compactadas se determina utilizando una porción representativa de la muestra, en lugar de toda la muestra, y si la porción representativa es inferior a 1000 g, se necesita una balanza de clase de GP2 que tenga una legibilidad de 0,1 g a fin de cumplir con los requisitos del método de ensayo D2216 para la determinación de contenido de agua al 0,1%.

NOTA 7 - El uso de una balanza con una capacidad equivalente y una legibilidad de 0,002 lbm como una alternativa a una balanza de clase GP5 debe no serán considerados como no conformidad a esta norma.

6.5 *Horno de secado* - Horno con control térmico, capaz de mantener una temperatura uniforme de $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ($110 \pm 5^\circ\text{C}$) a lo largo de la cámara de secado. Estos requisitos requieren típicamente el uso de un horno de tipo tiro forzado. Preferiblemente, el horno debe estar ventilado fuera del edificio.

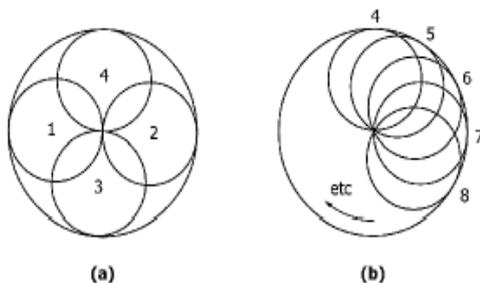


FIG. 3 patrones del Pisón para la compactación en 4. (101,6 mm) de molde

6.6 *Regla*: una regla de metal rígida de cualquier longitud conveniente pero no menor de 10 pulg. (250 mm). La longitud total de la regla será mecanizada directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg. ($\pm 0,1$ mm). El borde raspado debe ser biselado si es más grueso que la de $\frac{1}{8}$ pulg. (3 mm).

6.7 *Tamices* - De $\frac{3}{4}$ pulg. (19,0 mm) $\frac{3}{8}$ pulg. (9,5 mm), y No. 4 (4.75 mm), conforme a los requisitos de la especificación E11.

6.8 *Herramientas de Mezcla* - Las herramientas diversas tales como la cacerola de mezcla, cuchara, paleta, espátula, dispositivo de pulverización (para agregar agua uniformemente), y (preferiblemente, pero opcional) un dispositivo mecánico adecuado para mezclar completamente la sub-muestra de suelo con incrementos de agua.

7. Normalización / Calibración

7.1 Realizar estandarizaciones antes del uso inicial, después de las reparaciones u otros acontecimientos que pudieran afectar los resultados de la prueba, a intervalos que no excedan de 1.000 muestras de ensayo, o anualmente, lo que ocurre primero, para los siguientes aparatos:

7.1.1 *Balance* - Evaluar de acuerdo con la especificación D4753 o Práctica E319 .

7.1.2 *Moldes* - Determine el volumen como se describe en el anexo A1 .

7.1.3 *Manual del pisón* - Verificar la caída libre de la distancia del peso pisón y la cara del pisón son de conformidad con los dispuesto en 6.2 . Verificar los Requisitos de manguito de guía de acuerdo con 6.2.1 .

7.1.4 *Pisón mecánico* - Verificar y ajustar si es necesario Que los límites mecánicos de acuerdo con las prácticas D2168 . Además, la holgura entre el bastidor y en la superficie interior del molde se verificará de conformidad con 6.2.2 .

8. Prueba de muestras

8.1 La muestra mínimos de prueba (fracción prueba) Masa de Métodos A y B es de unos 16 kg aproximadamente, y para el Método C es de aproximadamente 29 kg de suelo seco. Por lo tanto, la muestra de campo (ver Prácticas D4220 para las prácticas de conservación y transformación de las muestras de suelo deportivo) debe tener una masa húmeda de al menos 23 kg y 45 kg, respectivamente. Mayores masas serían necesarias si el gran tamaño fracción es grande (ver 10.2 o 10.3) O una de moldeo adicional contenido de agua se toma durante la compactación de cada punto (ver 10.4.1).

8.2 Si los datos de gradación no está disponible, estimar el porcentaje edad de material (en masa) Retenido en el No. 4 (4.75 mm) $\frac{3}{8}$ -en. (9,5 mm), o $\frac{3}{4}$ -en. (19,0 mm) se hará según



corresponda a la Selección del Método A, B, o C, respectivamente. Si aparece el Porcentaje retenido de interés es cercano al valor admisible para un método determinado (A, B, o C), entonces:

8.2.1 Seleccione un método que permite un mayor porcentaje Retenido (B o C).

8.2.2 Utilizando el tamaño del tamiz designado para el Método de Interés, procesar la muestra de acuerdo con 10.2 o 10.3 en el presente documento. Esto determina el porcentaje de los materiales conservados para este método. Si el porcentaje retenido es aceptable, proceder. Si el porcentaje retenido no es aceptable, vaya al método B o C usando el siguiente tamaño de tamiz más grande.

8.2.3 Determinar el porcentaje retenido valores mediante una parte representativa de la muestra total, y realizar un análisis simplificado o gradación completa mediante el tamiz(s) de interés y el método de prueba D6913 o C136. Sólo es necesario calcular el porcentaje retenido(s) para el tamiz o tamices de la cual desea obtener información.

9. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

9.1 Seleccionar el molde de compactación adecuada (s), cuello, y la base placa de acuerdo con el Método (A, B, o C) que se utiliza. Compruebe que el volumen del molde es conocida y si el volumen se determinó con o sin la placa base. También,

El registro de entrada del molde es libre de mellas o abolladuras, y Que el molde se encajan correctamente con la placa de cuello y la base.

9.2 Comprobar que los pisones manuales o mecánicos de ensamblaje estén en buenas condiciones y que las partes no están sueltos o desgastado. Realice los ajustes o reparaciones necesarias. Si el ajuste ajustes o reparaciones se hacen, el pison debe ser restandarización.

10. Procedimiento

10.1 Suelos:

10.1.1 No reutilice el suelo que ha sido previamente compactado en el laboratorio. La reutilización de los rendimientos de suelo previamente compactado una significativamente mayor peso máximo unitario seco (1).

10.1.2 Cuando se utiliza este método de ensayo para los suelos que contienen halloysita hidratada, o en el que la experiencia indica que los resultados serán alterados por secado al aire, utilizar la preparación húmeda Método (ver Sección 10.2). En las pruebas arbitrado, cada laboratorio tiene dos utilizar el mismo método de preparación, el inodoro húmeda (preferible) o se seca con aire.

10.1.3 Preparar las muestras de suelo para las pruebas de conformidad con 10.2 (preferido) o con 10.3.

10.2 Método de preparación húmedo (preferido) - Sin previamente secado de la muestra o espécimen, a lo largo de un proceso N° 4 (4,75 mm), 3/8 (9,5 mm) o de 3/4 pulg. (19,0 mm) de criba,

dependiendo del método (A, B, o c) siendo utilizada o requerida como cubiertos en 8.2. Para más detalles, véase el procesamiento de Método de prueba D6913. Determinar y registrar la masa de ambos los conservan y pasando porciones (fracción sobremedida y prueba de fracción, respectivamente) más cercano a la g. Seque la fracción sobremedida de horno y determinar y registrar su masa seca al próximo g. Si aparece más de un 0,5 % del total de la masa seca de la muestra está adherida a la fracción sobremedida, lave esa fracción. A continuación, determinar y registrar su masa seca en la estufa al g más cercano. Determinar y anotar el contenido de agua del suelo procesado (fracción de prueba). Utilizando ese contenido de agua, determinar y registrar la masa seca en estufa de la fracción a la prueba g más cercano. Basándose en estos horno masas secas, el porcentaje de la fracción sobremedida, PC y prueba de fracción, PF, se determinarán y registrados, a menos que un análisis de la gradación ya ha sido realizada. Consulte la sección 11 sobre los cálculos.

10.2.1 A partir de la fracción de prueba, seleccionar y preparar al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras, tener contenidos de agua de moldeo tal que soporte la estimación óptima del contenido de agua. La sub-muestra tiene un contenido de agua de moldeo óptima que debe estar preparado primero por las adiciones del ensayo o la absorción de agua y mezclar (véase Nota 8). Seleccione los contenidos de agua de moldeo para el resto de las sub-muestras para proporcionar al menos dos sub-muestras húmedos y dos sub-muestras secas del óptimo, y moldeo de contenidos que varían alrededor de un 2%. Al menos dos de agua moldeo contenido es necesario en el lado húmedo y seco dos óptima definir la curva de compactación unidad de peso seco (ver 10.5). Algunos suelos con alto contenido de agua óptimo o una relativamente plana curva de compactación pueden requerir mayor contenido de agua con incrementos de moldeo para obtener un esquema bien definido de la máxima unidad de peso seco Moldeo El Moldeo incrementos del contenido de agua no debe superar el 4 % aproximadamente.

NOTE 8 - Con la práctica, normalmente es posible juzgar visualmente en un punto próximo a un óptimo contenido de agua Por lo general, los suelos cohesivos en el óptimo contenido de agua puede ser comprimida en un bulto que apenas se pega juntos Cuando se libera la presión de la mano, pero se romperá limpiamente en dos secciones cuando "Doblado". Tienden a desmenuzarse en el moldeo de contenido de agua seco óptimo; Tienden a pegarse en una pegajosa masa cohesiva del óptimo húmedo. Para suelos cohesivos, el contenido óptimo de agua suele ser ligeramente inferior al límite del plástico. Para suelos no cohesivos, el contenido óptimo de agua es típicamente cerca de cero o en el punto donde ocurre la exudación.

10.2.2 Mezcle bien la fracción de prueba, a continuación, el uso exoesivo de una bola seleccione suelo representativo para cada sub-muestra (acción compactación punto). Seleccionar alrededor de 2,3 kg cuando se utiliza el Método A o B, o sobre 5,9 kg para el Método C. Método de Ensayo D6913 sección sobre las muestras y el anexo A2 dio detalles adicionales sobre la representativa obtención del suelo, usando el procedimiento y la razón es el Método preferido. Ver para conseguir los contenidos de moldeo de agua de las sub-muestras seleccionada en 10.2.1, Agregar o quitar las cantidades necesarias del agua de la siguiente manera: Para añadir agua, spray en el suelo durante mezcla; water remove, permitir que el suelo de dos secar al aire a temperatura ambiente



temperatura o en un aparato de secado cosas por el estilo que la temperatura de la muestra no supera (80 ° C) 140 ° F. Mezclar el suelo con frecuencia durante el secado de dos facilitar aún el contenido de agua distribución. Mezcle bien cada sub-muestra de dos facilitar la distribución uniforme del agua a lo largo y luego a cabo en un separada cubierto recipiente de dos stand (cura), de conformidad con **Tabla 2** antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de reposo, el suelo abril clasificarse uso excesivo de Práctica **D2487** , Práctica **D2488** o los datos sobre otras muestras de la misma fuente de material. Para pruebas de árbitro, la clasificación se hará por Práctica **D2487** .

10.3 Método de Preparación en seco - Si la muestra / espécimen está demasiado húmedo para ser friable, reducen el contenido de agua por secado al aire hasta que el material es friable. Puede ser secado al aire o por el uso de aparatos de secado de manera que la temperatura de la muestra no exceda de 140 ° F (80 ° C). Romper Completamente las Agregaciones de tal manera para evitar la rotura de las partículas individuales. Procesar el material sobre el tamiz apropiado: No. 4 (4,75 mm) 3 / 8 en. (9,5 mm), o 3 / 4 en. (19,0 mm). Al preparar el material pasando sobre el 3 / 4 -en. Tamiz para la compactación en el molde 6-in., romper las agregaciones suficientemente al menos pasar el 3 / 8 en. Del tamiz con el fin de facilitar la distribución de agua a través del suelo en hojas de mezcla. Determinar y registrar el contenido de agua de la fracción de prueba y todas las masas cubiertas de **10.2** . Ya que son aplicables para la determinación del porcentaje de la fracción sobredimensionada, P_c , Y la prueba de fracción, P_f .

10.3.1 De la fracción prueba, seleccionar y preparar al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de acuerdo con **10.2.1** y **10.2.2** , Excepto los siguientes: utilizar una división mecánico o proceso de acuartelamiento para conseguir las sub-muestras. Como se indica en el Método de Ensayo **D6913** , Ambos de estos procesos de las sub-muestras no uniformes en comparación con el método húmedo. Normalmente, sólo la adición de agua a cada sub-muestra será necesaria.

10.4 Compactación - Después de reposar (curado), si se requiere, cada sub-muestra (punto de compactación) Deberá ser compactado como sigue:

10.4.1 Determinar y registrar la masa del molde o del molde y la placa base, consulte **10.4.7** .

10.4.2 Montar y fijar el molde y el cuello a la base del plato. Comprobar la alineación de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajuste si es necesario. El molde reposará sin tambalearse / meciéndose en un uniforme fundación rígida, cosas por el estilo como proporcionado por un cilindro o cubo de hormigón con un peso o masa de al menos de 200 libras o 91 kg, respectivamente. Asegure la placa base a la base rígida. El método de fijación de dos la fundación rígida deberá permitir una fácil extracción del ensamblado se completa el molde, el collar y la placa base después de la compactación.

TABLA 2 Permanente requerido de Tiempos para muestras hidratados

Clasificación	Tiempo mínimo de pie, h
---------------	-------------------------

GW, GP, SW, SP	ningún requisito
GM, SM	3
Todos los otros suelos	18

10.4.2.1 Durante el procedimiento de compactación, es ventajosa pero no se requiere para determinar el contenido de agua de cada una de las sub-muestras, inmediatamente antes de la compactación. Esto proporciona un control del contenido de agua de molde determinado para cada punto de compactación y la magnitud de la exudación. Ver **10.4.9** . Sin embargo, más del suelo tendrá que ser seleccionado para cada sub-muestra que se indica en **10.2.2** .

10.4.3 compactar el suelo en cinco capas. Después de la compactación, cada capa debe ser aproximadamente igual en el espesor y la capa final se extenderá levemente en el cuello. Antes de compactación, coloque la tierra suelta en el molde y propagación en una capa de espesor uniforme. Ligeramente apisonar el suelo antes de la compactación del suelo hasta que no se encuentra en un estado esponjoso o flojo, ya sea mediante el pisón manual o un cilindro de aproximadamente 2 pulg. (50 mm) de diámetro. Después de la compactación de cada uno de los cuatro primeros capas, cualquier suelo que ya no haya sido compactado, como adyacentes a las paredes del molde, o se extiende por encima de la superficie del compactado (hasta las paredes del molde) se recortan. El suelo recortado deberá ser Desechados. Un cuchillo u otro dispositivo adecuado para ser utilizado. La cantidad total de los suelos excepcionalmente deberá ser tal que la quinta capa compactada se extiende ligeramente en el cuello, pero no se extiende más Aproximadamente a 1 / 4 en. (6 mm) por encima de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende por encima de este límite, entonces el punto de compactación deberán desecharse. Además, el punto de compactación deberán desecharse cuando el último golpe en el pisón para el quinto resultados de capa en la parte inferior del pisón sobresale por debajo de la parte superior del molde de compactación, a menos que el suelo es lo suficientemente flexible que esta superficie puede fácilmente ser forzado por encima de la parte superior del molde de compactación durante el fresado. Véase la nota **9**.

10.4.4 cada capa compacta con 25 golpes para el 4-in. (101.6 mm) de molde o con 56 golpes para el 6-in. (152.4 mm) de molde. El pisón manual será utilizado para prueba árbitro

10.4.5 En el manual operativo del pisón, tenga cuidado para evitar el levantamiento del manguito de guía durante el pisón de carrera ascendente. Sostenga el manguito de guía constante y dentro de los 5 ° de la vertical. Aplicar los golpes a una tasa uniforme de aproximadamente 25 golpes / min y de manera uniforme, a fin de proporcionar una completa cobertura de la muestra de la superficie. Cuando se utiliza un 4-in. (101.6 mm) y el manual de molde del pisón, sigue el patrón golpe dado en la **Fig. 3 (a)** y **Fig. 3 (b)** mientras que para un pisón mecánico, sigue el patrón en la **Fig. 3 (b)**. Cuando se utiliza un 6-in. (152.4 mm) y el manual de molde del pisón, sigue el patrón de golpe dado en la **Fig. 4** hasta la noveno golpe, luego sistemáticamente alrededor del molde (**La Fig. 3 (b)**) y en el medio. Cuando se utiliza un 6-in. (152.4 mm) y un molde del pisón mecánica estará diseñado con una cara del sector, el pisón

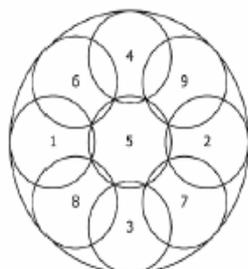


mecánica será un proyecto diseñado para seguir el patrón de compactación dada en la Fig. 3 (b). Cuando se utiliza un 6-in. (152.4 mm) y un molde de pisón mecánicas equipadas con una cara circular, el pisón mecánico estará diseñado para distribuir los golpes uniformemente sobre la superficie de la muestra. Si la superficie del suelo compactado se convierte altamente irregular (ver Nota 9) a continuación, ajustar el patrón a seguir la lógica dada en la Fig. 3 (a) o la figura. 4. Esto probablemente anulará la utilización de un pisón mecánico para tales puntos de compactación. .

NOTA 9 – Cuando la compactación de las muestras más húmedas que el contenido de agua óptima, las superficies compactadas desiguales pueden ocurrir y el juicio del operador son necesario como para la altura promedio del patrón de la muestra y el pisón durante la compactación.

10.4.6 Después de la compactación de la capa de carga, retire el collar y la placa base (excepto como se indica en 10.4.7) Del molde. Un cuchillo puede usarse para recortar el suelo adyacente al collar para aflojar el suelo desde el cuello antes de la extracción para evitar perturbar el suelo debajo de la parte superior del molde. Además, para impedir o reducir la tierra pegada al collar o placa base, girarlas antes de la extracción.

10.4.7 Recorte cuidadosamente la muestra compactada, incluso con la parte superior del molde por medio de la regla es raspado en la parte superior del molde para formar una superficie plana, incluso con la parte superior del molde. Recorte inicial de la muestra por encima de la parte superior de la molde con un cuchillo puede evitar la ruptura fuera del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellene los agujeros en la superficie con inutilizadas o sin uso recortado de la muestra del suelo, presione con los dedos, y nuevamente raspar el borde recto en la parte superior del molde. Si se encuentran partículas de tamaño grava, recortar alrededor de ellos o eliminarlos, cualquiera que sea la forma más fácil y reduce las perturbaciones del suelo compactado. El volumen estimado de las partículas por encima de la superficie del suelo compactado y los agujeros en esa superficie será igual. Rellene los agujeros restantes como se ha mencionado anteriormente. Repita las operaciones precedentes apropiados en la parte inferior de la pieza en que se determinó el volumen del molde sin la placa base. Para suelos muy húmedos o secos, el suelo o el agua, se pueden perder si se quita la placa base. Para estas situaciones, salir de la placa base unida al molde. Cuando la placa base se deja conectada, el volumen del molde debe ser calibrado con la placa de base fijada al molde en lugar de un plástico o de vidrio placa, como se señala en el anexo A1 (A1.4.1).



D1557 – 12e¹

FIG. 4 Modelo de Pisón para la compactación en 6. (152,4 mm) del molde

10.4.8 Determinar y registrar la masa de la muestra y molde a la g. Cuando la placa base se deja conectada, determinar y registrar la masa de la muestra, y el molde de la placa de la base a la g.

10.4.9 Quite el material del molde. Obtener una muestra de contenido de agua para el moldeo usando toda la muestra (método preferido) o una porción representativa. Cuando se utiliza la totalidad de la muestra, dividirlo para facilitar el secado. De lo contrario, obtenga una porción representativa de las cinco capas, eliminando suficiente material de la muestra para informar del contenido de agua hasta un 0,1 %. La masa de la porción representativa del suelo se ajustará a los requisitos de la Tabla 1, el método B, Métodos de prueba D2216. Determinar el contenido de agua de moldeo en conformidad con el método de prueba D2216.

10.5 Después de la compactación de las últimas muestras, comparar los pesos unitarios húmedos para asegurarse de que un modelo deseado de la obtención de datos sobre cada lado del contenido de agua óptima será alcanzada por la unidad de peso seco de la curva de compactación. Trazar la unidad de peso húmedo de moldeo y el contenido de agua de cada muestra compactada puede ser una ayuda en la realización de la mencionada evaluación. Si el modelo deseado no se obtuvo muestras compactadas adicional será necesaria. Generalmente, por la experiencia de trazadores de curvas de compactación, un punto de compactación óptima de la húmeda el contenido de agua es suficiente para definir la máxima unidad de peso húmedo. Véase 11.2.

11. Cálculo y trazado (Comp Acción Curva)

11.1 porcentajes de Fracción - Si los datos de gradación de Prueba Método D8913 no están disponible, calcular la masa seca de la fracción de prueba, porcentaje de fracción sobremedida y la fracción de la prueba según lo descrito a continuación, y utilizando los datos de 10.2 o 10.3 :

11.1.1 Prueba de Fracción - Determinar la masa seca de la fracción de prueba de la siguiente manera:

$$M_{d, \sigma} = \frac{M_{m, \sigma}}{1 + \frac{W_{\sigma}}{100}} \quad (1)$$

Dónde:

$M_{d, \sigma}$ = Masa en seco de la fracción de prueba, g más cercano o 0.001 kg

$M_{m, \sigma}$ = Masa húmeda de la fracción de prueba, g más cercano o 0.001 kg,

W_{σ} = El contenido de agua de la fracción de la prueba, la más cercana al 0,1%.



11.1.2 *porcentaje de Fracción sobremedida* - Determinar el porcentaje de la fracción sobredimensionado como sigue:

$$P_c = \frac{M_{d,of}}{M_{d,of} + M_{d,ff}} \quad (2)$$

Dónde:

P_c = Porcentaje de gran tamaño (grueso) fracción, % más cercano,

$M_{d,of}$ = Masa en seco de la fracción sobredimensionada, g más cercano o 0.001 kg.

11.1.3 *porcentaje de la Prueba de Fracción* - Determinar el porcentaje de la prueba (más fino) de la fracción, como sigue:

$$P_f = 100 - P_c \quad (3)$$

Dónde:

P_f = Porcentaje de prueba (más fino) de la fracción, % más cercano

11.2 *Densidad y Unidad de peso* - Calcular el contenido de agua de moldeo, la densidad húmeda, densidad seca, y la unidad de peso seco de cada muestra compactada como se explican a continuación.

11.2.1 *contenido de agua de Moldeo, W* - Calcular de conformidad con el Método de Ensayo D2216 a 0,1% más cercano.

11.2.2 *Densidad y Unidad de peso* - Calcular la humedad (total) densidad (Ec. 4), La densidad seca (Ec. 5), y a continuación la unidad de peso seco (Ec. 6) De la siguiente manera:

11.2.2.1 *Densidad húmeda:*

$$\rho_m = KX \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (4)$$

Dónde:

ρ_m = Densidad de húmeda de sub-muestras compactados (punto de compactación), cuatro dígitos significativos, g / cm³ o kg / m³,

M_t = Masa de tierra húmeda en el molde y el moho, g más cercano,

M_{md} = Masa del molde de compactación, g más cercano,

V = Volumen del molde de compactación, cm³ o m³ (ver anexo A1), y

D1557 – 12ε¹

K = Conversión constante, en función de las unidades de densidad y unidades de volumen. El uso de 1 g / cm³ y el volumen en cm³ Utilice 1,000 g / cm³ y el volumen en m³. Use 0001 para kg / cm³ y el volumen en m³. Utilice 1.000 kg / m³ y el volumen en cm³.

11.2.2.2 *Densidad seca:*

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (5)$$

Dónde:

ρ_d = Densidad en seco de punto de compactación, cuatro dígitos significativos, g / cm³ o kg / m³, y

w = punto de moldeo de contenido de agua, cercano a la compactación 0,1%.

11.2.2.3 *Peso de la unidad seco:*

$$\gamma_d = K_1 \times \rho_d \quad (6)$$

en lbf / ft³, o,

$$\gamma_d = K_2 \times \rho_d \quad (7)$$

en kN/m³

Dónde:

γ_d = Unidad de peso en seco de la muestra compactada, cuatro dígitos significativa, en lbf / ft³ o kN / m³,

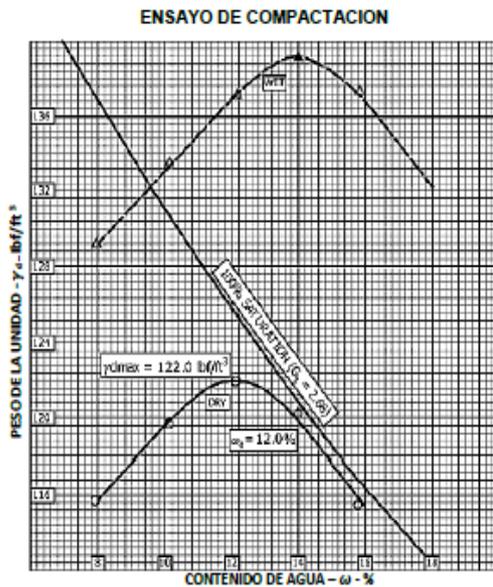
K_1 = Conversión constante, en función de unidades de densidad. Uso 62,428 para la densidad en g / cm³, o utilizar 0.062428 para densidad en kg / m³,

K_2 = Conversión constante, en función de unidades de densidad. Uso 9,8066 para la densidad en g / cm³ o el uso de 0.0098066 de densidad en kg / m³.

11.3 *Curva de compactación* - Trazar la unidad de peso seco de moldeo y valores de contenido de agua, la curva de saturación (ver 11.3.2) y trazar la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (véase el ejemplo de la Fig. 5). Para cada punto de la curva de compactación, calcular, registrar y unidad de peso seco de trazado de 0,1 lb/ft³ (0,02 kN/m³) y el contenido de agua de moldeo al 0,1 %. A partir de la curva de compactación, determine los resultados de compactación óptima: contenido de agua, de 0,1 % y la máxima unidad de peso seco, con una precisión de 0,1 lb/ft³ (0,02 kN/m³). Si más del 5 % de la masa de material sobremedida fue retirado de la muestra o espécimen, calcular el contenido de agua óptima corregida y la máxima unidad de peso seco del total del material mediante prácticas D4718. Esta corrección puede hacerse en el campo apropiado en lugar de probeta de ensayo de densidad en lugar de los resultados de compactación de laboratorio.



11.3.1 En estas parcelas, las sensibilidades escala deben permanecer la misma, es decir, el cambio en el contenido de agua de moldeo o seca peso unitario por división es constante entre parcelas. Típicamente, el cambio en el peso seco por unidad de división es el doble del contenido de agua de moldeo (2 lbf / ft³ a 1% w por gran división). Por lo tanto, cualquier cambio en la forma de la curva de compactación es el resultado de los ensayos de los diferentes materiales, no la escala de trazo. Sin embargo, una relación uno a uno se debe utilizar para los suelos que tienen una Curva de compactación relativamente plana (ver 10.2.1), como, por ejemplo suelos altamente de plástico o los de drenaje relativamente libre hasta el punto de exudación.



NOTA 1 - por lo general la Unidad de Peso Seco no se representa. Ellos se trazan aquí sólo para fines informativos. Observe también que la compactación puntos pueden no todos se encuentran exactamente en la curva de compactación.

FIG. 5 Ejemplo compactación curva del trazado

11.3.1.1 La forma de la curva de compactación en el lado mojado en óptimo típicamente debe seguir la saturación de la curva. La forma de la curva de compactación en el lado seco de óptima abrir preguntar relativamente plana o arriba y abajo Cuando la prueba algunos suelos, cosas por el estilo como las de drenaje relativamente libres o suelos de plástico preparado el uso excesivo del procedimiento húmedo y tener el moldeo de contenidos de agua cercanos o menores que el límite de la contracción.

11.3.2 Trazar la curva de saturación de 100%, basado en base a un Estimado o una medida de la gravedad específica. Valores de agua contenido para el estado de 100% de saturación se puede calcular como se explica en 11.4 (véase el ejemplo, la Fig. 5).

NOTA 10 - La curva de saturación del 100% es una ayuda en la elaboración de la curva de compactación. Para los suelos que contienen más de alrededor de 10% de finos y moldeando contenidos de agua muy por encima óptimo, el dos curvas gen de rally Convertido en más o menos paralela con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92% a 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no se puede trazar a la derecha de la curva de saturación del 100%. Si lo hace, no hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en las pruebas, o en el trazado. El 100 % de la curva de saturación se refiere a veces como la curva de huecos de aire cero o la curva de saturación completa.

11.4 Puntos de Saturación - Para calcular los puntos para el trazado del 100% de la curva de saturación o huecos de aire de cero curva, seleccione los valores de unidad de peso seco, calcular los correspondientes valores de contenido de agua correspondiente a la condición del 100 % de saturación de la siguiente manera:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (8)$$

Dónde:

w_{sat} = Contenido de agua para la saturación completa, 0.1% más cercano

γ_w = Peso unitario del agua, 62,32 lbf / ft³ (9789 kN / m³) Que 20 ° C,

γ_d = Unidad de peso seco del suelo, lbf / ft³ (kN / m³), Tres dígitos significativa, y

G_s = Peso específico del suelo (estimado o medido), un valor más cercano 0.01, consulte 11.4.1.

11.4.1 La gravedad específica puede ser estimado para la fracción de prueba basada en datos de prueba de los otros suelos que tengan la misma clasificación de los suelos y la fuente o experiencia. De lo contrario, una gravedad específica (Test Método C127, Método de prueba D854, o ambos) es necesario.

12. Informe: Hoja (s) de datos / formulario (s)

12.1 La metodología utilizada para especificar cómo se registran los datos en la hoja (s) de datos de prueba / formulario (s), tal como se describe a continuación, se describe en la Sección 1.8.

12.2 La hoja (s) de datos / formulario (s) deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

12.2.1 Método usado (A, B, o C).

12.2.2 Método de preparación utilizado (húmedo o seco).

12.2.3 Como-Recibido el contenido de agua, según Decidido, más cercana 1%.



12.2.4 Modificado el contenido de agua óptimo, Mod- w_{opt} cercano al 0,1%.

12.2.5 Modificado el máxima (óptimo) unidad de peso seco, Mod- $\gamma_{d, max}$ 0,1 cercano lbf / ft³ o 0,02 kN / m³.

12.2.6 Tipo de pisón (manuales o mecánicos).

12.2.7 Datos del tamiz de suelo aplicable para la selección del Método (A, B, o C) utilizado.

12.2.8 Descripción de la muestra utilizada en el ensayo (como mínimo, el color y el nombre de grupo y símbolo), por la Práctica D2488 , o la clasificación por el Método de Ensayo D2487 .

12.2.9 Peso específico y el método de determinación, cercano al valor 0,01.

12.2.10 Identificación de la muestra utilizada en el ensayo, por ejemplo, número de proyecto / nombre, la ubicación, la profundidad, y similares.

12.2.11 Trazar la curva de compactación del gráfico que mostrando puntos de compactación utilizados para Establecer la curva de compactación, y 100% de la curva de saturación, el valor o punto de máxima unidad de peso seco y el contenido de agua óptimo.

12.2.12 Porcentaje de las fracciones retenidas (P_c) Y pasar (P_F) El tamiz utilizado en el Método A, B, o C, más cercana 1%. Además, si los datos de compactación (Mod- w_{opt} y Mod- $\gamma_{d, max}$) Son corregidos para la fracción sobredimensionada, incluido los datos.

NOTA 11 - Hoja de datos de los(s)requisitos de forma en la sección no están pensados como los requerimientos para reportar los resultados de la prueba final al organismo solicitante. Los requisitos se aplican a las pruebas resumidas para mediciones, para cálculos intermedios y de compactación utilizado para representar los puntos curva de compactación. Se ha intentado en este método de ensayo de dos más determinista todas las mediciones y cálculos dos de cuatro cifras significativas. El propósito de hielo de dos el garantizar que la precisión no se pierde debido de dos redondeo antes de trazar la curva de compactación y que las hojas de datos y formularios retenidas por el laboratorio de contener ese mismo grado de precisión.

13. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN⁴

13.1 *Precisión* - Los criterios para juzgar la aceptabilidad de la unidad de Peso máximo y los resultados óptimos del contenido de agua obtenido por este método se dan en la **Tabla 3**.

13.1.1 *precisión de un solo operador (repetibilidad)* - Las figuras en la Columna 2 de la **Tabla 3** son las desviaciones estándar que tienen resultados adecuado para las condiciones de prueba descritas en la columna 1. Dos resultados obtenidos en el mismo laboratorio, por el mismo operador el uso excesivo de los mismos equipos, en el período práctico más corto de tiempo, no debería ser considerar sospechoso a menos que la diferencia en los dos resultados exceda los valores indicados en la **Tabla 3** , Columna 3.

D1557 – 12e¹

13.1.2 *Multi-Laboratorio de precisión (reproducibilidad)* – Las figuras en la Columna 2 de la **Tabla 3** son las desviaciones estándar que tienen resultados adecuados para las condiciones de prueba descrito en la Columna 1. Dos resultados presentados por dos diferentes operadores de prueba del mismo material en diferentes laboratorios no se considerará sospechoso A menos que la diferencia en los dos resultados exceda los valores indicados en la **Tabla 3** , Columna 3.

13.2 *Sesgo* - de No es posible dos presentaron información sobre el sesgo Porque no hay otro método de minería determinista los valores de modificado peso unitario máximo y el óptima contenido de agua modificado.

14. Palabras clave

14.1 características de compactación; densidad; impacto de compactación de uso excesivo de esfuerzo modificado; ensayos de laboratorio; prueba modificado de Proctor; curvas de humedad-densidad; compactación del suelo.

TABLA 3 Las estimaciones de precisión

Condiciones de Prueba y prueba de la propiedad	Desviación Estándar (1s) ^A	Rango Aceptable de Dos Resultados de la prueba (D2S) ^A
Precisión Individual del operador:		
Máximo Peso de la unidad (lbf / ft ³)	0.6	1.8
Contenido de agua óptima (porcentaje)	0.4	1.0
Precisión de Multi Laboratorio:		
Máximo Peso de la unidad (lbf / ft ³)	1.6	4.4
Contenido de agua óptima (porcentaje)	0.7	2.1

^A Estos números representan cada uno, respectivamente, el (1S) y (D2S) como se describe en los límites Práctica C870 para Preparar precisión y sesgo declaraciones de métodos de ensayo para Materiales de construcción.

NOTA 1 - Las estimaciones de precisión para la **Tabla 3** se basan en el Análisis de los resultados de pruebas de tres pares de muestras de eficiencia de AMRL. Los datos analizados consistieron de resultados de 144 253 de dos laboratorios para cada uno de los tres pares de muestras. El análisis incluyó dos Clasificación de suelos de grano fino (símbolo del grupo CL): arcilla magra con arena y arcilla magra de arena. El Promedio máximo de pesos unitarios oscilaron entre 125.8 lb / ft³ de dos 132.6 lb / ft³. Promedio de contenidos de agua óptimos varió de 8,0 por ciento a 10.4, por ciento.

⁴ Datos de apoyo han sido archivados en ASTM International con sede y puede obtenerse mediante la solicitud de Informe de Investigación RR-D18-1017. Copyright de ASTM International (todos los derechos reservados); Lun 12 de octubre 2015 18:55:53 EDT 1 Descargado / Impreso por Carmen Bernal Escobedo (HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL) en virtud del acuerdo de licencia. No hay otras reproducciones autorizadas



ANEXO
(Información obligatoria)
A1. VOLUMEN DE COMPACTACIÓN MOLDE

A1.1 Alcance

A1.1.1 En este anexo se describe el método para la determinación del volumen de un molde de compactación.

A1.1.2 El volumen se determina por dos métodos, el Agua método de llenado y un método lineal de medición.

A1.1.3 El método de llenado de agua para el 4-in. (106,5 mm) molde, cuando se utiliza un molde legible para el equilibrio g más cercano, no cede cuatro cifras significativas por su volumen, sólo tres. Basado en Práctica D8026, esto limita la densidad / peso unitario de determinaciones presentados Anteriormente entre cuatro dos tres significativa figuras. Para evitar esta limitación, el método de llenado de agua tiene ha sido ajustado a partir de la que se presenta en las primeras versiones de este Método de ensayo.

A1.2 Aparato

A1.2.1 En adición al aparato aparece en la Sección 6, los siguientes elementos son necesarios:

A1.2.1.1 *Vernier o Calibre Dial*, que tiene un rango de medición de al menos 6 pulgadas. (0 a 150 mm) y legible de al menos 0001 en. (0,02 mm).

A1.2.1.2 *micrómetro de interiores (opcional)*, con un rango de medición de al menos 2 a 12 en. (50 a 300 mm) y legible de al menos 0,001 pulg. (0,02 mm).

A1.2.1.3 *micrómetro de profundidad (opcional)*, con un rango de medición de al menos 6 pulgadas. (0 a 150 mm) y legible de al menos 0,001 pulg. (0,02 mm).

A1.2.1.4 *Placas de plástico o vidrio* - Dos placas de plástico o vidrio alrededor de 8 in. por 8 en. Por 1 / 4 en. de espesor (200 mm por 200 mm por 6 mm).

A1.2.1.5 *termómetro u otro dispositivo Termométrico*, una legibilidad de 0,1 ° C y un error máximo admisible de 0,5 ° C

A1.2.1.6 *llave de paso de grasa o sellador similar*.

A1.2.1.7 *Agua destilada o agua desionizada* - cualquier tipo de agua puede ser usada para llenar el molde al determinar el volumen de molde utilizando el método de llenado de agua. Agua destilada o agua desionizada puede ser comprado y está disponible en la mayoría tiendas de comestibles. En el procedimiento para el método de llenado con agua, agua destilada o agua desionizada, se conoce como el agua.

A1.2.1.8 *equipo diverso* - pera de goma, toallas, etc.

A1.3 Precauciones

D1557 – 12e¹

A1.3.1 Realice este método en una zona aislada de corrientes de aire o La fluctuación de temperatura extrema.

A1.4 Procedimiento

A1.4.1 Método de Relleno de Agua:

A1.4.1.1 Engrase ligeramente la parte inferior del molde de compactación y colóquela sobre una de las placas de plástico o vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tenga cuidado de no introducir la grasa en el interior del molde. Si es necesario el uso de la placa base, como se señala en 10.4.7, Coloque el molde engrasado en la placa base y seguro con los pemos de bloqueo.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y molestando placas de plástico o de vidrio a la 1 g y grabar más cercano, M_{mp} . ¿Cuándo la placa de base se utiliza en lugar de la parte inferior de plástico o de vidrio placa de la determinación de la masa del molde, la placa base y una sola de plástico o placa de vidrio para ser utilizados en la parte superior del molde para la más cercana 1 g y grabar.

A1.4.1.3 Coloque el molde y la placa inferior de una firma, superficie horizontal y llenar el molde con agua de dos ligeramente por encima de su llanta.

A1.4.1.4 Deslice la segunda placa sobre la superficie superior del molde de modo que el molde permanece completamente llena de agua y burbujas de aire no están atrapadas. Adición o eliminación de agua según sea necesario con una pera de goma.

A1.4.1.5 completamente seco el exceso de agua desde el exterior del molde y placas.

A1.4.1.6 Determinar la masa de los moldes, planchas y agua y registrar a la 1 g más cercano, $M_{m, w}$.

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde a la 0,1 ° C y el registro más cercano. Determinar y registrar la densidad del agua de la tabla dada en D854 o de la siguiente manera:

$$\rho_{w, c} = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times 3 T (4,95 \times 10^{-6}) \times T^2 \quad (A1.1)$$

Dónde:

$\rho_{w, c}$ = Densidad del agua, más cercana 0,00001 g / cm³, y

T = Temperatura de ensayo de calibración, más cercana 0,1 ° C.

A1.4.1.8 Calcular la masa del agua en el molde Restando la masa determinada en A1.4.1.2 de la masa determinada en A1.4.1.6.

A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el masa de agua por la densidad del agua. Anote este segundo volumen 0,1 cm³ para el 4-in. (101,6 mm) molde o cercana 1 cm³ para el 6-in. (152,4 mm) de molde. Para determinar el volumen del molde en m³, Multiplique el volumen en cm³ por 1 X 10⁻⁶. Registre este volumen, según lo prescrito.



D1557 – 12e¹

A1.4.1.10 Si el método de llenado de agua se utiliza para determinar el volumen del molde y comprobado por el método de medición lineal, repita esta determinación del volumen (A1.4.1.3 - A1.4.1.9) Y determinar y registrar el valor promedio, V_w , Como Prescrita.

A1.4.2 Método de medición Lineal:

A1.4.2.1 Utilizando el calibrador Vernier o el micrómetro de interiores (preferible), medir el diámetro interior (ID) del molde seis veces en la parte superior del molde y seis veces en el fondo del molde espaciando cada una de las seis mediciones en partes superior e inferior igualmente alrededor de la circunferencia interior de la molde. Registre los valores al 0,001 más cercano en. (0,02 mm). Determinar y registrar el ID de media al 0.001 más cercano (0,02 mm), d_{avg} . Verifique que este código ID este dentro de las tolerancias especificadas, 4.000 ± 0.016 in. ($101,6 \pm 0,4$ mm); sino, descartar el molde.

A1.4.2.2 Utilizando el calibrador vernier o el micrómetro de profundidad (preferiblemente), medir la altura interior del molde a la placa base. En estas mediciones, hacer tres o más mediciones igualmente espaciados alrededor de la circunferencia interior del molde, preferentemente en el centro del molde, pero no es obligatorio (utilice la regla para facilitar la última medición y corregir la medición del espesor de la regla). Anotar estos valores a la estación más cercana de 0.001 in. (0,02 mm). Determinar y anotar el promedio de estas mediciones de altura con precisión de 0.001 in. (0,02 mm), h_{avg} . Compruebe que esta altura se encuentra dentro de las tolerancias especificadas, 4.584 ± 0.018 . ($116,4 \pm 0,5$ mm); si no, deseche el molde.

A1.4.2.3 calcular el volumen del molde a cuatro dígitos significativos en cm^3 como sigue:

$$V_{lm} = K_3 \frac{\pi X h_{avg} X (d_{avg})^2}{4} \quad (A1.2)$$

Dónde:

V_{lm} = Volumen del molde por medio de mediciones lineales, dos de cuatro dígitos significativos, cm^3 .

K_3 = Constante para convertir mediciones hechas en pulgadas (in.) o mm. Utilice 16.387 para medidas en pulgadas. Uso 10^{-3} para mediciones en mm.

$\pi = 3,14159$,

h_{avg} = Altura media, en. (mm), y

d_{avg} = Promedio del diámetro superior e inferior, en. (mm). Si el volumen en m^3 se requiere, luego multiplicar lo anterior valor por 10^{-6} .

A1.5 Comparación de los resultados y volumen estandarizado del Molde

A1.5.1 El volumen obtenido por cualquier método debe estar dentro de la tolerancia de volumen requisitos de los puntos 6.1.1 y 6.1.2, utilizando o cm^3 o ft^3 . Para convertir a cm^3 ft^3 , dividir por cm^3 por 28317, registrar con precisión de 0,0001 ft^3 .

A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debería exceder 0,5% del volumen nominal del molde, cm^3 o ft^3 .

A1.5.3 Repetir la determinación del volumen que más sospechoso, o ambos, si no se cumplen estos criterios.

A1.5.4 A la imposibilidad de obtener un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos, incluso después de varias pruebas, es una indicación de que el molde está gravemente deformado y debe ser sustituido.

A1.5.5 Utilizar el volumen del molde determinado utilizando el método de llenado de agua o el método lineal, o el promedio de ambos métodos como el volumen normalizado para calcular la densidad húmeda (véase 11.2.2.1). Este valor (V) en cm^3 o m^3 tendrá cuatro dígitos significativos. El uso de un volumen en el FT3, junto con las masas en lbn no se considerará un incumplimiento de esta norma.

REFERENCIAS

- (1) Johnson, AW, y Sall Berg, JR, *Factores que influyen en los Resultados de la Prueba de compactación*, de la Junta de Investigación de Carreteras, Boletín 318, Publicación 967, Academia Nacional de Ciencias-Consejo Nacional de Investigación, Washington, DC, 1962, p. 73.
- (2) Jefe, KH, *Manual de Laboratorio de Ensayos de Suelos: Volumen 1 Clasificación y compactación del Ensayo de Suelo*, Pentech Press, Londres, Segunda Edición, 1992, p. 313.
- (3) *Tierra Manual*, Oficina de Reclamación de los Estados Unidos, Parte 1, tercera Edición, 1998, pp. 255-260.
- (4) *Tierra Manual*, Oficina de reclamación de los Estados Unidos Parte 2, tercera Edición, 1990.
- (5) Torrey, VH, y Donagh, RT, "Control de Compactación de Mezclas suelos – rocas: Un nuevo enfoque, *Revista de Pruebas Geotécnicas*, GTJODJ, Vol 17, No 3, septiembre de 1994, pp. 371-386.



RESUMEN DE CAMBIOS

D18 Comité ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para Estos métodos de prueba desde la última publicación,

D1557-09, que marcha impactar en la utilización de estos métodos de ensayo. (Aprobado 01 de mayo 2012)

(1) Revisado 6.2.2.1 y 10.4.5 .

(2) Se ha añadido una advertencia de mercurio en el Ámbito

ASTM International no toma posición respecto a la validez de los derechos de patente declarados en relación con cualquier artículo mencionado en esta norma. Los usuarios de esta norma están expresamente advertidos de que la determinación de la validez de cualquier cosas por el estilo los derechos de patente, y el riesgo infractora de los derechos cosas por el estilo, son Opiniones enteramente su propia responsabilidad.

La norma está sujeta a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe revisarse cada cinco años y, si no, ya sea revisado nuevamente aprobado o retirado. Tus comentarios son invitados tanto para la revisión de esta norma o normas adicionales y debe ser dirigida a la sede internacional de ASTM. Tus comentarios serán objeto de atenta consideración en una reunión de la comisión técnica responsable, que puede asistir. Si usted siente que sus comentarios no han recibido una audiencia imparcial debe formular su opinión a la Comisión de Aplicación de Normas ASTM, a la dirección indicada a continuación.

Esta norma es propiedad intelectual de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428 a 2.959, Estados Unidos. Reimpresiones individuales (copias simples o múltiples) de esta norma abril obtenerse comunicándose con ASTM en el anterior dirección o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832-9555 (fax), o service@astm.org (e-mail); oa través de la página web de ASTM (www.astm.org). Derechos permiso para copiar la foto a la marcha estándar también piden obtenido del Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646 a 2.600; <http://www.copyright.com/>

6. CBR (California Bearing Ratio)



Denominación: D1883 – 14

Métodos de ensayo estándar de laboratorio para la relación de soporte de California (CBR) de suelos compactados¹

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija D1883; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación. Un épsilon superíndice (ϵ) indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso por agencias del Departamento de Defensa de Estados Unidos.

1 Alcance^a

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de la Relación de Soporte de California (CBR) del sub-grado del pavimento, sub-base, y los materiales del curso básico de laboratorio compactado especificado de los hombros. El método de ensayo está destinado principalmente para, pero no limitado a, la evaluación de la resistencia de los materiales que tienen máximo tamaño de partícula inferior 3 / 4 pulg. (19 mm).

1.2 Cuando los materiales con un máximo tamaño de partículas superiores a 3/4 pulg. (19 mm) son para ser probado, este método de ensayo se prevé modificar la gradación del material a fin de que el material utilizado para las pruebas de todos los pases de 3/4 pulg. (19 mm) de zaranda mientras la grava (3 en total. (75 mm) a plus nº 4 (4,75 mm) fracción sigue siendo el mismo. Aunque tradicionalmente este método de preparación de muestras ha sido utilizado para evitar el error inherente a las pruebas materiales que contengan partículas grandes en el aparato de ensayo CBR, el material haya modificado significativamente diferentes de las propiedades de resistencia que el material original. Sin embargo, una gran experiencia ha elaborado una base de datos utilizando este método de prueba de materiales para que la gradación ha sido modificado, y métodos de diseño satisfactorio en uso se basa en los resultados de las pruebas mediante este procedimiento.

1.3 La práctica anterior ha demostrado que los resultados de CBR para aquellos materiales que tengan porcentajes considerables de partículas retenidas en el nº 4 (4,75 mm) de criba son más variables que para los materiales más finos. Por lo tanto, pueden ser necesarios más ensayos para estos materiales para establecer un sistema fiable de CBR.

1.4 Este método de ensayo proporciona para la determinación de la CBR de un material al contenido óptimo de agua o una gama de contenido de agua a partir de un ensayo de compactación especificado y una especificada unidad de peso seco. La unidad de peso seco por lo general se administra como un porcentaje del peso

específico seco máximo determinado por prueba Métodos D698 o D1557

1.5 El cliente que solicita la prueba puede especificar el agua contenido o gama de contenidos de agua y el peso unitario seco el cual se desea la CBR.

1.6 A menos que se especifique lo contrario por el cliente solicitante, o a menos que se ha demostrado no tener ningún efecto sobre los resultados de prueba para el material que está siendo probado, todos los especímenes deben ser remojados antes de la penetración.

1.7 Para la determinación de CBR de campo en el lugar material, consulte Método de prueba D4429 .

1.8 *unidades* - Los valores indicados en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Las unidades del SI entre paréntesis son conversiones matemáticas, que se proporcionan para la información propósitos solamente y no se consideran estándar. Notificación de resultados de las pruebas en unidades distintas de las unidades pulgada-libra no será considerada como una no conformidad con esta norma.

1.8.1 El sistema gravitacional de unidades pulgada-libra se utiliza cuando se trata de unidades pulgada-libra. En este sistema, la libra (lbf) representa una unidad de fuerza (peso), mientras que la unidad de masa son slugs. No se da la unidad de babosa, a menos que sea dinámico ($F = ma$) los cálculos son los involucrados.

1.8.2 La unidad de cantidad de masa casi nunca se utiliza en práctica comercial; es decir, la densidad, balances, etc. Por lo tanto, la unidad estándar para la masa en esta norma es o bien kilogramo (kg) o gramo (g), o ambos. Además, la unidad pulgadas-libras equivalentes (slug) no se da / se presenta entre paréntesis.

1.8.3 Es una práctica común en la ingeniería / construcción profesión, en los Estados Unidos, para usar simultáneamente a libras representar tanto una unidad de masa (lbm) y de la fuerza (lbf). Esta combina implícitamente dos sistemas separados de las unidades; eso es el sistema absoluto y el sistema gravitacional. Es científicamente indeseable para combinar el uso de dos conjuntos separados de unidades libra-pulgada dentro de una única norma. Como se ha indicado, este estándar incluye el sistema gravitacional de unidades pulgada-libra y no utiliza / presentar la unidad babosa para la masa. Sin embargo, el uso de saldos o escalas de grabación libras de masa (lbm) o densidad de grabación en lbm / pie³ No se considerarán como no consensuales rendimiento con esta norma.

1.8.4 se utilizan a menudo los términos de la densidad y unidad de peso indistintamente. La densidad es la masa por unidad de volumen, mientras que la unidad de peso es la fuerza por unidad de volumen. En esta norma, la densidad es dada sólo en unidades del SI. Después de la densidad se ha determinado, la unidad de peso se calcula en SI o en unidades pulgada-libra, o ambos.

¹ Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité ASTM D18 sobre el suelo y roca y es responsabilidad directa del Subcomité D18.05 sobre la fuerza y la compresibilidad de los suelos.
Copyright de ASTM Internacional (todos los derechos reservados); Lun 12 de octubre 2015 18:55:56 EDT 1
Descargado / Impreso por Carmen Bemul Escobedo (HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL) en virtud del acuerdo de licencia. No hay otras reproducciones autorizadas.

Edición actual aprobada el 1 de diciembre de 2014. Publicado en enero de 2015.
Aprobada originalmente en 1961. La última edición aprobada en 2007 como D1883 - 07a2.
DOI:10.1520/D1883-14.



1.9 Todos los valores observados y calculados se ajustarán a las directrices para dígitos significativos y el redondeo establecido en el Práctica [D6026](#).

1.9.1 Los procedimientos utilizados para especificar cómo se recogen los datos / registrada o calculada en esta norma se consideran como la estándar de la industria. Además, son representativos de los dígitos significativos que generalmente debe mantenerse. Los procedimientos utilizados no considerar la variación del material, el propósito de la obtención de los datos, estudios de propósito especial, o cualquier otra consideración para los objetivos del usuario, y es práctica común para aumentar o reducir los dígitos significativos o informaron datos para estar en consonancia con estas consideraciones. Está más allá del alcance de esta norma a considerar dígitos significativos utilizados en los métodos analíticos para el diseño de ingeniería.

1.10 *Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer de Créditos adecuadas prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.*

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM:²

[D422](#) Método de ensayo para Análisis de partículas de tamaño de Suelos

[D653](#) Terminología relacionados con los suelos, rocas, y contenido de Fluidos

[D698](#) Métodos de ensayo para Laboratorio de compactación de suelos con características del Esfuerzo Standard (12 400 ft-lb / ft³ (800 kN-m / m³))

[D1557](#) Métodos de ensayo para Laboratorio de compactación de Suelo con características del Esfuerzo Modificado (56.000 ft-lb / ft³ (2700 kN-m / m³))

[D2168](#) prácticas de Laboratorio de calibración Mecánica de Compactadores de suelos de pisón.

[D2216](#) Métodos de ensayo para Laboratorios de determinación del Contenido de Agua (Humedad) de Suelo y masas de rocas

[D2487](#) Práctica para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

[D2488](#) Práctica de descripción e identificación de suelos (Manual de Procedimiento de Visual)

[D3740](#) Prácticas para Requisitos mínimos para organismos encargados de las pruebas y / o inspección de Suelos y Rocas como el utilizado en el Diseño y Ingeniería de la Construcción

D3282 - 09

[D4318](#) Métodos de prueba para Límite Líquido, Límite de Plástico y Índice de Plasticidad de Suelos

[D4429](#) Método de prueba CBR para (Relación de soporte de California o) en el lugar de los suelos

[D4753](#) Guía para la Evaluación, Selección y Especificación de Balances y estándar de masas para el uso en el suelo, la roca, y en el Ensayo de Materiales de Construcción

[D6026](#) Práctica para el uso de dígitos significativos en Datos Geotécnicos

[E11](#) Especificación para tejido de prueba de la malla de tela y de prueba de mallas

3. Terminología

3.1 Definiciones:

3.1.1 Para las definiciones comunes de los términos de esta norma, consulte de Terminología [D653](#).

3.2 Definiciones de los términos específicos de esta norma:

3.2.1 *contenido de agua de la muestra de compactación, w_{yo}* - Agua contenido en porcentaje de material utilizado para compactar la prueba muestra.

3.2.2 *Contenido de agua superior 1 pulg. (25.4 mm) después de la inmersión w_s* - Contenido de agua en porcentaje del superior 1 in (25.4 mm) del material extraído de la muestra compactada después de la inmersión y la penetración.

3.2.3 *contenido de agua después de las pruebas, w_r* - Contenido de agua en porcentaje de la muestra compactada después de remojar y su última penetración; no incluye el material descripto en [3.2.2](#).

3.2.4 *densidad seca como compactada y antes del remojo, p_{di}* - densidad Seca de la muestra de ensayo como compactados usando el medido masa húmeda y calcular la masa seca usando el contenido de agua se define en [3.2.1](#).

4. RESUMEN DEL MÉTODO

4.1 El Ratio de soporte de California (CBR) del ensayo es utilizada en la evaluación de la subrasante, sub-base y base de materiales como una ayuda para el diseño de pavimentos. La prueba de laboratorio utiliza una circular pistón penetre material compactado en un molde a una constante tasa de penetración. El CBR se expresa como la relación de la unidad de carga sobre el pistón requerida para penetrar en 0.1. (2,5 mm) y 0,2 en (5,1 mm) del material de ensayo a la carga unitaria necesaria para penetrar en un material estándar de piedra triturada bien graduada.

4.2 Este método de ensayo se utiliza para determinar el CBR de una material compactado en un molde especificado. Corresponde a la solicitando cliente para especificar el alcance de las pruebas para

² Para referenciar normas ASTM, visite el sitio web de ASTM, www.astm.org, o póngase en contacto con Servicio al Cliente al Service@astm.org ASTM. Para el Libro Anual de Normas ASTM Información del volumen, consulte la página de resumen del documento estándar en el sitio web de ASTM. Copyright de ASTM Internacional (todos los derechos reservados); Lun 12 de octubre 2015 18:55:53 EDT 1 Descargado / Impreso por Carmen Bemul Escobedo (HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL) en virtud del acuerdo de licencia. No hay otras reproducciones autorizadas



satisfacer la el protocolo del cliente o requisitos de diseño específicos. Posible alcance de las pruebas incluye:

4.2.1 Las pruebas de penetración CBR se pueden realizar en cada punto de un ensayo de compactación realizado de acuerdo con el Método C de D698 o D1557. El molde CBR con el disco espaciador especificado en la presente norma tiene las mismas dimensiones internas como un 6.000-in. (152.4 mm) de molde de compactación diámetro.

4.2.2 Otra alternativa es para la prueba de CBR para ser per- formada sobre compactado material a un contenido específico de agua y densidad. Alternativamente, un rango de contenido de agua puede afirmarse para uno o más valores de densidad y con frecuencia requieren una serie de muestras preparadas usando dos o tres esfuerzos de compactación para el contenido de agua especificada o en el rango de contenidos de agua pedido. Los esfuerzos de compactación se logran siguiendo procedimientos de D698 o D1557 pero variando los golpes por capa para producir densidades encima y por debajo de la densidad deseada.

5. Importancia y Uso

5.1 Este método de prueba se utiliza para evaluar la potencial resistencia de los materiales de la subrasante, sub-base y la base del curso, incluyendo materiales reciclados para su uso en el diseño de carretera y pavimentos de aeropuertos. El valor de CBR obtenido en esta forma de prueba una parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles.

5.2 Para aplicaciones en las que el efecto del contenido de agua de compactación en CBR es pequeño, como sin cohesión, materiales de grano grueso, o cuando se hace un ajuste por el efecto de diferentes contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR se puede determinar el contenido óptimo de agua un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el porcentaje de compactación mínima permitida por el usando la especificación de campo compactación del cliente.

5.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación de CBR es desconocido o donde se desee a la cuenta por su efecto, la CBR se determina para una gama de agua contenidos, por lo general el rango de contenido de agua permitida para el campo compactación utilizando el protocolo del cliente o especificación para compactación de campo.

5.4 Los criterios para la preparación de la muestra de prueba de materiales de auto cementación (y otros), que ganan fuerza con el tiempo debe basarse en una evaluación de ingeniería geotécnica. Según lo indicado por el cliente, los materiales auto-cementados deberán estar debidamente curada hasta que el rodamiento proporciones que representan condiciones de servicio a largo plazo pueden ser medidos.

NOTA 1 - La calidad de los resultados producidos por esta norma es depende de la competencia del personal que lo realiza, y la idoneidad de los equipos y las instalaciones utilizadas. Las agencias que

D3282 - 09

cumplen con la criterios de Práctica D3740 generalmente se consideran capaces de competente y prueba objetiva / muestreo / inspección / etc. Los usuarios de esta norma son advirtiò que el cumplimiento con la norma D3740 en sí mismo no asegurar resultados fiables. Resultados fiables dependen de muchos factores; Práctica D3740 proporciona un medio de evaluar algunos de esos factores.

6. Equipo

6.1 *Maquina de carga* - La máquina de carga será equipada con un cabezal o base móvil que se desplace a una velocidad uniforme (no pulsante) de 0,05 pulg. (1.3 mm) /min para su uso en el empuje del pistón de penetración en la muestra. La velocidad de carga de 0,05 pulg. (1.3 mm) /min se mantiene dentro de 620% en el rango de cargas desarrolladas durante la penetración. La capacidad mínima de la máquina de carga se basa en los requisitos, indicados en la **Tabla 1**.

6.1.1 La máquina estará equipada con un dispositivo de indicación de la carga que corresponda a la carga de penetración máxima penetración. El dispositivo indicador de carga deberá tener una precisión mínima de 10 lbf (44 N) o menos para una 10.000 lbf (44 kN); 5 lbf (20 N) o menos de 5.000 lbf (22 kN) y 2 lbf (9 N) o menos para 2500 lbf (11 kN).

6.2 *Dispositivo de medición de penetración* - El dispositivo de medición de la penetración (tal como un indicador de marcación mecánica o un transductor de desplazamiento electrónico) deberá ser capaz de leer con una precisión de 0,001 pulg. (0,025 mm) y estar provisto de un hardware de montaje apropiado. El conjunto de montaje de la deformación se conectará al pistón de penetración y al borde del molde proporcionando mediciones de penetración precisas. Montar el conjunto de soporte de deformación a un componente tensado del bastidor de carga (tal como tirantes) introducirá inexactitudes de las mediciones de penetración.

TABLA 1 Capacidad de Carga mínimo

Máxima medible CBR	Capacidad de carga mínima	
	(lbf)	(kN)
20	2500	11.2
50	5000	22.3
> 50	10 000	44.5

6.3 *Molde* - El molde será un cilindro de metal rígido con un diámetro interior de 6.000 ± 0.026 pulg. (152.4 ± 0.66 mm) y una altura de 7.000 ± 0.018 pulg. (177.8 ± 0.46 mm). Estará provisto de un collarín de extensión de metal de al menos 2,0 pulg. (50,8 mm) de altura y una placa base de metálica que tenga por lo menos veintiocho 1/16 pulg. (1,59 mm) de diámetro espaciados uniformemente a lo largo de la placa dentro de la circunferencia interior del molde. Cuando se ensambla con el disco separador colocado en el fondo del molde, el molde debe tener un volumen interno (excluyendo el collar de extensión) de 0.0750 ± 0.0009 pies³ (2124 ± 25 cm³). Un conjunto de molde que tiene las características mínimas requeridas se muestra en la **Fig. 1**. Se utilizará un procedimiento de calibración para confirmar el volumen real del molde con el disco separador insertado.



Los procedimientos de calibración adecuados están contenidos en los Métodos de Ensayo D898 y D1557.

6.4 *Separador de Disco* - Un disco separador de metal (ver Fig. 1) que tiene un diámetro exterior mínimo de $5\frac{15}{16}$ pulg. (150,8 mm) pero no mayor que permitirá que el disco separador se deslice fácilmente dentro del molde. El disco espaciador tendrá una altura de $2,42 \pm 0,005$ pulg. ($61,37 \pm 0,13$ mm).

6.5 *Apisonador* - Un apisonador, según se especifica en cualquiera de los Métodos de Ensayo D898 o D1557, excepto si se utiliza un apisonador mecánico, debe estar equipado con un pie circular y, cuando está equipado, debe proporcionar un medio para distribuir los golpes de apisonamiento uniformemente sobre la superficie del suelo cuando se compacta en un molde de 6.00 pulg. (152,4 mm) de diámetro. El apisonador mecánico debe ser calibrado y ajustado de acuerdo con los métodos de ensayo D2168.

6.6 *Equipo de Expansión-Medición* - Un vástago de metal ajustable y una placa de metal perforado, de configuración similar a la mostrada en la Fig. 1. La placa perforada tendrá un diámetro de $5\frac{7}{8}$ a $5\frac{15}{16}$ pulg. (149,2 a 150,8 mm) y tener por lo menos cuarenta y dos $\frac{1}{16}$ pulg. (1,59 mm) de diámetro espaciados uniformemente sobre la placa. También se requiere un trípode de metal para soportar el medidor de reloj para medir la cantidad de hinchazón durante el remojo. El equipo de medición de expansión no deberá pesar más de 2,8 lbf o una masa de 1,3 kg.

6.6.1 *Dispositivo de medición de hinchazón* - Generalmente Indicadores de dial mecánico capaz de leer a 0.001. (0,025 mm) con un rango de 0.200. (5 mm) como mínimo.

6.7 *Pesas de Sobrecarga* - Estas "pesas" son en realidad "Masas" convertidos a una fuerza. Una o dos pesas de metal anulares que tienen un peso total de 10 lbf ($4,54 \pm 0,02$ kg) y pesas de metal ranurado teniendo cada uno con un peso de 5 lbf ($2,27 \pm 0,02$ kg). El peso anular será de $5\frac{7}{8}$ a $5\frac{15}{16}$ pulg. (149,2 a 150,8 mm) de diámetro y tendrá un orificio central aproximadamente $2\frac{1}{8}$ in. (53,98 mm).

6.8 *Pistón de penetración* - Un pistón de metal de $1,954 \pm 0,005$ pulg. ($49,63 \pm 0,13$ mm) de diámetro y no menos de 4 pulg. (101,6 mm) de largo (ver Fig. 1).

6.9 *Balanza* - Una balanza de clase GP5 cumple los requisitos de las especificaciones D4753 para una balanza de 1 g. de legibilidad.

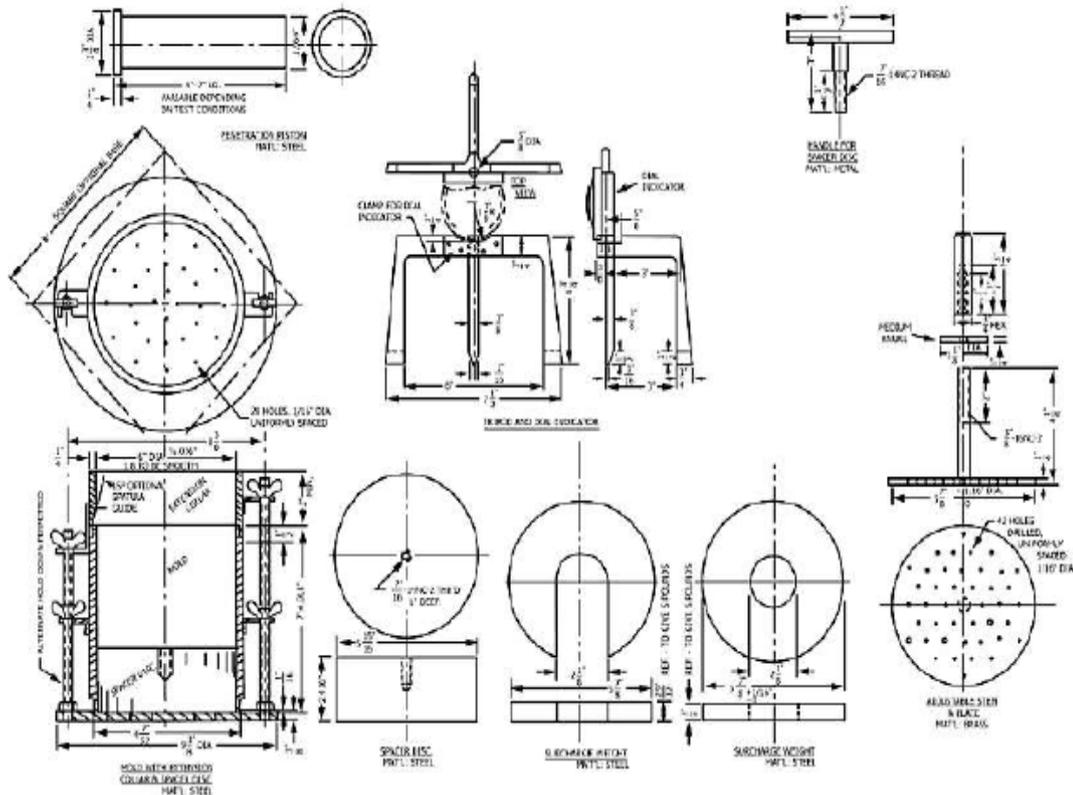
TABLA 2 EQUIVALENTES SI PARA LAS FIGURAS 1 Y 2

Unidades, en. Pulgada-libra	Equivalente SI, mm	Unidades, en. Pulgada-libra	SI Equivalente, mm	Unidades, en. Pulgada-libra	Equivalente SI, mm
1,954	49.63	1 1 /	4 31.8	4 1 / 2	114.3
2,416	61.37	1 3 / 8	34.90	4 3 / 4	120.7
1 / 16	1.59	1 1 / 2	38.1	5 7 / 8	149.2
1 / 4	6.4	1 3 / 4	44.5	5 15 / 16	150.8
3 / 8	9.53	1 1 / 8	28.58	6,000	152.4
7 / 16	11.11	2	50.8	6 7 / 32	158.0
1 / 2	12.70	2 1 / 8	53.98	7,000	177.8
5 / 8	15.9	2 3 / 4	69.85	7 1 / 2	190.5
3 / 4	19.1	3	76.20	8 3 / 8	212.7
1 1 / 8	28.58	4 1 / 4	108.0	9 3 / 8	238.1
Unidades, lb Pulgada-libra	Equivalentes SI, kg	Unidades, psi Pulgada-libra	Equivalente SI, MPa		
0.10	2.5	200	1.4		
0.20	5.1	400	2.8		
0.30	7.6	600	4.1		
0.40	10.2	800	5.5		
0.50	12.7	1000	6.9		
		1200	8.3		
		1400	9.7		



D3282 - 09

total de la regla se mecanizará directamente hasta una la tolerancia de 0.005 pulg. (0,13 mm). El borde de raspado deberá ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg. (3 mm).



Ver **Tabla 2** para los equivalentes del SI.

FIG. 1 Equipo de prueba de radio de soporte.

6.10 Horno de secado - controlado termostáticamente, preferiblemente de tipo de tiro forzado y capaz de mantener una temperatura uniforme de $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ($110 \pm 5^\circ\text{C}$) a lo largo de la cámara de secado.

6.11 Tamices - De $3/4$ pulg. (19 mm) y N° 4 (4,75 mm), de acuerdo con los requisitos de la especificación **E11**.

6.12 Papel Filtro - Un filtrado rápido, de alta calidad endurecido, papel de baja ceniza filtro, 6,000 pulg. (152,4 mm) de diámetro.

6.13 Regla - Una regla de metal rígida de cualquier longitud conveniente pero no menos de 10,0 pulg. (254 mm). La longitud

6.14 Tanque o recipiente de remojo - Un tanque o recipiente con suficiente profundidad y **aspiración** para permitir que el agua libre alrededor y sobre el molde ensamblado. El tanque o recipiente deben tener una rejilla inferior que permite el libre acceso de agua a las perforaciones en la base del molde.

6.15 Mezcla de Herramientas - Herramientas diversas tales como sartén, cuchara, paleta, espátula, etc., o un dispositivo mecánico para mezclando a fondo la muestra de suelo con agua.

7. Muestra

7.1 El espécimen (s) para la compactación será preparado en de conformidad con los procedimientos dados en el Método C de la prueba Métodos **D698** o **D1557** para la compactación en un 6.000-in. (152.4 mm) de molde con las siguientes excepciones:

7.1.1 Si todo el material pasa a un $3/4$ -en. (19 mm) de tamiz, la totalidad gradación se utiliza para la preparación de muestras para la



compactación sin modificación. Si el material se retiene en el 3 / 4 -en. (19 mm) de tamiz, el material retenido en el 3 / 4 -en. (19 mm) tamiz deberá ser removido y reemplazado por una masa igual de material que pasa a la 3 / 4 -en. (19 mm) de tamiz y retenido en la No. 4 (4,75 mm) de tamiz obtenidos por separación de porciones de la muestra no se utiliza para la prueba.

8. Las muestras de ensayo

8.1 *Relación de soporte en el óptimo contenido de agua individual* – utilizando material preparado como se describe en el apartado 7.1, llevar a cabo una prueba de compactación de control con un número suficiente de muestras para determinar el contenido de agua óptima para la compactación de los suelos mediante el método especificado, o bien métodos de prueba D698 o D1557. Una prueba de compactación realizada previamente en el mismo material puede ser substituido por el ensayo de compactación que acabamos de describir, se dispone que si la muestra contiene material conservado en el 3/4 pulg. (19 mm) de criba, el suelo preparado como se describe en el apartado 7.1 se utiliza.

NOTA 2 - Máximo peso unitario seco obtenido a partir de un ensayo de compactación realizado en un 4.000-in. (101.6 mm) de diámetro molde puede ser ligeramente mayor que el peso máximo unitario seco obtenido de compactación en el 6.000-in. (152.4 mm) de molde de compactación o molde CBR.

8.1.1 Para los casos en donde se desea la CBR en 100% del máximo de la unidad de peso seco y contenido óptimo de agua, un compacto espécimen usando el procedimiento de compactación especificado, ya sea de prueba Métodos D698 o D1557. Desde el suelo preparado para dentro de 60.5 punto porcentual del contenido óptimo de agua determinada en de acuerdo con el Método de Ensayo D2216.

8.1.2 Cuando se desea el CBR al contenido óptimo de agua y un porcentaje de peso específico seco máximo, compacto tres muestras de suelo preparado para dentro de 60.5 porcentaje punto de contenido óptimo de agua y utilizando los especificados compactación pero utilizando un número diferente de golpes por capa para cada espécimen. Se modificará el número de golpes por capa según sea necesario para preparar muestras que tienen pesos y por debajo del valor deseado. Típicamente, si el CBR para el suelo en 95% del peso específico seco máximo se desea, especímenes compactado utilizando 56, 25, y 10 golpes por capa es satisfactoria. La penetración se realiza en cada uno de estos especímenes.

8.2 *Relación de soporte para una amplia gama de contenido de agua* – Preparar especímenes de una manera similar a la descrita en el punto 8.1, excepto que cada espécimen utilizado para desarrollar la curva de compactación será penetrado. Además, el contenido de agua de la unidad completa de la relación de peso para los 25 golpes y 10 golpes por capa de compactación serán desarrollados y cada probeta compactada será penetrada. Realizar todas las compactaciones en el molde de CBR. En los casos en que el peso de la unidad especificada está en o cerca del 100 % de la máxima unidad de peso seco, será necesario incluir un esfuerzo compactado superiores a 56 golpes por capa.

NOTA 3 - Cuando el máximo de la unidad de peso seco se determinó a partir de la compactación en el 4. (101,6 mm) de molde, puede ser necesario para

D3282 - 09

compactar los especímenes como se describe en el punto 8.1.2, utilizando 75 golpes por capa o algún otro valor suficiente para producir un espécimen debe tener un peso unitario igual o mayor que el necesario.

NOTA 4 - Una parcela de registro semilog de la unidad de peso seco frente al esfuerzo de compactación por lo general da una relación de línea recta cuando esfuerzo de compactación en ft-lb / ft³ se representa en la escala logarítmica. Este tipo de gráfico es útil para establecer el esfuerzo de compactación y el número de golpes por capa necesario poner entre paréntesis la especificada unidad de peso seco y gama contenido de agua.

8.2.1 Tomar una muestra representativa de la documentación de que se empapa para la determinación del contenido de agua según con el Método de Ensayo D2216. Si el proceso de compactación es con-canalizado bajo un rango de temperatura controlada, 65 a 75 ° F (18 a 24 ° C), y el material procesado se mantiene sellada durante el proceso de compactación, sólo un contenido de agua representativa Se requiere muestra. Sin embargo, si el proceso de compactación está siendo llevado a cabo en un ambiente no controlado toma dos aguas muestras de contenido de una al principio de la compactación y otra muestra del material restante después de la compactación. Utilice el método de ensayo D2216 para determinar el contenido de agua y el promedio de los dos valores para la presentación de informes. Las dos muestras debe no difieren más de 1,5 puntos porcentuales para asumir razonable uniformidad capaces de contenido de agua de la muestra compactada.

8.2.2 Si la muestra no debe ser empapado, tener un contenido de agua de la muestra de acuerdo con métodos de ensayo D698 o D1557 si el contenido de agua medio se desea.

8.2.3 abrazadera del molde (con el collar de extensión adjunto) a la placa base con el agujero para el asa de extracción hacia abajo. Inserte el disco separador sobre la placa base y coloque un disco de papel de filtro en la parte superior del disco espaciador. Compactar el suelo-agua mezola en el molde de conformidad con 8.1, 8.1.1 O 8.1.2.

8.2.4 Retire el collar de extensión y recortar con cuidado el suelo compactado incluso con la parte superior del molde por medio de una regla. Parche con material de tamaño más pequeño que los agujeros pueden haber desarrollado en la superficie por la eliminación de grueso material. Retire la placa de base perforada y el disco espaciador, pesar y registrar el peso del molde, más suelo compactado. Coloque un disco de papel de filtro en la placa base perforada, invertir el molde y el suelo compactado, y sujete la base perforada placa para el molde con el suelo compactado en contacto con el filtro papel.

8.2.5 Colocar los pesos de pago en la placa perforada y el conjunto de vástago ajustable y cuidadosamente inferior a la muestra de suelo compactado en el molde. Aplicar un recargo igual al peso del material de base y el pavimento dentro de 5 lbf o una masa de 2,27 kg, pero en ningún caso el peso total utilizada sea menos de 10 lbf o una masa de no menos de 4,54 kg. Si no se especifica el peso de pago, utilice 10 lbf. La masa de la Aparato de medición de expansión se ignora. Sumerja el molde y los pesos en el agua permitiendo el libre acceso de agua a la parte superior y la parte inferior de la muestra. Tome las medidas iniciales para hinchar y permiten que el espécimen en remojo durante 96 6 2 horas. Mantener un nivel de agua constante durante este período. A más corto periodo de inmersión es permisible



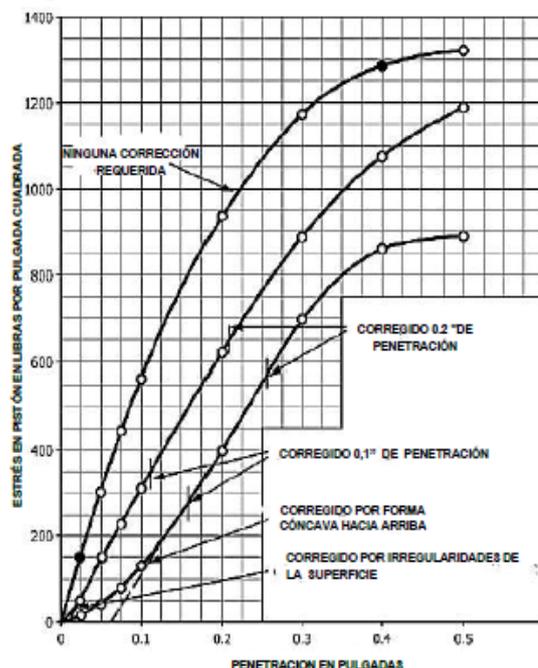
para grano fino suelos o suelos granulares que ocupan la humedad fácilmente, si las pruebas muestran que el período más corto no afecta a los resultados. Al final del periodo de la inmersión, tomar mediciones de inflados finales y calcular el oleaje como un porcentaje de la altura inicial de la muestra.

8.2.6 Retire el agua libre de la superficie superior de la espécimen y permitir que la muestra para drenar la baja durante al menos 15 minutos. Tenga cuidado de no molestar a la superficie de la muestra durante la eliminación del agua. Puede ser necesario para inclinar la muestra con el fin de eliminar el agua de la superficie. Retire los pesos, placa perforada, y el filtro de papel, y determinar y registrar la masa.

NOTA 5 - El usuario puede encontrar conveniente para establecer la base del molde en el borde de una bandeja de poca altura para proporcionar la inclinación y cuidadosamente con una pera de goma y toallas absorbentes para eliminar agua libre.

9. Procedimiento para tener ensayos

9.1 Colocar un suplemento de contrapesos en el espécimen suficiente para producir una intensidad del pavimento u otra carga de peso especificado; si no se especifica el peso del pavimento, utilice 10 lbf o una masa de 4,54 kg. Si el espécimen se ha empapado previamente, el recargo el recargo será igual al que se utilizó durante el tiempo de la inmersión. Para evitar trastornos de suelo en el orificio del recargo de pesas, coloque el 5-lbf o una masa de 2,27 kg de peso recargo anular en la superficie del suelo antes de sentarse el pistón de penetración, después de que coloque el resto de los pesos de recargo.



Copyright de ASTM Internacional (todos los derechos reservados); Lun 12 de octubre 2015 18:55:53 EDT 1
Descargado / Impreso por Carmen Bemul Escobedo (HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL) en virtud del acuerdo de licencia. No hay otras reproducciones autorizadas

D3282 - 09

NOTA 1 - Ver [Tabla 2](#) para los equivalentes del SI.

FIG. 2 Corrección de las curvas de Penetración de carga

9.2 Asiento del pistón de penetración con la menor carga posible, pero en ningún caso en exceso de 10 lb (44 N). O bien establecer tanto la carga y medidores de penetración a cero o tomar disposiciones para restar cualquier valor inicial de todos los datos recopilados posteriormente. Esta carga inicial es necesaria para asegurar un buen asiento del pistón y será considerado como carga cero a la hora de determinar la carga relación de penetración. Conecte el dispositivo de medición penetrante en conformidad con [6.2](#).

9.3 Aplicar la carga sobre el pistón de penetración, de modo que la tasa de penetración es de aproximadamente 0,05. (1,27 mm)/min. Registrar las lecturas de carga en las penetraciones de 0.025 in. (0,64 mm), en 0.050. (1,3 mm), 0.075. (1,9 mm), 0.100 in. (2,5 mm), 0.125. (3,18 mm), 0.150. (3,8 mm), 0.175. (4,45 mm), 0.200. (5,1 mm), 0.300 in. (7,6 mm), 0.400. (10 mm) y 0.500. (13 mm). Nota La carga máxima y la penetración si se produce por una penetración de menos de 0.500 in. (13 mm). Con dispositivos de carga operada manualmente, puede ser necesario tomar lecturas de carga a intervalos más estrecha para controlar la velocidad de penetración. Medir la profundidad de la penetración en el suelo del pistón colocando una regla en la sangría y la medición de la diferencia de la parte superior del suelo a la parte inferior de la muesca. Si la profundidad no coincide estrechamente con el calibrador de profundidad de penetración, determinar la causa y probar una nueva muestra.

NOTA 6 - A altas cargas de los soportes pueden apretar y afectar la lectura del medidor de penetración. Comprobación de la profundidad de la penetración del pistón es uno los medios de comprobación de indicios de deformación erróneas.

9.4 Si la muestra de ensayo se remojan previamente, retire el suelo del molde y determinar el contenido de agua de la parte superior 1 en. (25,4 mm) de la capa de acuerdo con el Método de Ensayo D2216. Si la muestra de ensayo no estaba empapada, tomar el contenido de agua muestra de acuerdo con métodos de ensayo [D898](#) o [D1557](#).

10. Cálculo

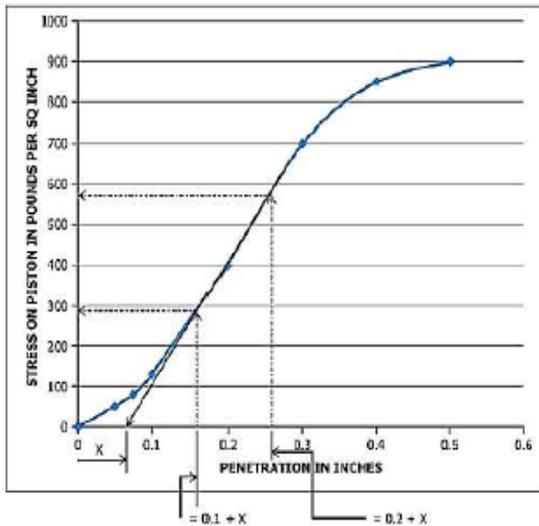
10.1 *Curva de Penetración de la Carga* - Calcular la penetración de tensión en libras por pulgada cuadrada (psi) o megapascales (MPa) y trazar la curva de tensión frente a la penetración. En algunos casos, la curva de esfuerzo-penetración puede ser cóncava hacia arriba inicialmente, debido a irregularidades de la superficie u otras causas, y en tal casos, el punto cero se ajustarán como se muestra en [las figuras. 2 y 3](#).

NOTA 7 - [Figs. 2 y 3](#) se deben utilizar como un ejemplo de corrección de sólo las curvas de carga-penetración. No se pretende dar a entender que el estrés sobre el pistón en el 0,2-in. Penetración es siempre mayor que la tensión aplicada en el 0,1-in. De la penetración.

10.2 *Relación de soporte - corrección* utilizando valores tomados de la tensión de la tensión de la curva de penetración para 0.100. (2,54 mm) y 0.200. (5,08 mm) de las penetraciones, calcular las



proporciones para cada cojinete dividiendo el corregido destaca por la norma subraya de 1000 psi (6,9 MPa) y 1500 psi (10 MPa) respectivamente, y multiplicando el resultado por 100. Además, calcular los ratios de cojinete para la máxima presión, si la penetración es de menos de 0.200. (5,08 mm), interpolando el nivel de estrés. La relación de cojinete reportado para el suelo es normalmente el uno en 0.100. (2,5 mm) de penetración. Cuando la proporción en 0.200. (5,08 mm) es mayor penetración, vuelva a ejecutar la prueba. Si la casilla de prueba proporciona un resultado similar, utilizar la relación de cojinete en 0.200. (5,08 mm) penetración.



Al ajustar una curva ascendente del cóncavo, proyectar una línea recta a través de la línea recta que parte de la curva de penetración estrés hacia abajo hasta que se cruza el eje de penetración. Mida la distancia (X) desde el origen hasta la intersección. Esta distancia (X) se añade al 0,1 y 0,2 de las penetraciones y esto crea una nueva penetración de 0,1 y 0,2. Proyectar una línea recta hacia arriba desde estos nuevos puntos de penetración hasta que interseca la curva de penetración de estrés y, a continuación, seleccione el apropiado hacer hincapié en los valores que se corresponden con las nuevas penetraciones en 0,1 y 0,2.

FIG. 3 Método para ajustar la forma de la curva ascendente del cóncavo

NOTA 8 - En ocasiones la agencia de ensayo puede ser solicitada para determinar el valor de CBR para una unidad de peso seco no representado por el laboratorio curva de compactación. Por ejemplo, el valor de CBR corregido para la unidad seca peso al 95% del peso específico seco máximo y al contenido óptimo de agua podrían ser solicitados. Un método recomendado para alcanzar este valor es compacta prueba de dos o tres CBR especímenes en la misma agua moldeo contenido, sino compactos cada muestra a diferentes energías de compactación a conseguir una densidad debajo y encima del valor deseado. El CBR corregida Los valores se representan frente a la unidad de peso seco y el valor de CBR deseada interpretado como se ilustra en la Fig. 4. Para mantener la coherencia del CBR corregida valores deben ser de origen idéntico.

D3282 - 09

por ejemplo, todo o ya sea empapado un-empapado y todo sea en 0.1 o 0.2 valores de penetración corregidos.

10.3 Calcular la densidad seca, ρ_d , de las muestras compactados hombres (antes del remojo) como sigue:

$$\rho_d = \frac{M_{sas}}{V_m}$$

Dónde:

$$M_{sac} = \frac{M_{m+ws} - M_m}{(1 + W_{ac})}$$

M_{sac} = Masa seca de suelo como compactado, Mg o g,

M_{m+ws} = Masa húmeda del suelo como moldeado plus masa molde, Mg o g,

M_m = Masa molde, Mg o g,

W_{ac} = Determinación del contenido de agua del representante restos tomadas durante el proceso de compactación, y

V_m = Volumen de molde (zona de moho x altura inicial), una valor calibrado, m³ o cm³

10.3.1 Calcular el peso unitario seco como sigue:

$$\gamma_d = 9,8066 \times \rho_d, \text{ KN} / \text{m}^3$$

o,

$$\gamma_d = 62.428 \times \rho_d, \text{ Lbf} / \text{ft}^3$$

Dónde:

γ_d = Peso unitario seco, kN / m³ o lbf / ft³,

9.8066 = factor de conversión, Mg / m³ o g / cm³ a kN / m³ Y

62.428 = factor de conversión, Mg / m³ o g / cm³ a lbf / ft³.

10.4 Si se empapó de la muestra de prueba, calcular el porcentaje de inflado como sigue:

$$s = \left(\frac{S}{h_i} \right) \times 100$$

Dónde:

s = oleaje que se produjo durante el remojo, %,

S = oleaje vertical, determinado a partir de la inicial menos definitiva De la medición inflado, pulg. (mm)

h_i = Altura de la probeta antes de oleaje, en. (Mm).

11. Informe: Ficha de datos de prueba (s) / Forma (s)



11.1 La metodología utilizada para especificar cómo los datos son re- cableada en la hoja (s) de datos de prueba / forma (s), como se indica a continuación, es cubierto en 1.9.

11.2 Registrar como mínimo la siguiente información general, (datos):

11.2.1 Cualquier preparación especial de la muestra y el procedimiento de la prueba (por ejemplo, para los materiales de auto- cementación).

11.2.2 Identificación de la muestra (ubicación, número aburrido, etc.).

11.2.3 Cualquier prueba pertinente hacer para describir la muestra de ensayo tales como: contenido de agua recibido como- por el método de ensayo D2216, el suelo clasificaciones por el Método de Ensayo D2487, clasificación visual por D2488 Práctica, límites de Atterberg por el Método de Ensayo D4318, gradación por D422 Método, etc.

11.2.4 El material ciento retenido en el tamiz de 19 mm para los casos en que se utilizan scalping y sustitución.

11.2.5 Técnico nombre / iniciales del personal que realiza la prueba.

11.2.6 Fecha (s) de la prueba.

11.3 Registro como mínimo los siguientes datos muestra de ensayo:

11.3.1 Método que se utiliza para la preparación y compactación de la muestra: Métodos de ensayo D698 o D1557, U otro, con Descripción

11.3.2 Condición de la muestra (sin remojar o empapada).

11.3.3 unidad de peso en seco de la muestra como compactado (antes del remojo).

11.3.4 Contenido de agua de la muestra en porcentaje:

11.3.4.1 Como compactado.

11.3.4.2 Principio (25.4 mm) de la capa después del remojo.

11.3.5 Hinchado (porcentaje de la altura inicial).

11.3.6 curva de penetración de esfuerzo.

11.3.7 valor de CBR corregido de la muestra (sin remojar o empapado) en 0,100 pulg. (2,5 mm) o de penetración en 0,200 pulg. (5,08 mm) el porcentaje de penetración,

11.3.8 Peso (s) de Recargo utilizado para la prueba.

11.3.9 periodo de inmersión, horas.

12. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

12.1 *Precisión* – los datos de prueba en la precisión no se presenta debido a la naturaleza de los materiales ensayados por este método

D3282 - 09

de ensayo. ya sea inviable o demasiado costoso en este momento tienen diez o más laboratorios participan en un programa de pruebas round-robin. A pesar de esta declaración se ofrece para las siguientes orientaciones:

12.1.1 Un usuario, basado en siete repeticiones, se ha desarrollado A es% del 8,2% (compactado por el método de ensayo D698) Y el 5,9% (compactado por el Método de Ensayo D1557).Ver el Apéndice X1 para los datos utilizados.

12.1.2 Subcomité D18.05 está buscando todos los datos de los usuarios de este método de ensayo que podrían ser utilizados para hacer una más declaración exhaustiva en la precisión.

12.2 Sesgo - no hay ningún valor de referencia aceptado para este método de ensayo., por lo tanto, el sesgo no se puede determinar.

13. Palabras clave

13.1 Relación Teniendo California; CBR; subrasante pavimento; Sub base; fuerza; diseño de pavimentos

ANEXO (Información no obligatoria) X1.

X1.1 Ver Fig. X1.1 para más información

FIG. X1.1 de Compactación Esfuerzo

RESUMEN DE CAMBIOS

D18 Comité ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para esta especificación desde la última publicación (D1883 - 07 ²) Que pueda afectar el uso de esta norma. (Aprobado 01 de diciembre 2014)

(1) Revisado Sección 1 a las unidades de dirección de medición.

(2) Revisada 3.1.1 .

(3) Revisada la Tabla 2 para eliminar las conversiones que no sean necesarios.

(4) Revisado varios errores tipográficos y dígitos significativos

(5) las condenas por la claridad revisada.

(6) Añadido algunos clarificación a 9.4 y 10.1 .

(7) Los cambios se hicieron a lo largo de traer estándar hasta redacción D18 Comité actual y el formato



ASTM International no toma posición respecto a la validez de los derechos de patente declarados en relación con cualquier artículo mencionado en esta norma. Los usuarios de esta norma están expresamente avisados de que la determinación de la validez de cualquiera de esos derechos de patente, y el riesgo de violación de esos derechos, son enteramente su propia responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe ser revisado cada cinco años y si no es revisado, ya sea aprobado de nuevo o retirado. Sus comentarios son invitados, ya sea para la revisión de esta norma o para normas adicionales y deberán dirigirse a la sede de ASTM International. Sus comentarios recibirán una cuidadosa consideración en una reunión del comité técnico responsable, que puede asistir. Si usted siente que sus comentarios no han recibido una audiencia justa que debiera hacer que sus puntos de vista al Comité de ASTM sobre normas, a la dirección que se muestra a continuación.

Esta norma es propiedad intelectual de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428 a 2.959, Estados Unidos. Reimpresiones individuales (copias simples o múltiples) de esta norma se pueden obtener poniéndose en contacto con la ASTM en el anterior dirección o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832-9555 (fax), o service@astm.org (e-mail); oa través de la página web de ASTM (www.astm.org). Derechos permiso para fotocopiar la norma también se pueden fijar desde el Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646 a 2.600; <http://www.copyright.com/>

PANEL FOTOGRÁFICO

Toma de muestras de ceniza de cal



Toma de muestras de Arcilla con mucha grava





Límites de Plástico



Limite Líquido



Proctor Modificado



Proctor Modificado



Peso específico



CBR



CBR



CBR

