



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Cashpa Jara, John Wilmer (ORCID: 0000-0001-5457-0787)

Pillhuaman Cosavalente, Anderson Jair (ORCID: 0000-0002-8831-1940)

ASESORA:

Mgtr. Legendre Salazar, Sheila Mabel (ORCID: 0000-0003-3326-6895)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A nuestros padres, por inspirarnos y motivarnos con su gran apoyo incondicional, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí.

A nuestros hermanos(as), primos (as), y familiares por estar siempre presentes, en esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que nuestro proyecto se realice con éxito especialmente a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos con nosotros.

Los Autores

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirnos con buena salud cada día, por seguir encaminándonos en nuestra formación profesional.

A nuestros padres, hermanos(as), familiares y amigos por siempre darnos el apoyo incondicional para seguir adelante y crecer como grandes profesionales.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Chimbote, por la dedicación de instruir a los estudiantes para obtener una buena formación.

Los Autores

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	8
3.2. Variables y Operacionalización	9
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	11
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de Análisis de Datos.....	13
3.7. Aspectos Éticos.....	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES	34
VIII. REFERENCIAS.....	35
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	10
TABLA N° 2: NÚMERO DE RÉPLICAS PARA ENSAYOS	11
TABLA N° 3: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	12
TABLA N° 4: DOSIFICACIÓN NECESARIA DE CLORURO DE CALCIO EN PESO PARA ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	15
TABLA N° 5: DOSIFICACIÓN NECESARIA DE CLORURO DE CALCIO EN PESO PARA ENSAYO C.B.R.	16
TABLA N° 6: DOSIFICACIÓN NECESARIA TOTAL	17
TABLA N° 7: DOSIFICACIÓN NECESARIA POR METRO CÚBICO.....	17
TABLA N° 8: RESUMEN ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO A MUESTRAS PATRÓN	18
TABLA N° 9: RESUMEN ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG A MUESTRAS PATRÓN	19
TABLA N° 10: RESUMEN ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG A MUESTRAS PATRÓN	19
TABLA N° 11: RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN	20
TABLA N° 12: RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN.....	20
TABLA N° 13: RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 2%.....	21
TABLA N° 14: RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 2%	22
TABLA N° 15: RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 3%.....	22
TABLA N° 16: RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 3%	23
TABLA N° 17: RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 4%.....	23
TABLA N° 18: RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 4%	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: COMPARACIÓN DE ENSAYOS PROCTOR MODIFICADOS A MUESTRAS CON ADICIÓN DE 2%, 3% Y 4% DE CLORURO DE CALCIO.....	25
GRÁFICO N° 2: COMPARACIÓN DE ENSAYOS CBR A MUESTRAS CON ADICIÓN DE 2%, 3% Y 4% DE CLORURO DE CALCIO	26

RESUMEN

Durante mucho tiempo, el crecimiento económico de un país ha radicado en la calidad de sus vías, siendo esto un problema, especialmente cuando se trata de suelos con capacidad portante menor a las especificadas en las normas, en Sudamérica, se viene realizando pruebas que buscan acrecentar la capacidad portante de los suelos empleando nuevas metodologías que, al ser añadidos al suelo mejorar aquellas características desfavorables. El objetivo de este estudio es determinar la influencia del cloruro de calcio en la estabilización de la vía no pavimentada. Se empleó una metodología que parte desde el reconocimiento del terreno, para ubicar los puntos donde se va a realizar las calicatas. En este estudio la variable independiente a evaluar fue el cloruro de calcio, teniendo como indicadores 0%, 2%, 3% y 4% con respecto al peso de la muestra, en cuanto a la variable dependiente fue la estabilización de la vía no pavimentada, se determinó las propiedades físicas y la resistencia del suelo, empleando como instrumentos protocolos estandarizados por el MTC. Concluyendo que el cloruro de calcio influyó de manera positiva en la estabilización de la vía no pavimentada de la Prolongación de la Av. Los Nogales mejorando las propiedades mecánicas del suelo.

Palabras clave: estabilización, cloruro, calcio.

ABSTRACT

For a long time, the economic growth of a country has been based on the quality of its roads, this being a problem, especially when it comes to soils with lower bearing capacity than those specified in the standards, in South America, tests have been carried out that They seek to increase the bearing capacity of soils using new methodologies that, when added to the soil, improve those unfavorable characteristics. The objective of this study is to determine the influence of calcium chloride on the stabilization of the unpaved road. A methodology was used that starts from the reconnaissance of the land, to locate the points where the test pits will be carried out. In this study, the independent variable to be evaluated was calcium chloride, having as indicators 0%, 2%, 3% and 4% with respect to the weight of the sample, in terms of the dependent variable was the stabilization of the unpaved road., the physical properties and resistance of the soil were determined, using protocols standardized by the MTC as instruments. Concluding that calcium chloride had a positive influence on the stabilization of the unpaved road of the Extension of Av. Los Nogales, improving the mechanical properties of the soil.

Keywords: stabilization, chloride, calcium

I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, el crecimiento económico y social de un país ha radicado en la calidad de sus vías (carreteras); por lo que, debido al constante uso, adicionándole las características de los suelos donde se construyen, han sido un problema que los ingenieros tienen que afrontar a diario, especialmente cuando se trata de suelos con capacidad portante menor a las especificadas en las distintas normas de diseño de carreteras en todo el mundo. Actualmente, a pesar de haber desarrollado muchas tecnologías, estos problemas siguen vigentes. Tal es el caso que se puede observar carreteras sin la superficie de rodadura que amerita, como también superficies de rodadura en mal estado (Blaginin, Khudyakova y Alimova, 2017).

En Sudamérica, ante esta situación, se viene realizando un sinnúmero de pruebas que buscan acrecentar la capacidad portante de los suelos empleando nuevas metodologías y distintos productos que, al ser añadidos al suelo con características mecánicas desfavorables, suelen mejorar aquellas características (Muhammad Haroon, Kanza, Fiza y Fawad, 2018).

En el Perú, desde hace muchos años, los suelos inestables generan dificultades en las carreteras no pavimentadas. Esto es algo muy visible sobre todo en nuestra Región Áncash, por lo que la red vial vecinal que posee 114005.2 Km. en todo el Perú, solo cuenta con 2317.7 Km de vías pavimentadas, es decir, un 97.97% de vías sin pavimentar (Anuario Estadístico 2020, 2020).

Una de las metodologías utilizadas últimamente en la estabilización de suelos es la aplicación de químicos, como el cloruro de calcio, el cual permite estabilizar las carreteras que no se encuentren asfaltadas en nuestra región. Los aditivos, como el cloruro de calcio, posibilitan una gran mejora en la estabilización del suelo y, por consiguiente, sus propiedades mecánicas se verán beneficiadas (Orobio, Portocarrero y Serna, 2017, pág. 45).

Este proyecto conlleva un estudio técnico que permita ajustar la estabilidad de la carretera sin pavimento utilizando el aditivo químico ya mencionado.

Por todo lo antes planteado, nos conllevó a formular el siguiente problema ¿De qué manera la utilización del cloruro de calcio en el suelo influye en la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021?

El presente proyecto se justificó teóricamente con la intención de contribuir al conocimiento existente en materia de estabilización de suelos con cloruro de calcio, con esta sustancia química mejoraremos muchos aspectos deficientes que tiene el lugar de estudio.

Su justificación práctica fue proponer la mejora del suelo de la vía no pavimentada de la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma – 2021 a través del aditivo químico para la disminución del polvo que afecta a la población cercana, así como también para optimizar las cualidades mecánicas del suelo y obtener una vía que cumpla con lo requerido por el MTC.

Además, se justificó metodológicamente porque describe los métodos que se requiere para lograr la mejora del suelo en la vía no pavimentada.

De manera que consideramos como objetivo general: Determinar la influencia del cloruro de calcio en la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021; y como objetivos específicos: Determinar la dosificación del cloruro de calcio para un 2%, 3% y 4% en el suelo. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo patrón. Determinar las propiedades mecánicas del suelo con adición del cloruro de calcio en 2%, 3% y 4%. Determinar el porcentaje óptimo de la muestra añadiendo cloruro de calcio al 2%, 3% y 4%.

La hipótesis del proyecto es: La utilización de cloruro de calcio influye positivamente en el perfeccionamiento de la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedente a nivel internacional tenemos a Larrea y Rivas (2019) en Ecuador, en su proyecto de investigación de pregrado “Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio” se planteó como objetivo general estabilizar un suelo arcilloso con IP entre 16 y 18 empleando cloruro de sodio y cloruro de calcio, empleó muestra de la cantera El Cañaverál – Guayas, y llegó a la conclusión de que el cloruro de calcio influyó negativamente en las propiedades mecánicas de las muestras dado a que disminuyó el IP del suelo y no aumentó el valor de la MDS.

Fiallos, (2016) en Ecuador, en su tesis de pregrado “Análisis de contraste de la estabilización de un suelo cohesivo por tres procedimientos empleando químicos cal, cloruro de calcio y sulfato de calcio”, se planteó como objetivo general estudiar y confrontar la reacción de un suelo al ser estabilizado químicamente empleando cal, cloruro de calcio y sulfato de calcio, empleó una muestra extraída de la ciudad de Puyo – Ecuador, y llegó a la conclusión que el cloruro de calcio incrementa las propiedades mecánicas de la muestra pero que estas no llegan al mínimo establecido por la norma ecuatoriana.

A nivel nacional, según el autor Pacheco (2019), en su proyecto de investigación de pregrado “Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para incrementar las características mecánicas de la base en carreteras no pavimentadas”, el objetivo general planteado fue estabilizar la base de una carretera no pavimentada empleando afirmado y cloruro de calcio, empleó como muestra la cantera Tres Tomas – Mesones Muro y La Victoria – Pátapo, llegando a la conclusión que al añadir cloruro de calcio con afirmado incrementa el índice de resistencia de suelos.

Por otro lado, Ponce (2018) en su proyecto de investigación de pregrado “Aplicación del cloruro de calcio para mejorar las características de la subrasante arcillosa de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica” se propuso como objetivo general establecer el efecto al añadir cloruro de calcio sobre la subrasante de dicha vía, empleando como muestra 3 calicatas de la Av. Ccoripaccha, llegando a la conclusión que al

añadir cloruro de calcio como material estabilizante no influye significativamente dado al bajo incremento del IP de suelos de la muestra.

Según los autores Cabrera y Dios (2020), en su tesis de pregrado “Mejoramiento de las características de la carpeta de rodadura de afirmado con la adición de cloruro de calcio en la avenida pradera, urbanización la pradera Pimentel - Chiclayo – Lambayeque”, tuvo como objetivo general establecer el efecto al añadir cloruro de calcio sobre la rasante de la vía Pradera – Chiclayo, empleando como muestra 02 calicatas de la vía en mención y llegando a la conclusión de que al añadir cloruro de sodio sobre la rasante de la vía influencia positivamente sobre esta debido a que aumenta significativamente el valor del índice de plasticidad de suelos.

En este sentido, es imprescindible determinar conceptos fundamentales, como la subrasante, la cual es el terreno de fundación en donde se apoyará la configuración del pavimento. Es por esto que debe ser adecuada y con una capacidad de soporte aceptable, además de estar libre de maleza y/o vegetación (Martínez Díaz y Pérez, 2018).

Si bien es cierto, la subrasante es el terreno de fundación donde se apoyará la configuración del pavimento, esta, asimismo, es parte del suelo. En tal sentido, es imprescindible decir que el suelo es la división parcial o total de las rocas debido a los agentes que se encuentran en la atmosfera (Cruz Guevara, Cruz Ceballos, Avedaño Sánchez y García González, 2022).

Cabe recalcar que la subrasante debe ser adecuada y estable para poder constituir la estructura de un pavimento, para lo cual se debe tomar en consideración como espesor mínimo 0.60 m., en el caso que la subrasante no posea una buena capacidad de soporte debe estabilizarse (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Ahora bien, los suelos poseen dos clasificaciones importantes que guardan relación con el presente proyecto. Así tenemos por un lado a la clasificación según el sistema AASHTO, en donde se dividen en ocho grandes grupos principales, teniendo como nombre desde A-1 hasta A-8. Esta clasificación responde y guarda una relación íntima con respecto a la granulometría y los

límites de Atterberg del suelo: LL, LP e IP (Sandoval Vallejo y Rivera Mena, 2019).

Por otra parte, tenemos a la clasificación según SUCS, la cual se dividen en dos grandes grupos, los cuales guardan una estrecha relación con respecto a su granulometría. En este sentido, si más del 50% de la muestra es retenida por el tamiz N°200, esta sería catalogada como granular, caso contrario se le considera como un grano fino. (De La Cruz Vega, y otros, 2017).

De esta forma, al haber analizado la clasificación de los suelos, también podemos analizar la clasificación de las subrasantes. Así pues, según el MTC, dependiendo de la calidad, esta se clasifica en cinco grupos, abarcando desde una subrasante muy pobre hasta una subrasante muy buena (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Luego de conocer que es el suelo, así como también la subrasante, es indispensable definir la estabilización y los aditivos que se emplean para estabilizar suelos y subrasantes, debido a que los ingenieros comúnmente afrontamos los retos en campo al toparnos con suelos con baja capacidad portante.

En tal sentido, consideramos estabilización al procedimiento en el que se mejora las propiedades y características de un elemento usando innumerables métodos y productos (Rosales, Agrela, Marcobal, Díaz López y Cuenca Moyano, 2020).

A partir de ello podemos afirmar que la estabilización de los suelos es el procedimiento en el que se emplean productos químicos o naturales con la finalidad de acrecentar y optimizar los atributos de estos. Es muy común que en la práctica se estabilicen las subrasantes de las vías debido a que, en su mayoría, estas presentan problemas por su capacidad de soporte (Pereira, Fabiano, Eder Pereira y Alcides, 2018).

Asimismo, es importante mencionar que, a pesar que haya varios aditivos estabilizadores, el MTC ofrece una guía con la que sugiere elegir el material correcto para utilizar como estabilizador, además de las dosificaciones

sugeridas y unidades a emplear, basándose en la clasificación del suelo a analizar (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Así también, es necesario aclarar que el cloruro de calcio es el compuesto químico que se emplea en las estabilizaciones de suelos con presencia de agua, por la particularidad de ser higroscópico (Orobio, 2018).

En las estabilizaciones de suelos empleando cloruro de calcio, la dosificación recomendada es de 1 a 3% en peso del suelo seco (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Debido a esta estabilización, el suelo deberá permanecer aislado durante 24 horas para luego poder dar apertura al inicio del tránsito vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

El cloruro de calcio posee distintas características por lo que es el compuesto químico más elegido comparado con el cloruro de sodio, debido a que el cloruro de calcio permite conseguir un mayor grado de compactación y por ende una mejor capacidad portante previniendo posibles desmoronamientos adicionándole que es un excelente supresor de polvo (Duclos, Ambaiowei y Wheildon, 2017).

Ahora bien, el proceso de estabilización de un suelo incluye distintos ensayos realizados en un laboratorio para verificar las características y las distintas reacciones que puedan suceder. Dentro de estos ensayos, tenemos el ensayo de granulometría, el cual consiste en identificar la dimensión de los granos del suelo. Debido a esto la muestra pasa por distintos tamices establecidos según la Norma ASTM D-422, para luego analizar los porcentajes retenidos en las distintas mallas de los tamices y realizar la curva granulométrica (American Society for Testing and Materials, 2007). Sin embargo, si las muestras tienden a ser demasiado finas se realiza bajo el método de sedimentación (La Manna, Rostagno, Buduba y Irisarri, 2017).

Seguidamente, debemos clasificar nuestro suelo según los métodos descritos. No obstante, se requiere de las pruebas de límites de consistencia, el cual consiste en establecer el IP del suelo, determinando primero su límite líquido para luego proceder con el límite plástico para y continuar con la

sustracción entre estos dos valores y obtener el índice de plasticidad del suelo (Chang, Villalta, Fernández, & Duran, 2020). Estos ensayos se basan en la norma ASTM D-423 y ASTM D-424 en la que estipula el proceso específico para la determinación de estos (American Society for Testing and Materials, 1971).

Luego de esto, se lleva a cabo el ensayo proctor modificado, donde se busca establecer la humedad ideal de un suelo y la relación existente con el peso unitario del suelo, obteniendo así la curva de compactación (Pérez García, Gárnica Anguas, Reyes Rodríguez, García Cruz y Pérez Luis, 2017). La prueba de proctor modificado se encuentra definido y contempla ciertas restricciones basados en la norma ASTM D-1557 (American Society for Testing and Materials, 2021).

Por último, se realiza la prueba de California Bearing Ratio C.B.R. en el cual se verifica la capacidad portante del suelo mediante los protocolos y procedimientos establecidos en la norma ASTM 1883. Cabe resaltar que se realiza bajo condiciones estrictamente controladas de humedad y densidad y va ligado íntimamente con el ensayo de proctor modificado (Ojeda Farías, Mendoza Rangel, & Baltazar Zamora, 2018). El ensayo C.B.R. está reglamentado por la norma ASTM D-1883, en la que se indica todos los lineamientos a seguir para realizar el ensayo (American Society for Testing and Materials, 1995).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada pues se aplicaron conocimientos ya adoptados, por lo tanto, nuestro proyecto fue respaldado por nuestro marco teórico donde recopilamos informaciones valiosas (Selva Andina, 2017).

Diseño de investigación

Se definió como diseño experimental ya que se manipuló uno o más variables independientes con la finalidad de estudiar los efectos del estudio realizado (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

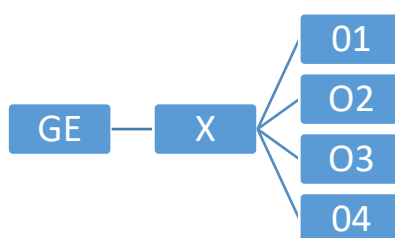
Nivel de investigación

Se determinó como nivel de investigación correlacional, debido a que se conoció el nexo existente entre 2 o más conceptos (Díaz Narvaez & Calzadilla Nunes, 2016).

Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo pues se destacó la relación existente entre las variables, además de que se continuó una guía ya conformada (Fernández García, Vallejo Seco, Livacic Rojas y Tuero Herrero, 2016).

El diseño experimental del presente estudio apoya a solucionar dificultades funcionales de acuerdo al siguiente esquema:



Donde:

- GE = Grupo experimental (muestras de la subrasante de la Prolongación de la Av. Los Nogales).
- X = Variable experimental (Cloruro de calcio)
- O1 = Observación experimental I (0%)
- O2 = Observación experimental II (2%)
- O3 = Observación experimental III (3%)
- O4 = Observación experimental III (4%)

3.2. Variables y Operacionalización

Variable independiente

Definida como la que al variar también causa una varianza en la variable dependiente, pudiendo así afirmar que, de esta depende el valor de la variable dependiente (Núñez Flores, 2014).

También se pudo afirmar que, el cloruro de calcio es una sustancia química inorgánica proveniente de los cloruros, tiene como una de sus propiedades principales el ser higroscópica y deliquescente, en otras palabras, aspira la humedad del entorno (Morales & Pailacura, 2019).

Por lo tanto, en nuestro proyecto de investigación se combinaron las muestras obtenidas en la Prolongación de la Av. Los Nogales con cloruro de calcio en el suelo para su estabilización, para los cual se utilizaron porcentajes 2%, 3% y 4% respecto al peso de la muestra.

Variable dependiente

Se definió que es aquella que varía debido a la oscilación de la variable independiente (Espinoza Freire, 2019).

Luego se definió que la estabilización de una vía no pavimentada consiste en adicionar a este cualquier aditivo, ya sea natural o químico para producir una mejora (Montejo Fonseca, Montejo Piratova, & Montejo Piratova, 2018).

En consecuencia, se determinó las características físicas, químicas y mecánicas de la muestra extraída en la Prolongación de la Av. Los Nogales, a través de los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, proctor modificado y C.B.R.

TABLA N° 1
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de investigación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Cloruro de calcio	El cloruro de calcio es una sustancia química inorgánica proveniente de los cloruros, tiene como una de sus propiedades principales el ser higroscópica y delicuescente, en otras palabras, aspira la humedad del entorno (Nuñez Castellano, Castellano, Ramírez Méndez, Sindoni y Marín, 2012).	Se mezclaron las muestras extraídas en la Prolongación de la Av. Los Nogales con el cloruro de calcio para la estabilización de la vía no pavimentada, para lo cual se utilizó porcentajes 2%, 3% y 4% respecto al peso de la muestra.	Dosificación del estabilizador por el peso de la muestra	0%
				2%
				3%
				4%
Estabilización de la vía no pavimentada	La estabilización de una vía no pavimentada consiste en adicionar a este cualquier aditivo, ya sea natural o químico para producir una mejora (Rivera, Aguirre Guerrero, Mejía de Gutiérrez, & Orobio, 2020)	Se establecieron las propiedades físicas, químicas y mecánica de las muestras extraídas de la Prolongación de la Av. Los Nogales, mediante los ensayos análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, proctor modificado y C.B.R.	Propiedades físicas	LL: Límite líquido
				LP: Límite plástico
				IP: Índice de plasticidad
			Propiedades mecánicas	MDS: Densidad máxima seca
				Humedad óptima
				California Bearing Ratio (C.B.R.)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población

La población está compuesta de objetos u personas de los que se desea conocer algo de la investigación (López Cantos, 2015).

En el presente proyecto de investigación el componente de análisis fue el suelo de la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma.

Muestra

La muestra es una fracción de la población o un sub conjunto en que se realizara la investigación (Ventura León, 2017).

Se eligieron las zonas más críticas de la Prolongación de la Av. Los Nogales, las cuales están ubicadas exactamente en las progresivas 1+000, 2+000, 2+480. De tal manera, se prepararon 12 muestras de cada prueba acorde a los parámetros fijados por el MTC como se refleja en la tabla N° 2.

TABLA N° 2
NÚMERO DE RÉPLICAS PARA ENSAYOS

Porcentaje	0%	2%	3%	4%	Total
Numero de replicas	3	3	3	3	12

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

El muestreo es una técnica en la que el objetivo de la población se disgrega en segmentos, los cuales son exclusivos, homogéneos (estratos), y además una muestra aleatoria simple la cual es seleccionada de cada segmento (estrato) (Otzen y Manterola, 2017).

Para la presente investigación, se obtuvo las muestras de los tramos más críticos de la Av. Prolongación de la Av. Los Nogales.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnicas de investigación

La técnica empleada fue la de la observación, pues esta se determina como aquel procedimiento en el que el principal objetivo es recoger información del objeto de estudio (Rojas Crotte, 2011).

En consecuencia, se localizó los puntos más críticos de la vía para realizar las calicatas.

Por lo tanto, la técnica utilizada en esta investigación es la de la observación, ya que se hizo visitas en el campo para reconocer el terreno y extraer las muestras, tal como se refleja en la tabla N° 3.

TABLA N° 3
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Dosificación del estabilizador en peso.	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Análisis granulométrico de suelos por tamizado	Observación experimental	ASTM D – 422 (Ensayo de análisis granulométrico por tamizado)
Establecer el límite líquido de los suelos	Observación experimental	ASTM D - 423 (Ensayo de límite líquido)
Establecer el límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)	Observación experimental	ASTM D - 424 (Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad)
Compactación de suelo en laboratorio empleando una energía modificada (proctor modificado)	Observación experimental	ASTM D - 1557 (Ensayo de Proctor Modificado Método A)
C.B.R. de suelos (laboratorio)	Observación experimental	ASTM D – 1883 (Ensayo de California Bearing Ratio)

Fuente: Elaboración propia

Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos empleados fueron los protocolos acordes al Ministerio de Transportes y Comunicaciones además de estar adaptados de la norma ASTM a nuestros parámetros nacionales, por lo que se obtuvieron así ensayos confiables.

ASTM D – 422 (Ensayo de análisis granulométrico por tamizado).

ASTM D - 423 (Ensayo de límite líquido).

ASTM D - 424 (Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad).

ASTM D - 1557 (Ensayo de Proctor Modificado Método A).

ASTM D – 1883 (Ensayo de California Bearing Ratio).

Validez y confiabilidad

Los protocolos establecidos no fueron necesarios pasar por validación y el grado de confiabilidad que presentaron fue alto debido a que son formatos estandarizados acordes al MTC.

Unidad de análisis

La unidad de análisis fue el suelo de la Av. Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo – Casma.

3.5. Procedimientos

Se realizaron los estudios de mecánica de suelos con el propósito de obtener los datos del lugar de estudio. De esta forma pudimos conocer todas las características mecánicas del suelo del determinado lugar.

3.6. Método de Análisis de Datos

Se realizó el estudio de mecánica de suelos de la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo – Casma y se obtuvo los datos necesarios tales como la densidad, resistencia y capacidad de soporte del suelo. Para el procesamiento de datos se tuvo la necesidad de utilizar los programas Microsoft Excel, Word y los equipos necesarios del laboratorio.

3.7. Aspectos Éticos

Se cumplió con los lineamientos de la resolución de consejo universitario N° 0126-2.017UCV y se tuvieron los siguientes principios éticos:

Respeto a la propiedad intelectual, ya que se respeta la autoría de todos los trabajos tomados como apoyo para realizar esta investigación, siendo así que se procedieron a citar cada uno de ellos respectivamente.

IV. RESULTADOS

Para cumplir con los objetivos específicos planteados, se realizaron distintos ensayos, los cuales se detallan a continuación respectivamente al objetivo al que pertenecen.

4.1. Primer Objetivo Específico

Determinar la dosificación del cloruro de calcio para un 2%, 3% y 4% en el suelo.

Para realizar este objetivo, se efectuaron las siguientes tablas para cuantificar la proporción de cloruro de calcio que necesitaríamos por cada ensayo.

TABLA N° 4
DOSIFICACIÓN NECESARIA DE CLORURO DE CALCIO EN PESO PARA
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ENSAYO	NÚMERO DE MUESTRA	PORCENTAJE	PESO MUESTRA	PESO NECESARIO DE CLORURO DE CALCIO	PESO TOTAL MUESTRA
Proctor	01	0.00%	16.000 Kg.	0.000 Kg.	16.000 Kg.
Proctor	02	0.00%	16.000 Kg.	0.000 Kg.	16.000 Kg.
Proctor	03	0.00%	16.000 Kg.	0.000 Kg.	16.000 Kg.
Proctor	01	2.00%	16.000 Kg.	0.320 Kg.	16.320 Kg.
Proctor	02	2.00%	16.000 Kg.	0.320 Kg.	16.320 Kg.
Proctor	03	2.00%	16.000 Kg.	0.320 Kg.	16.320 Kg.
Proctor	01	3.00%	16.000 Kg.	0.480 Kg.	16.480 Kg.
Proctor	02	3.00%	16.000 Kg.	0.480 Kg.	16.480 Kg.
Proctor	03	3.00%	16.000 Kg.	0.480 Kg.	16.480 Kg.
Proctor	01	4.00%	16.000 Kg.	0.640 Kg.	16.640 Kg.
Proctor	02	4.00%	16.000 Kg.	0.640 Kg.	16.640 Kg.
Proctor	03	4.00%	16.000 Kg.	0.640 Kg.	16.640 Kg.
TOTAL			192.000 Kg.	4.320 Kg.	196.320 Kg.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 4 se indica la cantidad de cloruro de calcio necesario para efectuar el ensayo proctor modificado añadiendo 2%, 3% y 4% de cloruro de calcio teniendo así que se requiere 4.320 kg. de este para poder realizar el ensayo acorde al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

TABLA N° 5
DOSIFICACIÓN NECESARIA DE CLORURO DE CALCIO EN PESO PARA
ENSAYO C.B.R.

ENSAYO	NÚMERO DE MUESTRA	PORCENTAJE	PESO MUESTRA	PESO NECESARIO DE CLORURO DE CALCIO	PESO TOTAL MUESTRA
CBR	01	0.00%	15.000 kg	0.000 kg	15.000 kg
CBR	02	0.00%	15.000 kg	0.000 kg	15.000 kg
CBR	03	0.00%	15.000 kg	0.000 kg	15.000 kg
CBR	01	2.00%	15.000 kg	0.300 kg	15.300 kg
CBR	02	2.00%	15.000 kg	0.300 kg	15.300 kg
CBR	03	2.00%	15.000 kg	0.300 kg	15.300 kg
CBR	01	3.00%	15.000 kg	0.450 kg	15.450 kg
CBR	02	3.00%	15.000 kg	0.450 kg	15.450 kg
CBR	03	3.00%	15.000 kg	0.450 kg	15.450 kg
CBR	01	4.00%	15.000 kg	0.600 kg	15.600 kg
CBR	02	4.00%	15.000 kg	0.600 kg	15.600 kg
CBR	03	4.00%	15.000 kg	0.600 kg	15.600 kg
TOTAL			180.000 kg	4.050 kg	184.050 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación En la tabla n° 5 se indica la cantidad de cloruro de calcio necesario para realizar el ensayo C.B.R. añadiendo 2%, 3% y 4% de cloruro de calcio teniendo así que se requiere 4.050 kg de este para poder realizar el ensayo acorde al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

TABLA N° 6
DOSIFICACIÓN NECESARIA TOTAL

ENSAYO	PESO REQUERIDO
PROCTOR	4.320 kg
CBR	4.050 kg
TOTAL	8.370 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 6 se indica la proporción necesaria de cloruro de calcio para realizar los ensayos Proctor Modificado y C.B.R., requiriendo 8.370 kg de este en total para añadir a las muestras de los ensayos.

TABLA N° 7
DOSIFICACIÓN NECESARIA POR METRO CÚBICO

NUMERO DE MUESTRA	%	SECCIÓN DE LA VÍA			VOLUMEN DE MATERIAL	VOLUMEN DE CLORURO DE CALCIO A EMPLEAR	PESO ESPECÍFICO DEL CLORURO DE CALCIO	PESO DEL CLORURO A EMPLEAR POR m ³
		LARGO	ANCHO	ESPESOR				
01	0.00%	0.17 m	10.00 m	0.60 m	1.00 m ³	0.00 m ³	2150 kg/m ³	0.00 kg
02	2.00%	0.17 m	10.00 m	0.60 m	1.00 m ³	0.02 m ³	2150 kg/m ³	43.00 kg
03	3.00%	0.17 m	10.00 m	0.60 m	1.00 m ³	0.03 m ³	2150 kg/m ³	64.50 kg
04	4.00%	0.17 m	10.00 m	0.60 m	1.00 m ³	0.04 m ³	2150 kg. /m ³	86.00 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 7 se indica la cantidad de cloruro de calcio necesario por m³ de la vía, de esta forma si se añade 2% de cloruro será necesario emplear 43.00 kg de este por cada metro cúbico, si se añade 3% de cloruro será necesario emplear 64.50 kg de este por cada metro cúbico y si se añade 4% de cloruro será necesario emplear 86.00 kg de este por cada metro cúbico.

4.2. Segundo Objetivo Específico

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo patrón.

Para cumplir con este objetivo se realizaron los ensayos del análisis granulométrico por tamizado según norma ASTM D-422, así como también el ensayo de límites de Atterberg según norma ASTM D-423/424 y AASHTO T-89/90, además se llevaron a cabo los ensayos de Proctor Modificado acorde a la norma ASTM D-1557 y los ensayos de CBR según norma ASTM D-1883 los cuales se aprecian en las siguientes tablas:

Propiedades Físicas:

TABLA N° 8
RESUMEN ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO A MUESTRAS
PATRÓN

CALICATA 01		CALICATA 02		CALICATA 03	
Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa	Tamiz ASTM	Porcentaje que pasa
1"	100.00%	1"	100.00%	1"	100.00%
3/4"	100.00%	3/4"	100.00%	3/4"	100.00%
1/2"	100.00%	1/2"	100.00%	1/2"	100.00%
3/8"	100.00%	3/8"	100.00%	3/8"	100.00%
1/4"	100.00%	1/4"	100.00%	1/4"	100.00%
#4	99.70%	#4	99.75%	#4	99.72%
#10	98.18%	#10	98.15%	#10	98.25%
#20	90.13%	#20	90.28%	#20	90.24%
#40	75.32%	#40	75.36%	#40	75.72%
#50	42.41%	#50	42.54%	#50	42.84%
#60	10.31%	#60	11.15%	#60	10.61%
#100	2.35%	#100	2.96%	#100	2.54%
#200	0.64%	#200	1.02%	#200	0.64%
P #200	0.00%	P #200	0.00%	P #200	0.00%

Fuente: Ensayo granulométrico por tamizado – Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 8 se indican los distintos porcentajes que pasan por las distintas mallas del análisis granulométrico por tamizado acorde a cada calicata realizada en campo, analizando que más del 99% de las tres muestras pasa por la malla N° 4, es decir las muestras califican como un material fino.

TABLA N° 9

RESUMEN ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG A MUESTRAS PATRÓN

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	LÍMITES DE CONSISTENCIA		IP %
			LL %	LP %	
MUESTRA PATRÓN	M - 01	C - 01	NP	NP	NP
	M - 02	C - 02			
	M - 03	C - 03			

Fuente: Ensayo de límites de consistencia – Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 9 se indican los índices de plasticidad obtenidos de cada muestra, los cuales fueron NP.

TABLA N° 10

RESUMEN ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG A MUESTRAS PATRÓN

COMPOSICIÓN	CALICATA 1	CALICATA 2	CALICATA 3
Grava (%)	0.00%	0.00%	0.00%
Arena (%)	97.65%	97.04%	97.46%
Finos (%)	2.35%	2.96%	2.54%
Limite Liquido	NP	NP	NP
Limite Plástico	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad	NP	NP	NP
Clasif. SUCS	SP	SP	SP
Clasif. AASHTO	A - 2 - 4	A - 2 - 4	A - 2 - 4
Contenido de Humedad	2.75%	2.84%	2.82%

Fuente: Ensayo granulométrico por tamizado – Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 10 se indica la clasificación de las muestras de las 3 calicatas, calificando como A-2-4 según AASHTO y SP (arena mal graduada) según SUCS para todas las muestras.

Propiedades Mecánicas:

TABLA N° 11
RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	MÁXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
MUESTRA PATRÓN	M - 01	C - 01	1.902 gr/cm ³	8.69%
	M - 02	C - 02	1.975 gr/cm ³	8.67%
	M - 03	C - 03	1.964 gr/cm ³	8.61%

Fuente: Ensayo de proctor modificado a muestras patrón – Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación En la tabla n° 11, se registra que, la muestra 1 tuvo una MDS de 1.902 gr/cm³ con un OCH de 8.69%, la muestra 2 tuvo una MDS de 1.975 gr/cm³ con un OCH de 8.67% y la muestra 3 tuvo una MDS de 1.964 gr/cm³ con un OCH de 8.61%.

TABLA N° 12
RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	C.B.R. PARA EL 95% DE LA MDS
MUESTRA PATRÓN	M - 01	C - 01	12.70%
	M - 02	C - 02	12.00%
	M - 03	C - 03	11.80%

Fuente: Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a muestras patrón – Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 12, se registra que, la muestra 1 tuvo un CBR de 12.70% para el 95% de la MDS, la muestra 2 tuvo un CBR de 12.00% para el 95% de la MDS y la muestra 03 tuvo un CBR de 11.80% para el 95% de la MDS.

4.3. Tercer Objetivo Específico

Determinar las propiedades mecánicas del suelo con adición del cloruro de calcio en 2%, 3% y 4%.

Para cumplir con este objetivo específico se realizaron los ensayos de Proctor Modificado según la norma ASTM D-1557 y CBR según la norma ASTM D-1883, los cuales se sintetizan en las siguientes tablas:

TABLA N° 13
RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN
CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 2%

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	MÁXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
ADICIÓN DE 2% CaCl ₂	M - 01	C - 01	1.935 gr/cm ³	10.75%
	M - 02	C - 02	1.954 gr/cm ³	10.78%
	M - 03	C - 03	1.941 gr/cm ³	11.48%

Fuente: Ensayo de proctor modificado a muestras con adición de 2% de CaCl₂ – Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 13, se registra que, la muestra 1 tuvo una MDS de 1.935 gr/cm³ con un OCH de 10.75%, la muestra 2 tuvo una MDS de 1.954 gr/cm³ con un OCH de 10.78% y la muestra 3 tuvo una MDS de 1.941 gr/cm³ con un OCH de 11.48%.

TABLA N° 14

**RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE
CLORURO DE CALCIO EN 2%**

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	C.B.R. PARA EL 95% DE LA MDS
ADICIÓN DE 2% CaCl₂	M - 01	C - 01	14.50%
	M - 02	C - 02	14.60%
	M - 03	C - 03	13.90%

Fuente: Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a muestras con adición de 2% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 14, se registra que, la muestra 1 tuvo un CBR de 14.50% para el 95% de la MDS, la muestra 2 tuvo un CBR de 14.60% para el 95% de la MDS y la muestra 03 tuvo un CBR de 13.90% para el 95% de la MDS.

TABLA N° 15

**RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN
CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 3%**

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	MÁXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
ADICIÓN DE 3% CaCl₂	M - 01	C - 01	2.098 gr/cm ³	12.91%
	M - 02	C - 02	2.121 gr/cm ³	13.10%
	M - 03	C - 03	2.166 gr/cm ³	12.98%

Fuente: Ensayo de proctor modificado a muestras con adición de 3% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: : En la tabla n° 15, se registra que, la muestra 1 tuvo una MDS de 2.098 gr/cm³ con un OCH de 12.91%, la muestra 2 tuvo una MDS de 2.121 gr/cm³ con un OCH de 13.10% y la muestra 3 tuvo una MDS de 2.166 gr/cm³ con un OCH de 12.98%.

TABLA N° 16

**RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE
CLORURO DE CALCIO EN 3%**

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	C.B.R. PARA EL 95% DE LA MDS
ADICIÓN DE 3% CaCl₂	M - 01	C - 01	20.50%
	M - 02	C - 02	20.50%
	M - 03	C - 03	21.20%

Fuente: Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a muestras con adición de 3% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 16, se registra que, la muestra 1 tuvo un CBR de 20.50% para el 95% de la MDS, la muestra 2 tuvo un CBR de 20.50% para el 95% de la MDS y la muestra 03 tuvo un CBR de 21.20% para el 95% de la MDS.

TABLA N° 17

**RESUMEN ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO A MUESTRAS PATRÓN
CON ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN 4%**

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	MÁXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
ADICIÓN DE 4% CaCl₂	M - 01	C - 01	1.983 gr/cm ³	11.70%
	M - 02	C - 02	1.989 gr/cm ³	12.05%
	M - 03	C - 03	1.994 gr/cm ³	11.36%

Fuente: Ensayo de proctor modificado a muestras con adición de 4% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 17, se registra que, la muestra 1 tuvo una MDS de 1.983 gr/cm³ con un OCH de 11.70%, la muestra 2 tuvo una MDS de 1.989 gr/cm³ con un OCH de 12.05% y la muestra 3 tuvo una MDS de 1.994 gr/cm³ con un OCH de 11.36%.

TABLA N° 18
RESUMEN ENSAYO CBR A MUESTRAS PATRÓN CON ADICIÓN DE
CLORURO DE CALCIO EN 4%

DENOMINACIÓN	MUESTRA	CALICATA	C.B.R. PARA EL 95% DE LA MDS
ADICIÓN DE 4% CaCl₂	M – 01	C - 01	14.80%
	M – 02	C - 02	16.90%
	M – 03	C - 03	16.10%

Fuente: Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a muestras con adición de 4% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En la tabla n° 18, se registra que, la muestra 1 tuvo un CBR de 14.80% para el 95% de la MDS, la muestra 2 tuvo un CBR de 16.90% para el 95% de la MDS y la muestra 03 tuvo un CBR de 16.10% para el 95% de la MDS

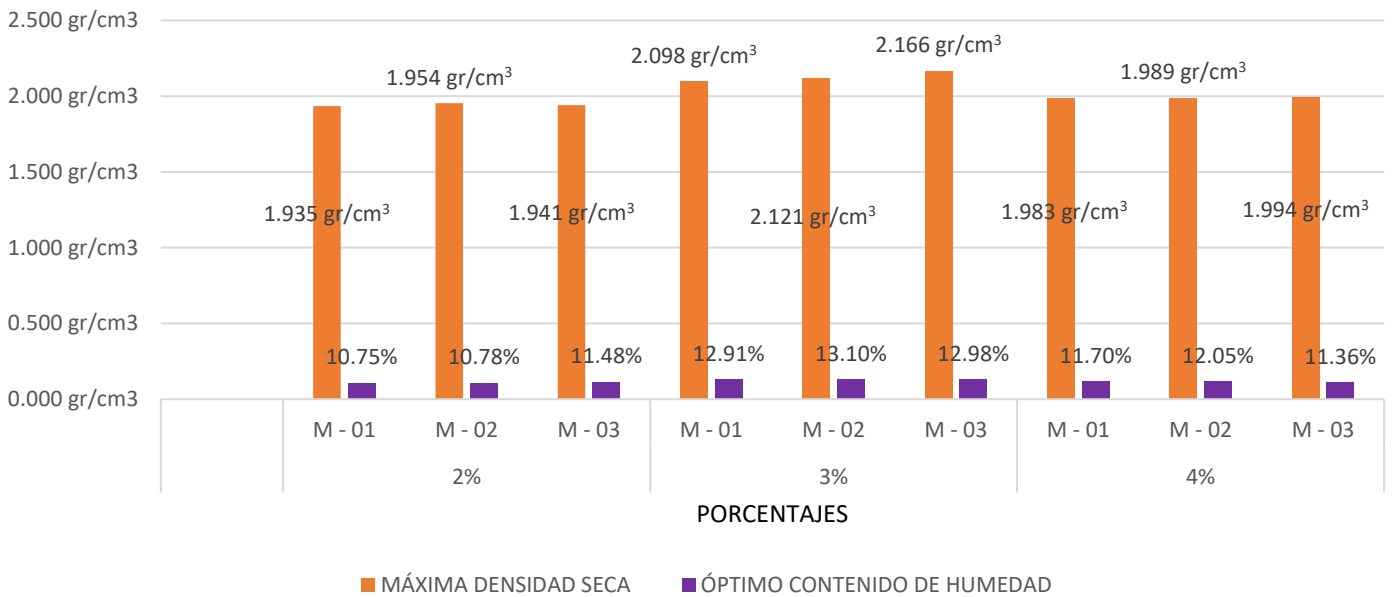
4.4. Cuarto Objetivo Específico

Determinar el porcentaje óptimo de la muestra añadiendo cloruro de calcio al 2%, 3% y 4%.

Para cumplir con este objetivo se realizaron los gráficos comparativos de los resultados provenientes de los ensayos de proctor modificado y CBR a las muestras con adición de 2%, 3% y 4% de cloruro de calcio:

GRÁFICO N° 1

COMPARACIÓN DE ENSAYOS PROCTOR MODIFICADOS A MUESTRAS CON ADICIÓN DE 2%, 3% Y 4% DE CLORURO DE CALCIO



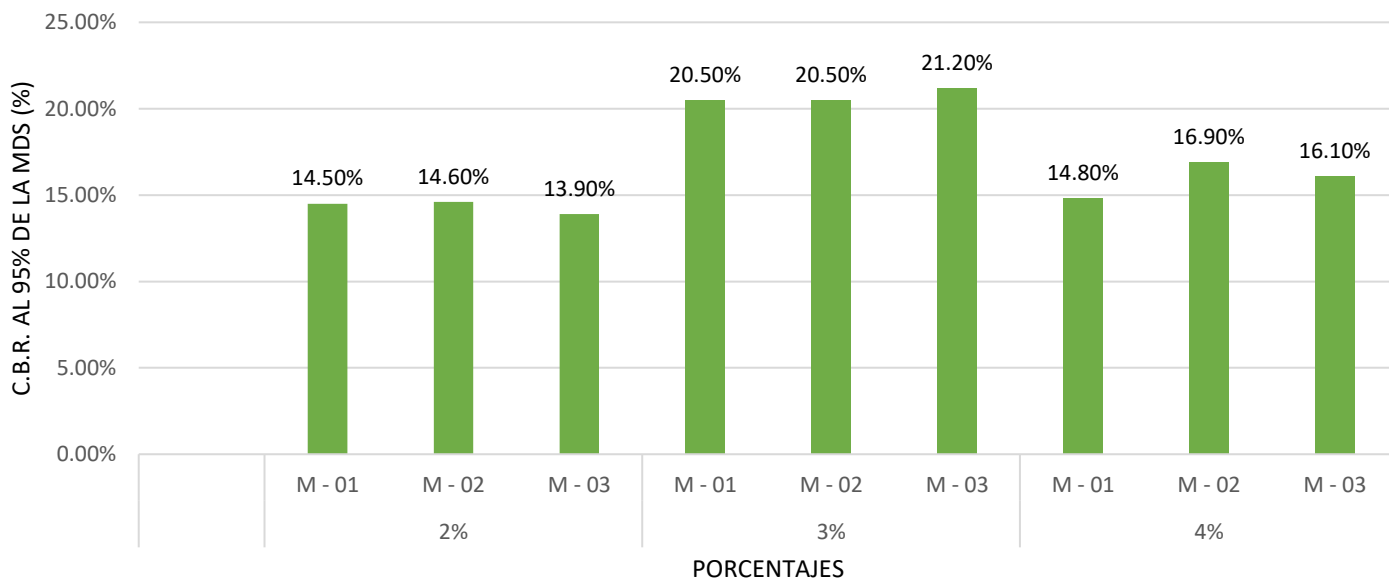
Fuente: Ensayo de proctor modificado a muestras con adición de 2%, 3% y 4% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC

Elaboración propia

Interpretación: En el gráfico n° 1, se registra que, las muestras con adición de 3% de cloruro de calcio tuvieron una MDS de 2.098 gr/cm³, 2.121 gr/cm³ y 2.166 gr/cm³ con un OCH de 12.91%, 13.10% y 12.98% respectivamente, siendo estos los valores óptimos con respecto a las muestras con adición de 2% de cloruro de calcio que tuvieron una MDS de 1.935 gr/cm³, 1.954 gr/cm³ y 1.941 gr/cm³ con un OCH de 10.75%, 10.78% y 11.48% respectivamente; asimismo, las muestras con adición de 3% de cloruro de calcio fueron las óptimas con respecto a las muestras con adición de 4% de cloruro de calcio que tuvieron una MDS de 1.983 gr/cm³, 1.989 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ con un OCH de 11.70%, 12.05% y 11.36% respectivamente

GRÁFICO N° 2

COMPARACIÓN DE ENSAYOS CBR A MUESTRAS CON ADICIÓN DE 2%, 3% Y 4% DE CLORURO DE CALCIO



Fuente: Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a muestras con adición de 2%, 3% y 4% de CaCl₂– Wildcats Perú Ingenieros SAC
Elaboración propia

Interpretación: En el gráfico n° 2, se registra que, las muestras con adición de 3% de cloruro de calcio tuvieron un CBR de 20.50%, 20.50% y 21.20% al 95% de la MDS siendo estos los valores óptimos con respecto a las muestras con adición de 2% de cloruro de calcio que tuvieron un CBR de 14.50%, 14.60% y 13.90% al 95% de la MDS, así mismo las muestras con adición de 3% de cloruro de calcio fueron las óptimas con respecto a las muestras con adición de 4% de cloruro de calcio que tuvieron un CBR de 14.80%, 16.90% y 16.10% al 95% de la MDS.

V. DISCUSIÓN

1. En base al resultado del primer objetivo, con la dosificación de 2%, 3% y 4% con respecto al peso de la muestra se requirió 8.370 Kg. de cloruro de calcio para poder realizar los ensayos de proctor modificado y C.B.R., comparando con los autores, Fiallos no determinó dosificación, pero trabajó con 5%, 10% y 15% de cloruro de calcio como adición en sus muestras. Por su parte, Ponce no determinó la dosificación de sus muestras, pero trabajó con 2%, 4%, 5%, 6% y 8% de cloruro de calcio como adición a sus muestras y por ultimo los autores Cabrera y Dios no determinaron la dosificación de sus muestras, pero trabajaron con 2% y 3% de cloruro de calcio sobre sus muestras como adición.
2. De acuerdo al segundo objetivo, se obtuvieron que en las 3 muestras ensayadas más del 99% pasa la malla del tamiz n° 4 y menos del 2% pasa la malla del tamiz n° 200. Así mismo, las muestras ensayadas carecen de índice de plasticidad, siendo su clasificación SUCS un suelo SP (arena mal graduada) y según AASHTO un suelo A – 2 – 4. Por otro lado, mediante el ensayo de proctor a las muestras patrón se obtuvo una MDS de 1.902 gr/cm³, 1.975 gr/cm³ y 1.964 gr/cm³ con OCH de 8.69%, 8.67% y 8.61%, respectivamente. Así también, mediante el ensayo de C.B.R. se obtuvo el valor de 12.70%, 12.00% y 11.80% para el 95% de la MDS.

Por su parte Fiallos, a pesar de no haber realizado una caracterización de sus muestras patrón por método de tamizado, realizó la caracterización de las propiedades mecánicas por los ensayos de proctor modificado y C.B.R. en donde obtuvo 1.138 gr/cm³ como MDS con un OCH de 22.50% y 14.70% como C.B.R. puntual, asemejándose a los resultados de nuestra investigación.

De igual manera, Ponce obtuvo 2.66% de índice de plasticidad en su muestra patrón, pero la muestra de su suelo no fue clasificada por ningún método. No obstante, según su ensayo de proctor modificado, obtuvo 1.82 2.16 gr/cm³ como valor para la MDS y 22.89% en su ensayo de

C.B.R. al 95% de MDS, asemejándose a los valores obtenidos en nuestras muestras.

Por último, Cabrera y Dios obtuvieron que sus muestras patrón tuvieron un índice de plasticidad de 4.1% y 8.0% y mediante el ensayo de granulometría clasificaron al suelo según AASHTO como A – 2 – 4 y según GC (gravas arcillosas). Asimismo, mediante el ensayo de proctor modificado obtuvieron como máxima densidad los valores de 1.903 gr/cm³ y 2.114 gr/cm³ con un OCH de 12.30% y 8.33%, respectivamente; y, por último, mediante el ensayo de C.B.R. obtuvieron los valores de 13.15% y 30.50% al 95% de la MDS, empleando un suelo similar al de nuestra investigación, según AASHTO

3. De acuerdo al tercer objetivo, se definieron las propiedades mecánicas de las muestras adicionando el 2%, 3% y 4% de cloruro de calcio con respecto al peso de la muestra. Por un lado, al adicionar 2% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.935 gr/cm³, 1.954 gr/cm³ y 1.941 gr/cm³ con un OCH de 10.75%, 10.78% y 11.48% respectivamente, así mismo mediante el ensayo de C.B.R. se obtuvieron los valores de 14.50%, 14.60% y 13.90% con respecto al 95% de la MDS. Por otro lado, al adicionar 3% de cloruro de calcio, se obtuvo una MDS de 2.098 gr/cm³, 2.121 gr/cm³ y 2.166 gr/cm³ con un OCH de 12.91%, 13.10% y 12.98% respectivamente, así mismo mediante el ensayo de C.B.R. se obtuvieron los valores de 20.50%, 20.50% y 21.20% con respecto al 95% de la MDS. Por último, al adicionar 4% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.983 gr/cm³, 1.989 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ con un OCH de 11.70%, 12.05% y 11.36% respectivamente, asimismo mediante el ensayo de C.B.R. se obtuvieron los valores de 14.80%, 16.90% y 16.10% con respecto al 95% de la MDS.

Se verificó que estos valores aumentan conforme se añade porcentajes de cloruro de calcio hasta llegar al 3% recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y que al superar dicho porcentaje y emplear 4% de cloruro de calcio, las propiedades mecánicas de las muestras disminuyeron.

Por su parte, Cabrera y Dios, se asemejaron ya que obtuvieron al adicionar 2% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 2.162 gr/cm³ y 2.159 gr/cm³ con un OCH de 7.35% y 8.11% respectivamente así mismo obtuvieron un índice de resistencia de suelos de 54.5% y 52.7%, por ultimo al adicionar 3% de cloruro de calcio sobre sus muestras patrón obtuvieron una MDS de 2.169 gr/cm³ y 2.164 gr/cm³ con un OCH de 7.10% y 7.88% respectivamente, así mismo obtuvieron un índice de resistencia de suelos de 59.2% y 56.6% al 95% de la MDS.

De igual manera, Ponce obtuvo guarda semejanza debido que al adicionar 2% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15%, igualmente el índice de resistencia de suelos obtenido fue de 6.95% al 95% de la MDS, también obtuvo al adicionar 4% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% así mismo el índice de resistencia de suelos obtenido fue de 8.08% al 95% de la MDS, así mismo obtuvo adicionar 5% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15%, igualmente el índice de resistencia de suelos obtenido fue de 8.79% al 95% de la MDS de igual manera obtuvo al adicionar 6% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15%, igualmente el índice de resistencia de suelos obtenido fue de 11.41% al 95% de la MDS y por ultimo obtuvo al adicionar 8% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15%, igualmente el índice de resistencia de suelos obtenido fue de 9.71% al 95% de la MDS.

Por último, Fiallos no coincide debido a que obtuvo al adicionar 5% de cloruro de calcio sobre sus muestras estas tuvieron una MDS de 1.399 gr/cm³ con un OCH de 73.57% y un índice de resistencia de suelos de 12.2% al 95% de la MDS, así también obtuvo que al adicionar 10% de cloruro de calcio sobre sus muestras estas tuvieron una MDS de 1.416 gr/cm³ con un OCH de 92.50% y un índice de resistencia de suelos de 2.5% al 95% de la MDS y al adicionar 15% de cloruro de calcio sobre sus

muestras estas tuvieron una MDS de 1.482 gr/cm³ con un OCH de 78.16% y un índice de resistencia de suelos de 1.2% al 95% de la MDS.

4. De acuerdo al cuarto objetivo específico se determinó que al adicionar 2% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.935 gr/cm³, 1.954 gr/cm³ y 1.941 gr/cm³ con un OCH de 10.75%, 10.78% y 11.48% y un CBR al 95% de la MDS de 14.50%, 14.60% y 13.90% respectivamente, así mismo al añadir 3% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 2.098 gr/cm³, 2.121 gr/cm³ y 2.166 gr/cm³ con un OCH de 12.91%, 13.10% y 12.98% y un CBR al 95% de la MDS de 20.50%, 20.50% y 21.20% respectivamente y por ultimo al añadir 4% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.983 gr/cm³, 1.989 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ con un OCH de 11.70%, 12.05% y 11.36% y un CBR al 95% de la MDS de 14.80%, 16.90% y 16.10% al 95% respectivamente, determinando que los valores óptimos de las muestras fueron al añadir 3% de cloruro de calcio esto debido a que se mejoraron las propiedades mecánicas de las muestras en comparación a las muestras patrón y a las muestras con adición de 2% de cloruro de calcio, así mismo se determinó que al añadir 4% de cloruro de calcio las propiedades mecánicas tienden a decrecer, concordando con los porcentajes recomendados por el Ministerio de Transportes y Comulaciones el cual recomienda emplear un máximo de 3% de cloruro de calcio en estabilizaciones.

Por su parte, Cabrera y Dios determinaron que al adicionar 2% de cloruro de calcio a sus muestras obtuvieron una MDS de 2.162 gr/cm³ y 2.159 gr/cm³ con un OCH de 7.35% y 8.11% respectivamente y un CBR de 54.5% y 52.7%, por ultimo al adicionar 3% de cloruro de calcio sobre sus muestras patrón obtuvieron una MDS de 2.169 gr/cm³ y 2.164 gr/cm³ con un OCH de 7.10% y 7.88% respectivamente y un CBR de 59.2% y 56.6% al 95% de la MDS, concluyendo que el porcentaje óptimo de cloruro de calcio sobre sus muestras fue de 3% debido a que las propiedades mecánicas obtuvieron un mejor resultado con respecto a la adición de 2%, guardando similitud con los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Por otro lado, Ponce, determinó que al añadir 2% de cloruro de calcio a sus muestras obtuvo una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% y un CBR de 6.95% al 95% de la MDS, también obtuvo al adicionar 4% de cloruro de calcio a sus muestras una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% y un CBR de 8.08% al 95% de la MDS, así mismo obtuvo adicionar 5% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% y un CBR de 8.79% al 95% de la MDS de igual manera obtuvo al adicionar 6% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% y un CBR de 11.41% al 95% de la MDS y por último obtuvo al adicionar 8% de cloruro de calcio a sus muestras patrón una MDS de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 15% y un CBR de 9.71% al 95% de la MDS, concluyendo que el porcentaje óptimo de cloruro de calcio sobre sus muestras fue de 6% debido a que al añadir este porcentaje sobre sus muestras se obtuvo mejores resultados con respecto al resto de los porcentajes empleados, también concluyó que al adicionar mayor cloruro de calcio sobre sus muestras (8%) estas disminuyeron sus propiedades mecánicas, guardando similitud con los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Por último, Fiallos determinó que al adicionar 5% de cloruro de calcio obtuvo una MDS de 1.399 gr/cm³ con un OCH de 73.57% y un CBR de 12.2% al 95% de la MDS, así también obtuvo que al adicionar 10% de cloruro de calcio sobre sus muestras estas tuvieron una MDS de 1.416 gr/cm³ con un OCH de 92.50% y un CBR de 2.5% al 95% de la MDS y al adicionar 15% de cloruro de calcio sobre sus muestras estas tuvieron una MDS de 1.482 gr/cm³ con un OCH de 78.16% y un CBR de 1.2% al 95% de la MDS, concluyendo que no existió un porcentaje óptimo de cloruro de calcio debido a que las propiedades mecánicas de sus muestras disminuyeron al adicionar cloruro de calcio, siendo los resultados con menos similitud con respecto a los obtenidos en nuestra investigación.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el cloruro de calcio influyó de manera positiva en la estabilización de la vía no pavimentada de la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma, debido que las muestras patrón obtuvieron un C.B.R. 12.70%, 12.00% y 11.80% al 95% de la MDS sin embargo al adicionar cloruro de calcio en 2% con respecto al peso de la muestra se obtuvo un C.B.R. de 14.50%, 14.60% y 13.90% con respecto al 95% de la MDS, así mismo al adicionar 3% de cloruro de calcio con respecto al peso de la muestra se obtuvo un C.B.R. de 20.50%, 20.50% y 21.20% con respecto al 95% de la MDS y por ultimo al adicionar 4% de cloruro de calcio con respecto al peso de la muestra se obtuvo un C.B.R. de 14.80%, 16.90% y 16.10% con respecto al 95% de la MDS, concluyendo que se mejoraron las propiedades mecánicas del suelo.
2. Se determinó que la dosificación calculada necesaria fue de 8.370 kg. de cloruro de calcio para realizar los ensayos de proctor modificado y CBR a las muestras adicionando 2%, 3% y 4% de cloruro de calcio; asimismo, se calculó que por metro cúbico de suelo para estabilización de la sub rasante se utilizaría 43 kg. al adicionar 2% de cloruro de calcio, 64.50 kg. Con adición al 3% de cloruro de calcio y 86 kg al adicionar 4% de cloruro de calcio.
3. Se determinó que en la sub rasante más del 99% pasó por la malla del tamiz n° 4 y menos del 2% pasó por la malla del tamiz n° 200. Así mismo, no cuenta con índices de plasticidad, siendo su calificación de acuerdo a SUCS un suelo SP (arena mal graduada) y según AASHTO un suelo A – 2 – 4. Por otro lado, la calicata 1 presentó una MDS de 1.902 gr/cm³ con un OCH de 8.69%, así también presentó un C.B.R. de 12.70% para el 95% de la MDS; la calicata 2 presentó una MDS de 1.975 gr/cm³ con un OCH de 8.67%, así también presentó un C.B.R. de 12.00% para el 95% de la MDS; la calicata 3 presentó una MDS de 1.964 gr/cm³ con un OCH de 8.61%, así también presentó un C.B.R. de 11.80% para el 95% de la MDS.

4. Se determinó que al añadir 2% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.935 gr/cm³, 1.954 gr/cm³ y 1.941 gr/cm³ con un OCH de 10.75%, 10.78% y 11.48% respectivamente y un C.B.R. de 14.50%, 14.60% y 13.90% con respecto al 95% de la MDS. Asimismo, con 3% de adición de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 2.098 gr/cm³, 2.121 gr/cm³ y 2.166 gr/cm³ con un OCH de 12.91%, 13.10% y 12.98%, respectivamente y un C.B.R. de 20.50%, 20.50% y 21.20% con respecto al 95% de la MDS. Por último, al adicionar 4% de cloruro de calcio se obtuvo una MDS de 1.983 gr/cm³, 1.989 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ con un OCH de 11.70%, 12.05% y 11.36%, respectivamente y un C.B.R. de 14.80%, 16.90% y 16.10% con respecto al 95% de la MDS.
5. Se determinó que el porcentaje óptimo de adición de cloruro de calcio para mejorar el suelo es de 3% ya que con estos porcentajes se obtuvo mejores resultados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar procesos constructivos empleando cloruro de calcio debido a su buen comportamiento mejorando las características mecánicas de los suelos.
2. Se recomienda a los futuros investigadores emplear porcentajes intercalados a los empleados en la presente investigación para verificar el comportamiento del cloruro de calcio y determinar el porcentaje óptimo más cercano, cumpliendo a lo recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
3. Se recomienda aplicar el cloruro de calcio en suelos de partículas gruesas dado a que los resultados obtenidos en la presente investigación fueron óptimos.
4. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Casma, poner énfasis en las carreteras no pavimentadas de su Provincia, dado a que las vías independientemente del tipo de superficie de rodadura, son la clave para el crecimiento económico de una localidad.
5. Se recomienda estabilizar la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma empleado cloruro de calcio en la dosificación de 3% con respecto al peso de la muestra.

VIII. REFERENCIAS

1. American Society for Testing and Materials. (1971). Standard Test Method for Plastic Limit and Plasticity Index of Soils.
2. American Society for Testing and Materials. (1995). Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.
3. American Society for Testing and Materials. (2007). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. Norma.
4. American Society for Testing and Materials. (2021). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).
5. (2020). Anuario Estadístico 2020. Anuario Estadístico, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Oficina de Estadística del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima.
6. Blaginin, V., Khudyakova, T., & Alimova, E. (2017). The Notion of «Transport – Communication Infrastructure» Formation in the Russian Economic Thesaurus. *Espacios*, 33-38.
7. Cabrera Serrano, L., & Dios Murguía, D. (2020). Mejoramiento de la superficie de rodadura afirmada con la aplicación de cloruro de calcio en la avenida Pradera, urbanización La Pradera - Pimentel - Chiclayo - Lambayeque. Tesis.
8. Chang, E., Villalta, J., Fernández, C., & Duran, G. (2020). Improvement of physical, mechanical and strength behavior of cohesive soils with natural pozzolana and brick dust. *Institute of Physics Publishing*, 5. doi:1757-8981
9. Cruz Guevara, L. E., Cruz Ceballos, L. F., Avedaño Sánchez, G. M., & García González, M. (Enero de 2022). Proposal for geological classification and nomenclature of soils: both genetic-descriptive and compositional mineralogical. *Boletín de Geología*, 42(1), 42-87. doi:0120-0283
10. De La Cruz Vega, S. A., Mendoza Flores, C. M., Tello Rodríguez, E. F., Quinte Villegas, A., Obispo Gavino, J. H., & Chávez Alejos, R. L. (2017).

- Granulometry, humidity and characteristics of soils of the Huacho City, 2017. *Big Bang Faustiniiano*, 6(2), 28-32. doi:2305 - 4352
11. Díaz Narvaez, V. P., & Calzadilla Nunes, A. (2016). Artigos científicos, tipos de investigação e produtividade científica nas ciências da saúde. *Revista Ciencias de la Salud*, 14(1), 115-121. doi:1692-7273
 12. Duclos, A., Ambaiowei, D., & Wheildon, L. (2017). Effectiveness and Benefits of Calcium Chloride Stabilized Road Base: A Township of Woolwich Study. *Transportation Association of Canada*. doi:0166-8429
 13. Espinoza Freire, E. E. (2019). El Problema de Investigación. *Conrado*, 14(64), 22-32. doi:2519-7320
 14. Fernández García, P., Vallejo Seco, G., Livacic Rojas, P. E., & Tuero Herrero, E. (2016). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30(2), 757-771. doi:1695-2294
 15. Fiallos Condo, J. T. (2016). Análisis comparativo de la estabilización de un suelo cohesivo (arcilloso) por tres métodos químicos cal, cloruro de calcio y sulfato de calcio (yeso).
 16. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación (Vol. 6º)*. México DF, México: McGraw Hill.
 17. La Manna, L., Rostagno, C. M., Buduba, C., & Irisarri, J. (2017). Grain-size analysis of volcanic soils: Comparison between different methods. *Ciencia del Suelo*, 355-364. doi:0326-3169
 18. Larrea Olivero, B. R., & Rivas Cajo, J. C. (2019). Estabilización de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio.
 19. López Cantos, F. (2015). La investigación en comunicación con metodología BigData. *Revista Latina de Comunicación Social*, 878-890.
 20. Martínez Díaz, M., & Pérez, I. (Abril de 2018). Mechanistic-empirical pavement design guide: features and distinctive elements. *Revista de la Construcción*, 14, 32-40. doi:0718-915X
 21. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.

22. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. Manual, Lima.
23. Montejo Fonseca, A., Montejo Piratova, A., & Montejo Piratova, A. (2018). Estabilización de Suelos. Ediciones de la U.
24. Morales, E., & Pailacura, C. (Setiembre de 2019). Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio. SCIELO, 26-35.
25. Muhammad Haroon, Y., Kanza, A., Fiza, M., & Fawad, H. (Septiembre de 2018). Visual analysis of asphalt pavement for detection and localization of potholes. *Advanced Engineering Informatics*, 527-537. doi:1474-0346
26. Nuñez Castellano, K., Castellano, G., Ramírez Méndez, R., Sindoni, M., & Marín, C. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21-30.
27. Núñez Flores, M. I. (2014). Las Variables: Estructura y Función en la Hipótesis. *Investigación Educativa*, 11(20). doi:1728-5852
28. Ojeda Farías, O., Mendoza Rangel, J. M., & Baltazar Zamora, M. A. (2018). Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 194-208. doi:2007-6835
29. Orobio, A. (Marzo de 2018). Considerations for design and construction of gravel surfaced roads stabilized with calcium chloride. *Dyna*, 93-100. doi:0012-7353
30. Orobio, A., Portocarrero, L. M., & Serna, L. (2017). Evaluación del cloruro de calcio como agente mitigador de polvo en vías en afirmado. *DYNA*, 27-33.
31. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 227-232.
32. Pachecho Sonapo, Y. S. (2019). Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas. Tesis.

33. Pereira, R. S., Fabiano, E., Eder Pereira, M., & Alcides, G. (2018). Soil Stabilization with Lime for the Construction of Forest Roads. *Floresta Ambient*, 1-8. doi:2179-8087
34. Pérez García, N., Gárnica Anguas, P., Reyes Rodríguez, M. A., García Cruz, H., & Pérez Luis, R. (Julio de 2017). Compaction and mechanical properties of soils compacted in the gyratory compactor. *Infraestructura Vial*, 18, 20-29. doi:1409-4045
35. Ponce Crispín, D. K. (2017). Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica. Tesis.
36. Rivera, J., Aguirre Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico*, 84(2), 202-226.
37. Rojas Crotte, I. R. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una prueba de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de educar*, 277-297.
38. Rosales, J., Agrela, F., Marcobal, J. R., Díaz López, J. L., & Cuenca Moyano, G. M. (2020). Use of nanomaterials in the stabilization of expansive soils into a road real-scale application. *MDPI*. doi:1996-1944
39. Sandoval Vallejo, E. A., & Rivera Mena, W. A. (Junio de 2019). Correlation between CBR and Resistance to Unconfined Compression. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 135-152. doi:0124-8170
40. Selva Andina. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 28-42.
41. Ventura León, J. L. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, 648-649.

ANEXOS

*Anexo 1:
Declaratoria de
autenticidad*

Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Nosotros, Cashpa Jara John Wilmer y Pillhuaman Cosavalente Anderson Jair, estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus Chimbote, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado:

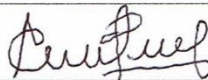

“Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021”

es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chimbote – 08/07/22

Cashpa Jara John Wilmer	
DNI: 71063658	Firma 
ORCID: 0000-0001-5457-0787	
Pillhuaman Cosavalente Anderson Jair	
DNI: 76936555	Firma 
ORCID: 0000-0002-8831-1940	

*Anexo 2:
Declaratoria de
autenticidad del
asesor*

*Anexo 3: Matriz de
operacionalización
de variables*

Variable de investigación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Cloruro de calcio	El cloruro de calcio es una sustancia química inorgánica proveniente de los cloruros, tiene como una de sus propiedades principales el ser higroscópica y deliquescente, es decir absorbe la humedad del medio ambiente (Nuñez Castellano, Castellano, Ramírez Méndez, Sindoni, & Marín, 2012).	Se mezclaron las muestras extraídas en la Prolongación de la Av. Los Nogales con el cloruro de calcio para la estabilización de la vía no pavimentada, para lo cual se utilizó porcentajes 2%, 3% y 4% respecto al peso de la muestra.	Dosificación del estabilizador por el peso de la muestra	0% 2% 3% 4%
Estabilización de la vía no pavimentada	La estabilización de una vía no pavimentada consiste en adicionar a este cualquier aditivo, ya sea natural o químico para producir una mejora (Rivera, Aguirre Guerrero, Mejía de Gutiérrez, & Orobio, 2020)	Se establecieron las propiedades físicas, químicas y mecánica de las muestras extraídas de la Prolongación de la Av. Los Nogales, mediante los ensayos análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, proctor modificado y C.B.R.	Propiedades físicas	Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad
			Propiedades mecánicas	Densidad máxima seca Humedad óptima California Bearing Ratio (C.B.R.)

Fuente: Elaboración propia

Matriz de consistencia

TITULO: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2021"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño de infraestructura vial

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: Desde hace muchos años, los suelos inestables generan dificultades en las carreteras no pavimentadas. Esto es algo muy visible sobre todo en nuestra Región Áncash, por lo que la red vial vecinal que posee 114005.2 Km. en todo el Perú, solo cuenta con 2317.7 Km de vías pavimentadas, es decir, un 97.97% de vías sin pavimentar

VARIABLES	DIMENSIONES	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
Cloruro de calcio	Dosificación del cloruro de calcio por el peso de la muestra	¿De qué manera la utilización del cloruro de calcio en el suelo influye en la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021?	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia del cloruro de calcio en la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar la dosificación del cloruro de calcio para un 2%, 3% y 4% en el suelo</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo patrón.</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas del suelo con adición del cloruro de calcio en 2%, 3% y 4%.</p> <p>Determinar el porcentaje óptimo de la muestra con la adición del cloruro de calcio al 2%, 3% y 4%.</p>	<p>El presente proyecto se justificó teóricamente con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la estabilización de suelos con cloruro de calcio, con esta sustancia química mejoraremos muchos aspectos deficientes que tiene el lugar de estudio.</p> <p>Su justificación práctica fue proponer la mejora del suelo de la vía no pavimentada de la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma – 2021 a través del aditivo químico para la disminución del polvo que afecta a la población cercana, así como también para mejorar las características mecánicas del suelo y obtener una carretera acorde a los requerimientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.</p> <p>Además, se justificó metodológicamente porque describe los métodos que se requiere para lograr la estabilización de suelos en la vía no pavimentada.</p>
Estabilización de la vía no pavimentada	Propiedades físicas y mecánicas			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Normativa



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles



MANUAL DE CARRETERAS

SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

CAPÍTULO III

COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMINO

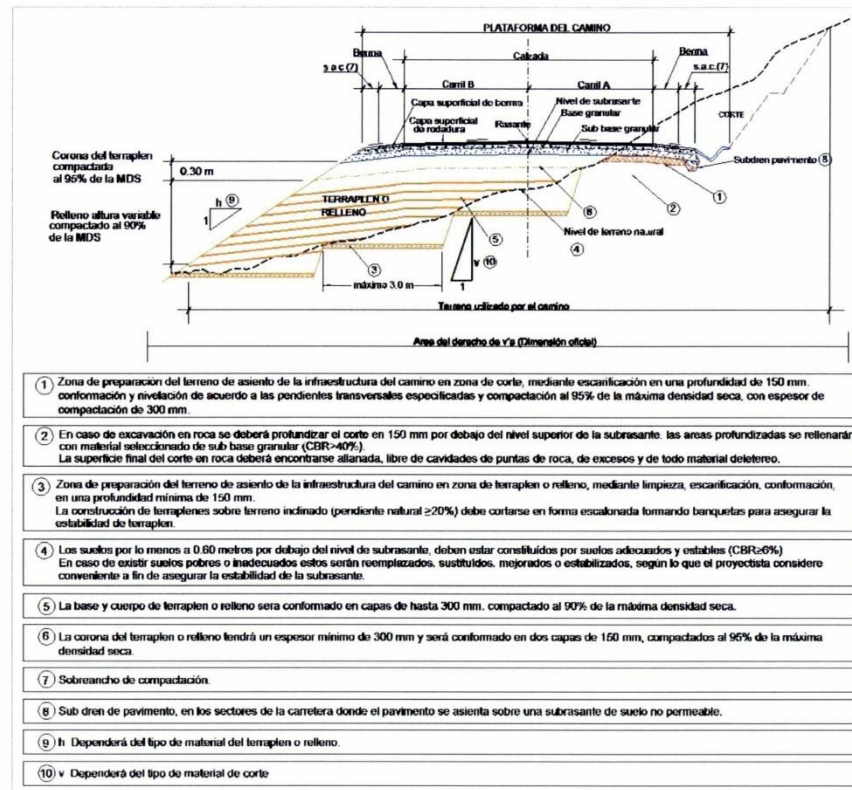




COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMINO

El **Figura 3-1** presenta los componentes del Camino que son definidos en los siguientes acápite.

Figura 3-1
Sección Típica de la Infraestructura del camino



3.1 Preparación del terreno

Se denomina preparación y conformación del terreno natural: el allanado, nivelado y compactado sobre el que se construirá la infraestructura del camino. En territorios con fuertes pendientes transversales (pendiente natural $\geq 20\%$), la explanada se construye formando terrazas. Cuando el terreno natural de la explanada es de mala calidad, éste debe ser reemplazado o estabilizado para que la explanada sea estable.





3.2 Explanación

Se denomina explanación, al movimiento de tierras, conformado por cortes y rellenos (terraplén), para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la sub rasante del camino.

3.2.1 Terraplén

El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se conoce como relleno.

La base y cuerpo del terraplén o relleno será conformado en capas de hasta 0.30m y compactadas al 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

La corona es la parte superior del terraplén tendrá un espesor mínimo de 0.30m y será conformada en capas de 0.15m, compactadas al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

3.2.2 Corte

El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la Sub rasante del Camino.

El fondo de las zonas excavadas se preparará mediante escarificación en una profundidad de 0.15m, conformando y nivelando de acuerdo con las pendientes transversales especificadas en el diseño geométrico vial; y se compactará al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

En zonas de corte en roca, se deberá excavar como mínimo 0.15m por debajo del nivel superior de la sub rasante, la superficie final del corte en roca deberá quedar allanada, limpia y encontrarse libre de cavidades, de puntas de roca, de excesos y libre de todo material deletéreo. Las zonas profundizadas deberán ser rellenadas, hasta el nivel superior de la sub rasante, con material de relleno seleccionado o de subbase granular, que tenga un CBR \geq 40%.

3.3 Sub rasante del camino

La Sub rasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

La sub rasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. La sub rasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las



variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la sub rasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado (MTC EM 115).

Los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con CBR \geq 6%. En caso de que el suelo, debajo del nivel superior de la sub rasante, tenga un CBR $<$ 6% (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica. En el Capítulo 9 Estabilización de Suelos, se describen diversos tipos de estabilización de suelos.

3.4 Afirmado

El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas.

3.5 Pavimento

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

- Capa de Rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- Base: Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR \geq 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- Subbase: Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR \geq 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento.

Los tipos de pavimento incluidos en el Manual son los siguientes:

- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos Semirrígidos
- Pavimentos Rígidos





El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

El pavimento semirrígido es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo

El dimensionamiento de las estructuras de pavimento que son propuestas en el Manual, y presentadas en los catálogos son ilustrativas y promueven el estudio de alternativas en cada caso, facilita su uso, pero no sustituye la decisión del Ingeniero Responsable, sobre la estructura de pavimento adoptado, la misma que debe estar plenamente justificada por el mencionado Ingeniero.

Los catálogos que a manera de ilustraciones se presentan en este manual, permiten la uniformidad de los dimensionamientos, facilitan el seguimiento y conocimiento sobre un grupo reducido de secciones estructurales, haciendo más fácil en la etapa post obra la verificación de su comportamiento, seguimiento, gestión de los pavimentos y correcciones o ajustes del caso.

3.6 Drenaje

El sistema de drenaje y subdrenaje de una carretera está previsto para eliminar la humedad en el pavimento y en el prisma de la carretera.

El capítulo 8 Drenaje del presente Manual, incluye los aspectos de protección del prisma de la carretera, drenaje superficial y el subdrenaje de la plataforma y del pavimento.





Para la protección de los suelos del prisma de la carretera, se ilustran casos relacionados con el elevado nivel freático y el movimiento capilar de las aguas.

Para el drenaje superficial de pavimentos se tendrán en cuenta, pendientes transversales mínimas para la sub rasante, subbase, base y superficie de rodadura. El drenaje superficial incluye bombeo, cunetas, alcantarillas, cajas de recolección, badenes, etc.

El drenaje subsuperficial incluye capas drenantes de subbase y base del pavimento, capas de filtro y subdrenes.

Los subdrenes de pavimentos (que son distintos a los subdrenes del terraplén) son necesarios cuando los suelos de sub rasante no son permeables o los taludes de corte o cunetas impiden el drenaje o las capas granulares del pavimento no puedan drenar.

Los subdrenes que deben proyectarse para interceptar filtraciones o rebajar un nivel freático elevado, pueden también utilizarse para drenar la estructura del pavimento, en caso se requiera.





CAPÍTULO IV

SUELOS





SUELOS

En este capítulo se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizarán en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

4.1 Exploración de suelos y rocas

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E 102, MTC E 103 y MTC E 104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. En este capítulo se dan pautas complementarias para llevar a cabo el muestreo e investigación de suelos y rocas.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calcatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- cambio en la topografía de la zona en estudio;
- por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular
- delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0 m;
- zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ($h < 0.6$ m);
- en zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de sub rasante.

De las calcatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado.





Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de sub rasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitan determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según Norma MTC E 101).

4.2 Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al [cuadro 4.1](#).

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía, tal como se mencionan en el [numeral 4.1](#) del presente manual.

Cuadro 4.1
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC





El número de calicatas indicado en el **cuadro 4.1**, se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de calicatas indicadas en el referido cuadro espaciadas cada 2.0 km en vez de cada km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de calicatas del **cuadro 4.1** espaciadas cada 4.0 km en vez de cada km. En el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos se tendrá en cuenta los resultados de las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo 4 calicatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calicata donde la deflexión es máxima, una segunda calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calicata donde la deflexión ha sido mínima.

Las calicatas y ensayos efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar calicatas y ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud entre 500 m y 1,000 m el número de calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro indicada en el **cuadro 4.1**. Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas indicada en el **cuadro 4.1**.

Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén; o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos o irregulares, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares, que verifiquen el cambio.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios, de basura, etc., en cuyo caso las calicatas deben ser más profundas, delimitando los sectores con sub rasante pobre o inadecuada que requerirá, para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la sub rasante, de estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable sustente en su Informe Técnico que la solución adoptada según la naturaleza del suelo, alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Este tipo de estudios también se realizarán en caso de terraplenes con altura mayor a 5.0 m. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

Donde se encuentre macizo rocoso dentro de la profundidad de investigación, se deberá aplicar lo establecido en la norma MTC E 101.

4.2.1 Registros de excavación

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata (con coordenadas UTM (WGS84), número de





muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (M_R) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de M_R , la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (ver [cuadro 4.2](#)).

Cuadro 4.2
Número de Ensayos M_R y CBR

Tipo de Carretera	N° M_R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(*): La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

El número de ensayos indicado en el [cuadro 4.2](#), se aplica para pavimentos nuevos, mejoramiento y rehabilitación. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de ensayos indicados en el referido cuadro, por 2 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Tercera Clase "Cada 4.0 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 2.0 km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de ensayos del [cuadro 4.2](#), por 3 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Segunda Clase "Cada 4.5 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 1.5 km). Para el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos, se tendrá en cuenta las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo dos CBR) en correspondencia con los puntos de ensayo, un CBR donde la deflexión ha



sido máxima y el segundo CBR donde la deflexión es cercana a la deflexión característica.

Los ensayos de MR o de CBR efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud menor a la indicada, en el cuadro 4.2, para el número de MR o de CBR a realizar, la cantidad de ensayos indicada en el cuadro debe ser tomada como mínima.

Se podrán realizar ensayos in situ, como el CBR en el terreno según ensayo MTC E 133-2000 y el ensayo mediante Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), cuya principal limitación se presenta en las mediciones de suelos con bolonería, pero resulta muy útil en suelos finos o blandos, donde precisamente se requiere de mayores evaluaciones del suelo y sus estratos, por lo que en este caso debe efectuarse este tipo de ensayos que permitirá tramificar mejor la capacidad soporte de la sub rasante. La cantidad de ensayos mínima será igual al número de calicatas indicado en el cuadro 4.1.

Los ensayos utilizando el LWD (deflectómetro de impacto liviano) o el SPT (ensayo de penetración estándar), se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC vigente, complementariamente se podrán utilizar las normas internacionales ASTM o AASHTO.

4.3 Descripción de los suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de los cuadros 4.3 y 4.4:

Cuadro 4.3 Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO





Cuadro 4.4
Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo organico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcillaarenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorganico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elastico

	Arcilla inorganica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla organicas de mediana o elevada plasticidad, limo organico
	Turba, suelo considerablemente organico

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

- a. **Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:





Cuadro 4.5
Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

b. La Plasticidad: es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:





Cuadro 4.6
Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de sub rasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

- c. Equivalente de Arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC E 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Cuadro 4.7
Clasificación de suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de Arena	Característica
si EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no heladizo
si EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

- d. Índice de Grupo:** es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

- a** = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- b** = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- c** = LL - 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- d** = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice > 20, un suelo no utilizable para caminos.





Cuadro 4.8
Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

- e. Humedad Natural:** Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

- f. Clasificación de los suelos:** Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el **cuadro 4.9**. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 4.9
Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Para complementar la información se presenta el **cuadro 4.10**, que muestra la Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.

Cuadro 4.10
Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares						Suelos finos					
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)						más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)					
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
Clasificación de Grupo						A-2-6	A-2-7					
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido												
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41	
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	máx. 10	máx. 10	Gravas y arenas limosas o arcillosas	min. 11	máx. 10	min. 11	min. 11 (a)	min. 11 (b)	
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Suelos limosos Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5; es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6; es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-1(8), A-7-5 (17), etc.

IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40) +0.01 (P-15)(IP-10)).



g. Ensayos CBR: (ensayo MTC E 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según **Cuadro 4.11**.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Cuadro 4.11
Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

h. Ensayo de Módulo Resiliente

El método de diseño de pavimentos predominante en nuestro medio, es el correspondiente a la metodología AASHTO 1993 y el parámetro de importancia requerido por dicha metodología es el Módulo Resiliente (M_R) o Elástico del material que conforma el par Pavimento-Subrasante.

Debido a lo especializado en la realización del ensayo de Módulo Resiliente, se cuenta con las publicaciones Design Pamphlet for the Determination of Design Subgrade in support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures (Publicación N° FHWA-RD-97-083) y Design Pamphlet for the Determination of Layered Elastic Moduli for Flexible Pavement Design in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures (Publicación N° FHWA-RD-97-077). Además la Guía AASHTO, recomendó para esa edición de 1993 el uso de una correlación M_R -CBR, solo para casos de suelos finos y $CBR \leq 10\%$ obtenido por el método del Cuerpo de Ingenieros USA.

En décadas pasadas y a nivel mundial diversos investigadores hallaron para diferentes tipos de suelos, correlaciones aplicables a su propia realidad y que algunos diseñadores las adoptaron. Uno de estas correlaciones es la planteada por TRRL en 1983 para valores de CBR entre 2% a 12%, la misma que se contempló utilizar en el proyecto NCHRP 1-37A, pero que evaluada a través del proyecto 1-40A del mismo programa NCHRP. Se cuestionó su confiabilidad debido al procedimiento seguido en su determinación (técnicas de propagación de ondas) por lo que no es tomada en cuenta en la última edición de la guía AASHTO-2008 (manual MEPDG), recomendándose más bien (Tabla 11-10) valores característicos de M_R de acuerdo al tipo de suelo.

Para fines de diseño de pavimentos nuevos, se deben obtener los respectivos Módulos de Resiliencia (M_R) mediante el desarrollo del Ensayo en laboratorio. en vez del uso de correlaciones debido a que sus resultados son muy sensibles a los factores relacionados a las propiedades del suelo y procedimientos de ensayo CBR -recordar que es la condición de un suelo sumergido- y por ende tendrían un gran sesgo, por lo que la tendencia de las instituciones especializadas en el tema inciden más en el desarrollo del ensayo de Módulo Resiliente; otra opción a sopesar desde el punto de vista de ingeniería es la adopción de valores típicos del M_R según las características del suelo o material en estudio.

Para ejecutar el ensayo de Módulo Resiliente se utilizará la norma MTC E 128 (AASHTO T274). El Módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales. El Módulo de resiliencia se usa directamente en el diseño de pavimentos flexibles; y, para el diseño de pavimentos rígidos, debe convertirse a módulo de reacción de la sub rasante (valor k).





Con fines ilustrativos los catálogos de estructuras de pavimentos, mostrados en el presente manual, tienen un carácter referencial, por lo que necesariamente tendrán que ser validados en razón a los criterios expuestos en los párrafos precedentes.

A manera referencial se presenta la **Figura 4.1** de correlaciones típicas entre las clasificaciones y características de los suelos y el Módulo de Resiliencia, preparado por la NAPA Information Series 117 "Guidelines for Use of HMA Overlays to Rehabilitate PCC Pavements", 1994 y que está incluida en el documento Appendix CC-1 "Correlation of CBR values with soil index properties".

4.4 Ensayos de laboratorio

Con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 110.
- Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E 111.
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido Sulfatos ASTM D-516
- Contenido Cloruros ASTM D-512
- Contenido Sales Solubles Totales MTC E 219.
- Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC E 132, o Módulo resiliente de suelos de sub rasante AASHTO T 274, MTC E 128.
- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC E 114.
- Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546
- Colapsabilidad Potencial ASTM D-5333
- Consolidación Uniaxial ASTM D-2435

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.

4.5 Informe de exploración

4.5.1 Perfil estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas o pozos. Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para definir el CBR de diseño para cada sector homogéneo.

4.5.2 Sectorización

Para efectos del diseño de la estructura del pavimento se definirán sectores homogéneos donde, a lo largo de cada uno de ellos, las características del material del suelo de fundación o de la capa de sub rasante se identifican como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base de las características físico-mecánicas de los suelos (Clasificación, plasticidad). El proceso de sectorización requiere de análisis y criterio del proyectista, teniendo en cuenta las características del material de suelo de la sub rasante, el tráfico vial, el drenaje y/o subdrenaje, microclimas y otros aspectos que considere el Ingeniero Responsable.

Para la identificación de los sectores de características homogéneas, se tendrá en cuenta los resultados de las prospecciones y ensayos, previamente a ello se deberá establecer una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se ordenará la toma de las muestras necesarias de cada perforación, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación.

4.5.3 Cortes y terraplenes

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su análisis de estabilidad (Estudio Geotécnico), pudiendo utilizarse (a modo referencial) las siguientes relaciones de corte en talud (V: H), que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos) indicados en el [cuadro 4.12](#).





Cuadro 4.12
Taludes de Corte

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V > 10m
Roca Fija	10 : 1	10 : 1 (*)	(**)
Roca Suelta	6 : 1 - 4 : 1	4 : 1 - 2 : 1 (*)	(**)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos Consolidados Compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra Compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra Suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas Sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere Análisis de Estabilidad

Nota: La relación V: H, indica que V corresponde a la altura vertical del talud y H la distancia horizontal.

Los taludes de relleno igualmente estarán en función de los materiales empleados, pudiendo utilizarse (a modo de taludes de relleno referenciales) los siguientes que son apropiados para los tipos de material incluidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.13
Taludes de Relleno

Materiales	Talud (V: H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V > 10m
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arenas Limpias	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere Análisis de Estabilidad

4.5.4 Sub rasante

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR ≥ 6%. En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica. En el **Capítulo 9** Estabilización de Suelos, se describen diversos tipos de estabilización de suelos.

Para poder asignar la categoría de sub rasante indicada en el **cuadro 4.10**, los suelos de la explanación debajo del nivel superior de la sub rasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad inferior.

El nivel superior de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una sub rasante excelente - muy buena ($\text{CBR} \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena - regular ($6\% \leq \text{CBR} < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre ($3\% \leq \text{CBR} < 6\%$); y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$). En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material separador de 10 cm. de espesor como mínimo o un geosintético, según lo justifique el Ingeniero Responsable.

Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o sub rasantes inadecuadas, cuya estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc; definiendo y justificando en su Informe Técnico la solución adoptada, donde se indicará que con la solución adoptada el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de los friajes o las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. En el caso de presentarse en los últimos 0.60 m de la sub rasante, suelos susceptibles al congelamiento por acción climática, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, por acción climática rigurosa, los suelos limosos, igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm; con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02 mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109).





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

CAPÍTULO IX

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS





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 sub rasante 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).

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.

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la sub rasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de 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.

9.1 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

- 1) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.
- 2) Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable.





- 3) La superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una sub rasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.
- 4) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Si la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

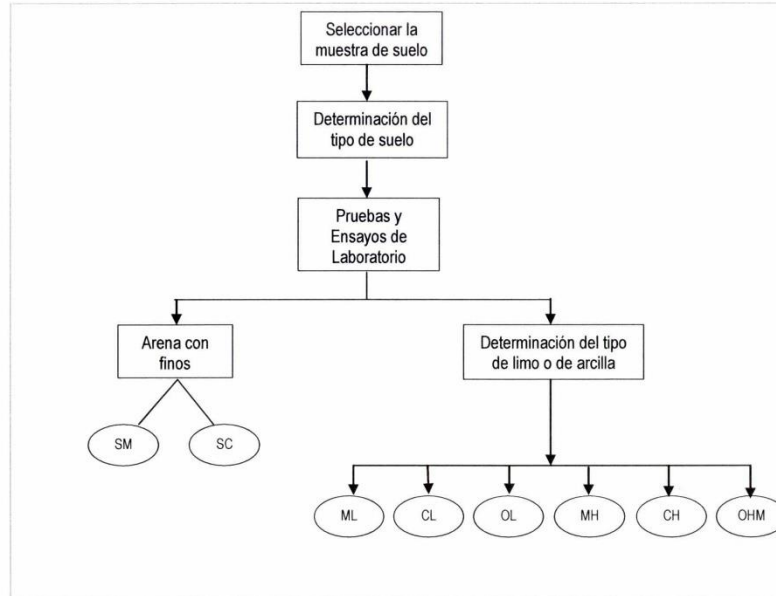
La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109).

- 5) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.





Figura 9.1
Proceso para la Identificación del Tipo de suelo



6) Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

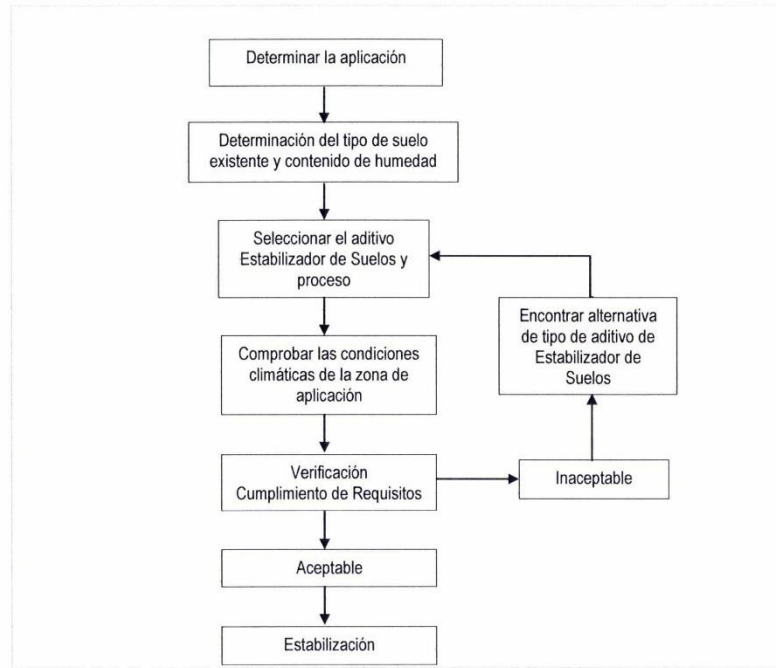
- a. Tipo de suelo a estabilizar
- b. Uso propuesto del suelo estabilizado
- c. Tipo de aditivo estabilizador de suelos
- d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
- f. Disponibilidad del equipo adecuado
- g. Costos comparativos

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:





Figura 9.2
Proceso de selección del Tipo de Estabilización



7) A continuación se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo.





Cuadro 9.1
Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado	Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1) Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 B	GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 C	GM o GC o GM - GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado.
		(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2) Cal	IP no menor de 12		
IP = Índice Plástico (b) $IP = 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$			Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers	



Cuadro 9.2
Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo ⁽¹⁾	Dosificación ⁽²⁾	Curado (Apertura Al Tránsito) ⁽³⁾	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C 150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL > 40% IP ≥ 18% CMO ⁽²⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁴⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N° 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO ⁽²⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁴⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽²⁾ < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO ⁽²⁾ No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m ³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO ⁽²⁾ < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: Estudios Especiales del MTC





- (1) Espesor de tratamiento por capas de 6 a 8"
Tamaño máximo: 2", debe carecer de restos vegetales
Los suelos naturales, materiales de bancos de préstamo o mezcla de ambos que sean objeto de estabilización, deben estar definidos en el Expediente Técnico del Proyecto
- (2) CMO: Contenido de materia orgánica
- (3) Los diseños o dosificaciones deben indicar: fórmula de trabajo, tipo de suelo, cantidad de estabilizador, volumen de agua, valor de CBR o resistencia a compresión simple o resultados de ensayos Marshall modificado o Illinois, según corresponda al tipo de estabilizador aplicado
- (4) Para altitudes mayores a 3000 msnm
- (5) Después de finalizado el proceso de compactación

9.2 Estabilización mecánica de suelos

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

9.3 Estabilización por combinación de suelos

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o 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), si 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 sub rasante fijado en el proyecto.

El suelo de aporte para el mejoramiento se aplicará en los sitios indicados en los documentos del proyecto, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumpla las exigencias de la [Sección 207](#) del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente.

9.4 Estabilización por sustitución de los suelos

Cuando se prevea la construcción de la sub rasante 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 sub rasante 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.

9.4.1 Procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor soporte o resistencia del suelo

Este procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de sub rasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$, calculándose según lo siguiente:

- a) Se calculará el número estructural SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un $CBR \geq 10\%$ e IP menor a 10, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presentan un $CBR > 10\%$, para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de CBR de diseño, que representa el material de reemplazo, este número estructural SN calculado se denominará SNm (mejorado), luego se calculará el SN del pavimento para el CBR del material de sub rasante existente (menor a 6%), que se denominará SNe (existente).

- b) Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

- c) Habiéndose escogido el material de reemplazo ($CBR \geq 10\%$) a colocar (según SNm calculado), se obtendrán los valores correspondientes de coeficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor E, aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Delta SN}{a_i \times m_i}$$

Siendo:

- E : Espesor de reemplazo en cm.
 a_i : Coeficiente estructural del material a colocar / cm
 m_i : Coeficiente de drenaje del material a colocar.

- d) Espesores recomendados de material a reemplazar.





Cuadro 9.3
Espesores Recomendados para Estabilización por
Sustitución de Suelos

3% ≤ CBR ≤ 6%

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

Notas:

1. Coeficiente estructural del material con CBR=10% a=0.021
2. Coeficiente drenaje del material a colocar m=1.0





9.5 Suelos estabilizados con cal

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza es óxido cálcico (cal anhidra o cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada). Estas sales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico.

La experiencia demuestra que los productos de la hidratación del cemento pueden ser reproducidos combinando dos o más componentes primarios de este producto como: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en las proporciones adecuadas y en presencia de agua.

Como la mayoría de los suelos contienen sílice y aluminio silicatos, la incorporación de cal anhidra (CaO) o de cal hidratada (Ca(OH)_2) y agua en cantidad apropiada se puede obtener la composición deseada.

La Cal que se use para la construcción de Suelo-Cal puede ser Cal viva o hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la **Sección 301.B** del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente; la Especificación AASHTO M-216 o ASTM C-977.

Al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles.

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Por ejemplo suelos de plasticidad $\text{IP} < 15$, aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP; en cambio, en los suelos de plasticidad con $\text{IP} > 15$) disminuye el IP.

También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos.

Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.

En cortes e incluso en terraplenes, donde se evidencien suelos arcillosos, resulta conveniente mejorar el suelo con un pequeño porcentaje de cal para proteger la explanación y formar una plataforma para la construcción de la capa de rodadura.

Al mezclar el suelo con cal éste se vuelve más friable y granular. Al aumentar su límite plástico y humedad óptima de compactación permite su puesta en obra con mayor facilidad.

Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un período intermedio de reacción de 1 - 2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en sub rasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos.





La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

- i) Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.
- ii) Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.
- iii) Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
- iv) La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
- v) Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
- vi) Incremento de la resistencia a la comprensión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.
- vii) Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
- viii) Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
- ix) Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas.

La experiencia americana ha demostrado que una estabilización con cal tiene excelentes resultados, en los siguientes casos:

- a) Materiales compuestos por mezclas de grava y arcilla para su uso como capa granular superficial con una incorporación de 2 a 4% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en peso.
- b) Suelos altamente arcillosos para usarlos como capa granular superficial (5 a 10% de cal en peso) o como capa inferior (1 a 3% de cal en peso).

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cal, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cal.

9.6 Suelos estabilizados con cemento

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:





- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$).

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumentan o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo.

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente:

Cuadro 9.4
Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento

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

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de sub rasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%.

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento.

9.7 Suelos estabilizados con escoria

Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, en la fabricación del cemento, como agregados en la fabricación de hormigón, como material de base y subbase en los pavimentos, en la estabilización de sub rasantes, en la carpeta asfáltica formando parte del ligante bituminoso; en la agricultura también se ha encontrado aplicación, así como en el tratamiento de aguas residuales. Al emplearse este subproducto en construcción de infraestructura vial se evita





explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO₂ al ambiente.

En caso de escasez de finos, se podrá efectuar una mezcla de escoria, arena fina y cal. La cal a utilizar será la indicada en la **Sección 301.B** Suelo Estabilizado con Cal, del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente; no obstante, en este caso no se admitirá el uso de cal viva, porque podría causar expansión en el suelo.

En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y de la escoria entre 35% - 45% en volumen. La utilización de grados con tamaño máximo limitado al de las arenas facilita los trabajos de mantenimiento sin desgastar prematuramente las cuchillas de motoniveladoras ni formar estrías sobre la calzada.

Además tamaño de agregados mayores a 1 cm al ser despedidos por la acción del tránsito pueden provocar daños a los vehículos así como a las personas.

9.8 Estabilización con cloruro de sodio

El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.

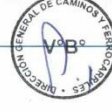
La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Sal deben estar limpios y no deben tener más de tres por ciento (3%) de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor a 8%, pero para la fracción de suelos que pasa la malla N°200 el requerimiento mínimo es de 12%. No obstante, para mayores índices de plasticidad del suelo, se permite aceptar para la fracción de suelos que pasa la malla #200, menores valores de IP hasta un límite no menor a 9%.

El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de Suelo-Sal. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con sal será de 150 mm o 200 mm, según se especifique en el Proyecto.

La Sal (cloruro de sodio) se produce mediante 3 métodos, el más antiguo consiste en el empleo del calor solar para producir la evaporación del agua salada, con lo que se obtienen los residuos de sal. Otro método consiste en la





extracción directa de las minas de sal y el tercer método consiste en la evaporación del agua de mar mediante el empleo de hornos.

El cloruro de sodio se presenta en forma de cristales, fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y se les consigue en el mercado constituyendo cristales grandes o polvo fino y con diferentes grados de pureza.

Las características típicas de la sal (cloruro de sodio) son:

Cuadro 9.5
Características Típicas de Sal (Cloruro de Sodio)

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98.00 – 99.70
Humedad, %	2.00 – 3.60
Materia insoluble, %	0.007 – 0.175
Ion calcio, %	0.035 – 0.910
Ion magnesio, %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, %	0.125 – 0.355
Tamiz 4.75 mm (Nº 4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	13% max

Normalmente la cantidad de sal está comprendida entre 50 y 80 kg/m³ de suelo a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de sal depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

El agua que se use para la construcción de Bases de Suelo – Sal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y debe estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

Se podrá incorporar al agua, sal (Cloruro de Sodio), produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal.

La mezcla sobre la vía es el conjunto de operaciones que, mediante el mezclado sobre la plataforma de la vía del suelo con la Sal y con el agua, utilizando el equipo adecuado, permite obtener la mezcla de Suelo – Sal que satisfaga los requisitos establecidos. Para mezclar es más adecuado el uso de rastras con discos rotatorios. La compactación se puede iniciar en cualquier momento luego de perfilada la superficie con el equipo adecuado al tipo de suelo. Cuando se observe que se ha perdido la sal por efecto del tránsito o las lluvias, la superficie debe rociarse con 450grs de sal por cada metro cuadrado.



9.9 Estabilización con cloruro de calcio

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino.

Se puede utilizar de dos formas:

- En granos regulares o Tipo I
- En hojuelas o pelotillas o Tipo II

La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca.

El suelo a estabilizar deberá presentar las siguientes características:

- Agregado grueso (1" - N° 4) de 10 - 60%
- Agregado fino menor que la malla N° 200 de 10 - 30%
- Índice plástico IP = 4 - 15%
- Sulfatos 001% máximo.

9.10 Estabilización con cloruro de magnesio

El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8 °C.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

En los caminos pavimentados, el cloruro de magnesio puede utilizarse para prevenir la formación de hielo sobre la calzada ("anti-icing"), o bien para derretir hielo ya formado sobre el pavimento ("de-icing"), debido a que permite bajar el punto de congelamiento del agua e impedir la formación de hielo, a temperaturas ambientales por debajo de los -5 °C.





En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes:

- Como tratamiento supresor de polvo: el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido, compactado, y estar libre de deterioro en superficie.

De preferencia, el material deberá contener una proporción de material fino en el orden del 10 al 20% para asegurar cohesión (en tal sentido, mejor si son finos plásticos), y al menos un 20% de material granular con tamaño superior a 10 mm para asegurar un mínimo de estabilidad estructural.

Sobre esta capa se aplica una serie de riegos de salmuera de cloruro de magnesio, cuya disolución debe ser homogénea y estar en proporción 1,5 a 1 con el agua (en peso), con lo cual la salmuera tendrá una densidad de 1,25 tn/m³.

Se recomienda aplicar unos 4 l/m² de riego sobre el camino, pudiendo variar la dosis en función de la geometría del camino, tránsito futuro, o también de la proporción de finos plásticos. De esta manera, se consigue una costra superficial durable que reduce casi por completo la dispersión del polvo causada por el tránsito vehicular, mejorando sensiblemente las condiciones ambientales en la zona aledaña.

- Como estabilizador superficial: en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm de acuerdo al diseño efectuado.

La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de entre 3 y 5% en peso de suelo seco, depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl).

El material debe ser trabajado con maquinaria y mezclado en forma homogénea, y se debe humectar hasta alcanzar su humedad óptima considerando el aporte de la salmuera de cloruro de magnesio, y descontando la humedad natural del afirmado. Posteriormente, el material ya humectado debe ser apropiadamente distribuido y compactado con rodillo liso vibratorio.

9.11 Estabilización con productos asfálticos

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

1. Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
2. Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, LL < 30 e IP < 10.





Los materiales asfálticos usualmente empleados son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia in situ, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla mas adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, estos podrán ser mas viscosos.

En el caso de las estabilizaciones con emulsiones asfálticas se emplea un emulsificante, tal como un agente químico utilizado como emulsificante y definido como tenso activo o surfactante aniónico o catiónico, que determinará la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas.

Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economía.

Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava sí el material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a utilizar se conoce como "prueba de valor soporte florida modificada" y el procedimiento consiste en elaborar especímenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática.

Después de esto se pesan y se meten a curar al horno a una temperatura de 60° C, se sacan y se penetran hasta la falla o bien hasta que tengan una profundidad de 6.35 mm registrándose la carga máxima en Kg, se efectúa una gráfica para obtener el porcentaje óptimo de emulsión y se recomienda que el material por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un porcentaje de 1.

El procedimiento constructivo se desarrolla de la manera siguiente: la capa a mejorar ya tiene que estar completamente terminada. No se debe hacer la estabilización cuando hay mucho viento, menos de 5° C o lluvia. Las estabilizaciones se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a 15° C, no obstante, sí la temperatura ambiente tiene tendencia a aumentar, podrá fijarse en 10° C la temperatura límite inferior para poder ejecutar la mezcla; estos límites podrán ser rebajados en 5° C, cuando la



aplicación del ligante se efectúe directamente en la máquina de una sola pasada o en la mezcladora de la planta fija.

La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de asfalto, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de asfalto utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el asfalto no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada.

El proceso de curado en la estabilización con asfalto tiene una gran importancia, depende de muchas variables, como cantidad de asfalto aplicado, humedad y viento, cantidad de lluvias y la temperatura ambiente; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con asfalto.

9.12 Estabilización con geosintéticos

A diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos.

La experiencia internacional que se tiene hasta ahora de los geosintéticos, respecto al comportamiento frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica, ha permitido la diversificación funcional de los geosintéticos; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado o refuerzo del terreno (o de la explanada) o de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas.

Las funciones de separación y filtro de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas, se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de los suelos de sub rasante inadecuada. Las geomallas también se pueden utilizar para reforzar o separar la capa de base de un pavimento flexible ya que nos permite mejorar el valor de soporte y así mejorar el comportamiento de la estructura del pavimento y los geotextiles se pueden colocar en la interfase de subbase - base: (i) para permitir el drenaje de la subbase, cuando se evidencie un mal drenaje, por ejemplo por la utilización de una base densa o cerrada; y / o (ii) para permitir el rápido drenaje de la capa de base.

Las condiciones consideradas óptimas para el uso de geosintéticos, en la construcción de carreteras:

1. Suelos Clasificados según:
 - Clasificación SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT
 - Clasificación AASHTO: A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6
2. Baja resistencia al corte y sin drenaje
 - $T_f = C_u < 2,000$ libras por pie cuadrado (90 kPa)
 - $CBR < 3$ (muestra saturada, CBR determinado según la norma ASTM D 4429)





- R-valor $\sim <20$ (Determinado según la norma AASHTO T 190)
- MR $\sim <4500$ psi (30 MPa) (Determinado según la norma AASHTO T 274)

3. Nivel freático alto

4. Sensibilidad alta ($S > 8$, como resultado de la relación entre la resistencia a la compresión no confinada en estado inalterado y la resistencia a la compresión no confinada en estado remoldeado, de una muestra de suelo cohesivo, determinado según el ensayo MTC E 121).

En estas condiciones, los geosintéticos pueden funcionar como separadores para evitar la contaminación o entremezcla de los agregados del afirmado, subbase o base de la carretera y el suelo de la sub rasante; migración de finos se ha observado aun en suelos con CBR 8%. Asimismo, el filtro es necesario, porque los suelos por debajo de un CBR de 3%, suelen ser húmedos y saturados, en tal sentido, el agua existente puede drenar a través de los geosintéticos sin que se produzca transporte de sólidos. También los geosintéticos en su función de refuerzo permitirán, a través del tiempo, la disipación de los esfuerzos y reducción de tensiones en la subbase y mejoramiento de la capacidad de carga.

Según el documento ETL1110-1-189 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, existen varios tipos de geomallas: geomallas extruídas (extruded), geomallas tejidas (woven), geomallas soldadas (welded) y compuestos de geomallas (geogrid composites). Las geomallas extruídas son formadas de láminas de polímero las cuales son perforadas, calentadas y estiradas en dos direcciones para mejorar sus propiedades físicas. Las geomallas tejidas son fabricadas de fibras de polímero tejidas y luego recubiertas para aumentar su resistencia a la abrasión. Las geomallas soldadas son fabricadas soldando las uniones de una malla de cintas extruídas de polímero. Finalmente, los compuestos de geomalla son geomallas formadas en combinación con otro geosintético para resolver una aplicación geotécnica en particular. De acuerdo a la experiencia internacional, las geomallas extruídas han tenido un mejor comportamiento estructural en aplicaciones de refuerzo de pavimentos.

Se han identificado tres mecanismos de refuerzo de las geomallas en el refuerzo de suelos y pavimentos: confinamiento lateral de las partículas, mejoramiento de la capacidad portante del terreno natural y el efecto membrana tensionada (ETL 1110-1-189).

Confinamiento Lateral

Este mecanismo se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo. Las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interfase inferior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.





Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

La rigidez de la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando. Básicamente se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

Efecto Membrana Tensionada

Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo. Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural. Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera, que no siempre es admisible en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

Hasta hace unos años, el efecto membrana tensionada se consideraba el mecanismo principal de refuerzo. Luego de años de investigación se ha determinado que cuando se quiere reforzar la capa granular el mecanismo principal es el confinamiento lateral. En el refuerzo de capas granulares las deformaciones en la estructura del pavimento son mínimas por lo que el efecto membrana tensionada no se alcanza a desarrollar. Cuando se quiere hacer un mejoramiento del terreno natural, los mecanismos principales son el mejoramiento de la capacidad portante y el efecto membrana tensionada.

De acuerdo al USACE y AASHTO, existen diferentes tipos de geomallas, no obstante que presentan una apariencia similar, pero no necesariamente tienen el mismo beneficio estructural. Por lo tanto, en caso de que el Ingeniero Responsable decida utilizar geosintéticos para la estabilización de suelos, analizará y sustentará la conveniencia de aplicación del tipo de geosintético que incluirá en su diseño, definiendo si se aplicará para una función drenante, filtro, anticontaminante, refuerzo o protección.





PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

5.0 MUESTRA

5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral [4.1.1](#).

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
½"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.
- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.
- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones [6.1.2](#) y [6.1.3](#).

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire
W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.



Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimentación, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- f) Errores en las pesadas y en los cálculos.



MTC E 110

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutita a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.
- De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.
- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.
- 5.0 MUESTRA**
- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425 \mu\text{m}$ (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.
- 6.0 PROCEDIMIENTO**
- Multipunto**
- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

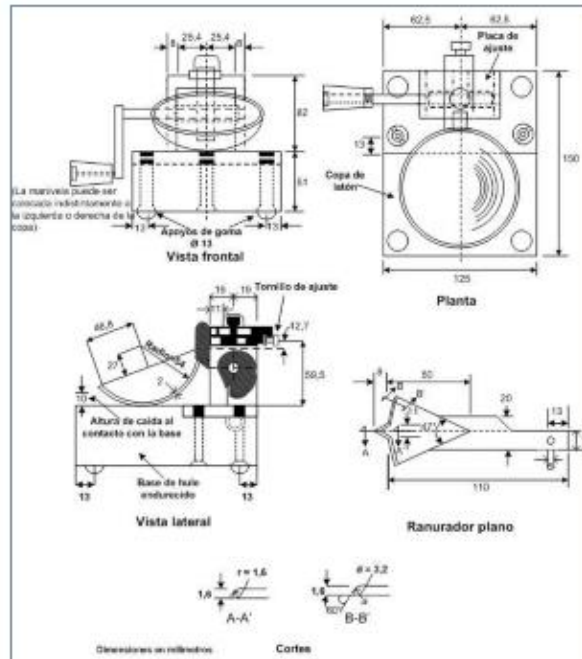


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).

Nota1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con

la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N , necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad, W^h , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

7.0 CALCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W^h , y el número de golpes correspondientes, N , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^h \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^h$$

Donde:

- | | | |
|-------|---|--|
| N | = | Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad, |
| W^h | = | Contenido de humedad del suelo, |
| K | = | factor dado en la tabla A.1 |



Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



MTC E 111

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que $2\mu\text{m}$ para determinar su número de actividad

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426 μm (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado

en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



PERU

Ministerio
de Transportes
y ComunicacionesViceministerio
de TransportesDirección General
de Caminos y
Ferrocarriles**MTC E 115****COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
(PROCTOR MODIFICADO)****1.0 OBJETO**

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾" pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

2.3.1 METODO "A"

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

2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).



2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4. Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = M \cdot a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{máx}$) mediante un ensayo de

compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{dm\max}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{dm\max}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm (4,000 ± 0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm³ (0,0333 ± 0,0005 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 2 124 ± 25 cm³ (0,075 ± 0,0009 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80 ± 0,13 mm (2,000 ± 0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800 ± 0,25 mm (2,000 ± 0,01 pulg).

Nota 5. Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0 ± 1,6 mm

($\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $2,5 \pm 0,8$ mm ($0,10 \pm 0,03$ pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $73,7 \pm 0,5$ mm ($2,90 \pm 0,02$ pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C a través de la cámara de secado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,005$ pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm ($\frac{1}{8}$ pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (N° 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (N° 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



- 6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.
- Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
 - Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
 - Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
 - Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.
- 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO
- 6.2.1 SUELOS
- 6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.
- 6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).
- 6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.
- 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)
- 6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- 6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.
- Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.
- 6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.

6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

Nota 7. Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.

- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m³ (0,1 lb/ft³) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

Nota 8. La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

Nota 9. La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

7.1.3 Contenido de Agua, w.- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

- ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m^3)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m^3) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m^3)
- w = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/ pie}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Donde:

- γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- γ_w = Peso unitario del agua $9,807 \text{ kN/m}^3$ ó $(62,43 \text{ lbf/ pie}^3)$.
- γ_d = Peso unitario seco del suelo.
- G_s = Gravedad específica del suelo.

Nota 10. La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

7.2 INFORME

7.2.1 Reportar la siguiente información:

7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).

7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.

7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a $0,5 \text{ lbf/pe}^3$.
- 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 339.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), Pc en %.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2 CONFIABILIDAD.- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

**ANEXO****(INFORMACION OBLIGATORIA)****A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION****A1.1. OBJETIVO**

A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.

A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

A1.2. APARATOS

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm² por 6 mm (8 pulg² por 1/4 pulg).

A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.

A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

A1.3. PRECAUCIONES

A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.

A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.

A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.

- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
- A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
- A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A.1.a)$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (A.1.b)$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm³, (pie³)
 H = Promedio de altura, mm, (pulg).
 dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
 db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
 1/1728 = Constante para convertir pulg³ a pie³
 1/103 = Constante para convertir mm³ a cm³

- A1.5. Comparación de Resultados
- A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
- A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
- A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
- A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
- A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

Tabla 1
Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



Tabla 2
Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ¾	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ¾	168,30
6 ¾	171,40
8 ¾	208,60

pie ³	cm ³
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

Tabla A.1.1
Densidad del Agua

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

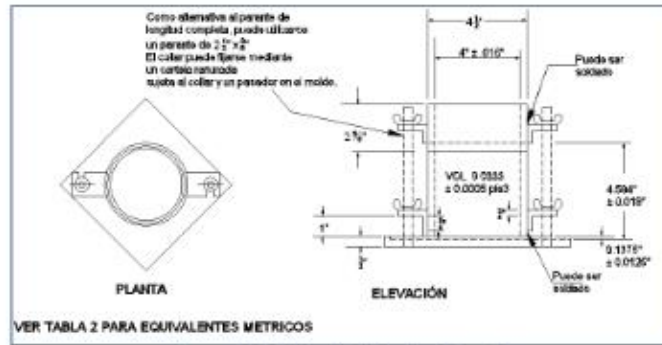


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

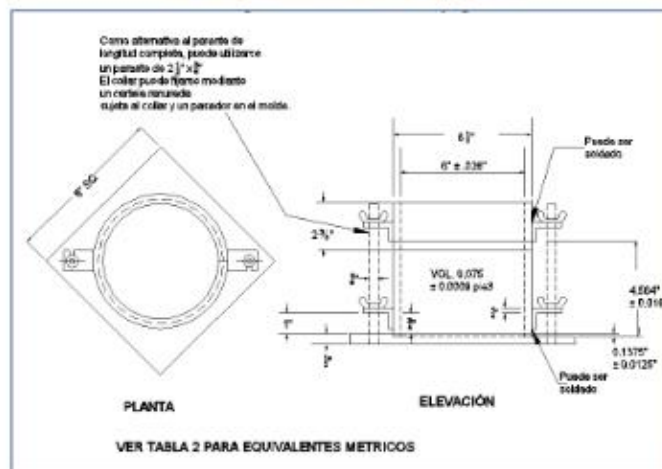


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

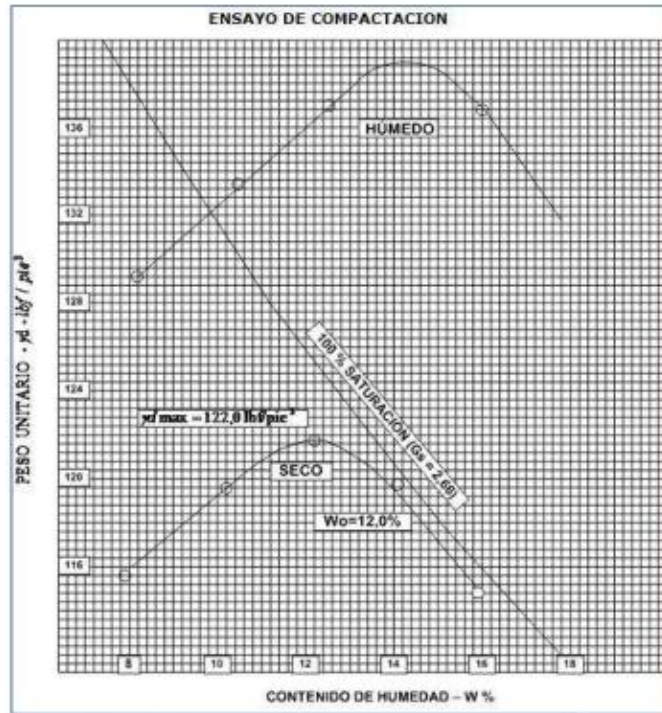


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación



MTC E 132 CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

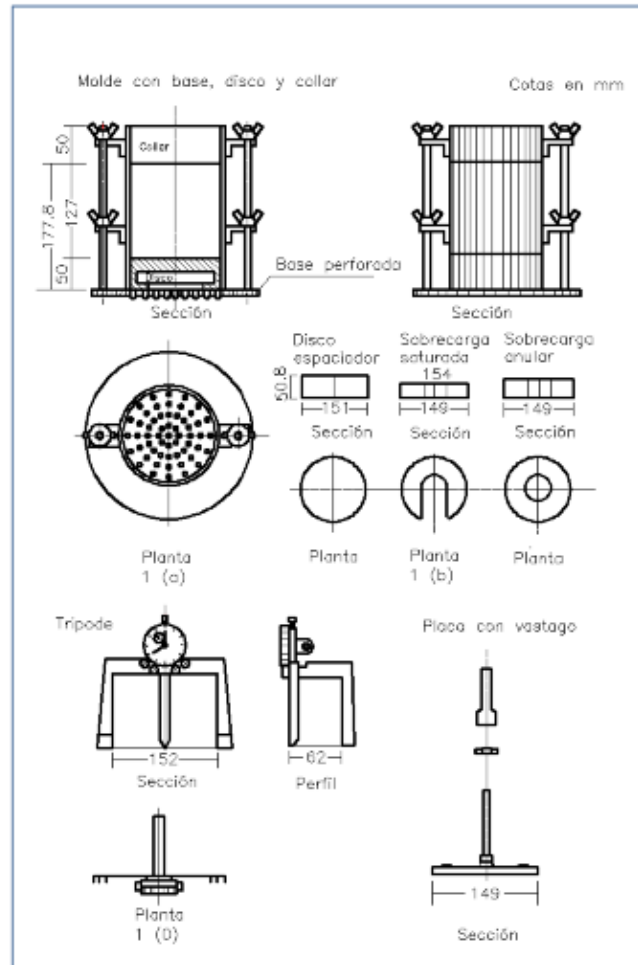


Figura 1.

4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
 - Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).
- 4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- 4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm (1,954 \pm 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").
- 4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- 4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- 4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- 4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.
- 4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- 4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:
- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4" de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.
- 6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

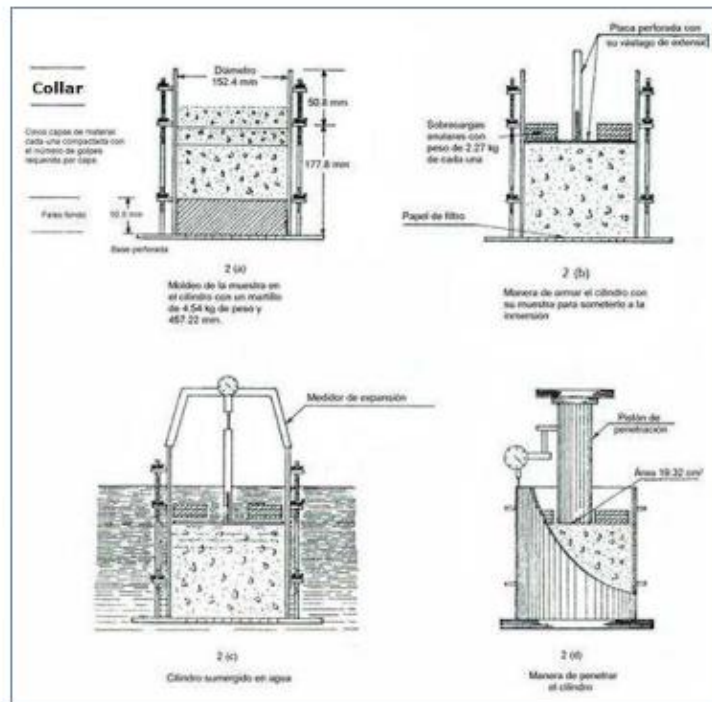


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Lívese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ($7,0^{\circ} \pm 0,16''$) si se utiliza un molde con 127 mm ($5''$) de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

7.0 CALCULOS E INFORME**7.1 CALCULOS**

7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada
h = Humedad natural

- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

- L₁ = Lectura inicial en mm.
L₂ = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- b) De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlese los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

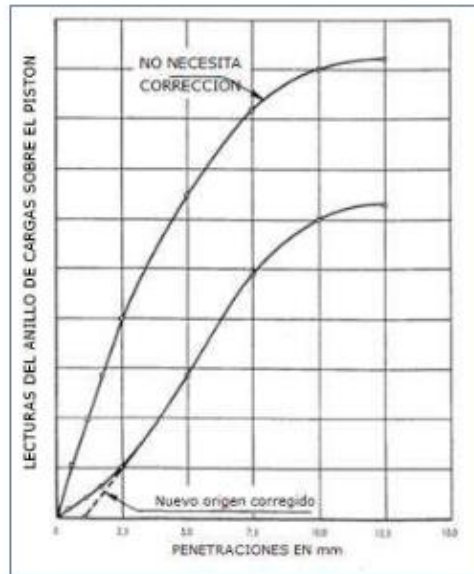


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).



Designation: D1883 – 07^{e2}

Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils¹

This standard is issued under the fixed designation D1883; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

ϵ^1 Norm—Editorially corrected units in Section 6.2 in May 2009.

ϵ^2 Norm—Editorially corrected units in Section 10.3 in July 2009.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the CBR (California Bearing Ratio) of pavement subgrade, subbase, and base course materials from laboratory compacted specimens. The test method is primarily intended for (but not limited to) evaluating the strength of materials having maximum particle sizes less than $\frac{3}{4}$ in. (19 mm).

1.2 When materials having maximum particle sizes greater than $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) are to be tested, this test method provides for modifying the gradation of the material so that the material used for tests all passes the $\frac{3}{4}$ -in. sieve while the total gravel (+No. 4 to 3 in.) fraction remains the same. While traditionally this method of specimen preparation has been used to avoid the error inherent in testing materials containing large particles in the CBR test apparatus, the modified material may have significantly different strength properties than the original material. However, a large experience base has developed using this test method for materials for which the gradation has been modified, and satisfactory design methods are in use based on the results of tests using this procedure.

1.3 Past practice has shown that CBR results for those materials having substantial percentages of particles retained on the No. 4 sieve are more variable than for finer materials. Consequently, more trials may be required for these materials to establish a reliable CBR.

1.4 This test method provides for the determination of the CBR of a material at optimum water content or a range of water content from a specified compaction test and a specified dry unit weight. The dry unit weight is usually given as a percentage of maximum dry unit weight determined by Test Methods D698 or D1557.

1.5 The agency requesting the test shall specify the water content or range of water content and the dry unit weight for which the CBR is desired.

1.6 Unless specified otherwise by the requesting agency, or unless it has been shown to have no effect on test results for the material being tested, all specimens shall be soaked prior to penetration.

1.7 For the determination of CBR of field compacted materials, see Test Method D4429.

1.8 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalents shown in parentheses may be approximate.

1.9 All observed and calculated values shall conform to the guidelines for significant digits and rounding established in Practice D6026.

1.9.1 The procedures used to specify how data are collected, recorded or calculated in this standard are regarded as the industry standard. In addition they are representative of the significant digits that generally should be retained. The procedures used do not consider material variation, purpose for obtaining the data, special purpose studies, or any considerations for the user's objectives, and it is common practice to increase or reduce significant digits or reported data to be commensurate with these considerations. It is beyond the scope of this standard to consider significant digits used in analytical methods for engineering design.

1.10 *This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D18 on Soil and Rock and is the direct responsibility of Subcommittee D18.05 on Strength and Compressibility of Soils.

Current edition approved Nov. 15, 2007. Published December 2007. Originally approved in 1961. Last previous edition approved in 2005 as D1883 – 05. DOI: 10.1520/D1883-07E02.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2950, United States.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Fri Jul 9 17:51:53 EDT 2010

Downloaded/printed by

ROSE RODRIGUEZ (ENSUMA-S.A.) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D422 Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- D698 Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))
- D1557 Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³))
- D2168 Test Methods for Calibration of Laboratory Mechanical-Rammer Soil Compactors
- D2216 Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
- D2487 Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- D2488 Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
- D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction
- D4318 Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- D4429 Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place
- D4753 Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing
- D6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data
- E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

3. Terminology

3.1 *Definitions:* All definitions are in accordance with Terminology D653.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *water content of the compaction specimen, w_c* —water content in percent of material used to compact the test specimen.

3.2.2 *water content top 1 in. (25.4-mm) after soaking, w_{c1}* —water content in percent of upper 1 in. (25.4 mm) of material removed after soaking and penetration.

3.2.3 *water content after testing, w_t* —water content in percent of material after soaking and final penetration; does not include material described in 3.2.2.

3.2.4 *dry density as compacted and before soaking, ρ_{d1}* —dry density of the as-compacted test specimen using the measured wet mass and calculating the dry mass using the water content defined in 3.2.1.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

4. Summary of Test Method

4.1 The California Bearing Ratio (CBR) test is a load test applied to the surface and used in soil investigations as an aid to the design of pavements. The laboratory test uses a circular piston to penetrate material compacted in a mold at a constant rate of penetration. The CBR is expressed as the ratio of the unit load on the piston required to penetrate 0.1 in. (2.5 mm) and 0.2 in. (5 mm) of the test soil to the unit load required to penetrate a standard material of well-graded crushed stone.

4.2 This test method is used to determine the CBR of a material compacted in a specified mold. It is incumbent on the requesting agencies to specify the scope of testing to satisfy agency protocol or specific design requirements. Possible scope of testing includes:

4.2.1 CBR penetration tests are performed on each point of a compaction test performed in accordance with Method C of D698 or D1557. The CBR mold with the spacer disk specified in this standard has the same internal dimensions as a 6-in. (150-mm) diameter compaction mold.

4.2.2 Another alternative is for CBR test to be performed on material compacted to a specific water content and density. Alternatively, a water content range may be stated for one or more density values. This will often require a series of specimens prepared using two or three compactive efforts for the specified water content or over the range of water contents requested. The compactive efforts are achieved by following procedures of D698 or D1557 but varying the blows per layer to produce densities above and below the desired density.

5. Significance and Use

5.1 This test method is used to evaluate the potential strength of subgrade, subbase, and base course material, including recycled materials for use in road and airfield pavements. The CBR value obtained in this test forms an integral part of several flexible pavement design methods.

5.2 For applications where the effect of compaction water content on CBR is small, such as cohesionless, coarse-grained materials, or where an allowance is made for the effect of differing compaction water contents in the design procedure, the CBR may be determined at the optimum water content of a specified compaction effort. The dry unit weight specified is normally the minimum percent compaction allowed by the using agency's field compaction specification.

5.3 For applications where the effect of compaction water content on CBR is unknown or where it is desired to account for its effect, the CBR is determined for a range of water contents, usually the range of water content permitted for field compaction by using agency's field compaction specification.

5.4 The criteria for test specimen preparation of self-cementing (and other) materials which gain strength with time must be based on a geotechnical engineering evaluation. As directed by the engineer, self-cementing materials shall be properly cured until bearing ratios representing long term service conditions can be measured.

NOTE 1—The agency performing this test can be evaluated in accordance with Practice D3740. Notwithstanding the statements on precision and bias contained in this test method, the precision of this test method is dependent on the competence of the personnel performing it, and the

suitability of the equipment and facilities used. Agencies that meet the criteria of Practice D3740 are generally considered capable of competent and objective testing. Users of this test method are cautioned that compliance with Practice D3740 does not in itself ensure reliable testing. Reliable testing depends on many factors; Practice D3740 provides a means of evaluating some of those factors.

6. Apparatus

6.1 **Loading Machine**—The loading machine shall be equipped with a movable head or base that travels at a uniform (not pulsating) rate of 0.05 in. (1.27 mm)/min for use in forcing the penetration piston into the specimen. The load rate of 0.05 in. (1.27 mm)/min shall be maintained within $\pm 20\%$ over the range of loads developed during penetration. The minimum capacity of the loading machine shall be based on the requirements indicated in Table 1.

6.1.1 The machine shall be equipped with a load-indicating device matched to the anticipated maximum penetration load: 10 lbf (44 N) or less for a 10-kip (44.5-kN) capacity; 5 lbf (22 N) for 5-kip (22.3-kN) and 2 lbf (8.9 N) for 2.5-kip (11.2-kN).

6.1.2 Penetration measuring device (such as a mechanical dial indicator or electronic displacement transducer) that can be read to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) and associated mounting hardware. A mounting assembly that connects the deformation measuring device to the penetrating piston and the edge of the mold will give accurate penetration measurements. However, mounting the deformation holder assembly to a stressed component of the load frame (such as tie rods) will introduce inaccuracies of penetration measurements.

6.2 **Mold**—The mold shall be a rigid metal cylinder with an inside diameter of 6 ± 0.026 in. (152.4 \pm 0.66 mm) and a height of 7 ± 0.018 in. (177.8 \pm 0.46 mm). It shall be provided with a metal extension collar at least 2.0 in. (50.8 mm) in height and a metal base plate having at least twenty eight $\frac{1}{16}$ -in. (1.59-mm) diameter holes uniformly spaced over the plate within the inside circumference of the mold. When assembled with spacer disc in place in the bottom of the mold, the mold shall have an internal volume (excluding extension collar) of 0.075 ± 0.0009 ft³ (2124 \pm 25 cm³). Fig. 1 shows a satisfactory mold design. A calibration procedure should be used to confirm the actual volume of the mold with the spacer disk inserted. Suitable calibration procedures are contained in Test Methods D698 and D1557.

6.3 **Spacer Disk**—A circular metal spacer disc (see Fig. 1) having a minimum outside diameter of $5\frac{1}{16}$ in. (150.8 mm) but no greater than will allow the spacer disc to easily slip into the mold. The spacer disc shall be 2.416 ± 0.005 in. (61.37 \pm 0.127 mm) in height.

6.4 **Rammer**—A rammer as specified in either Test Methods D698 or D1557 except that if a mechanical rammer is used it must be equipped with a circular foot, and when so equipped, must provide a means for distributing the rammer blows

uniformly over the surface of the soil when compacting in a 6-in. (152.4-mm) diameter mold. The mechanical rammer must be calibrated and adjusted in accordance with Test Methods D2168.

6.5 **Expansion-Measuring Apparatus**—An adjustable metal stem and perforated metal plate, similar in configuration to that shown in Fig. 1. The perforated plate shall be $5\frac{1}{16}$ to $5\frac{3}{16}$ in. (149.23 to 150.81 mm) in diameter and have at least forty-two $\frac{1}{16}$ -in. (1.59-mm) diameter holes uniformly spaced over the plate. A metal tripod to support the dial gauge for measuring the amount of swell during soaking is also required. The expansion measuring apparatus shall not weigh more than 2.8 lbf (1.27 kg).

6.6 **Weights**—One or two annular metal weights having a total mass of 4.54 ± 0.02 kg and slotted metal weights each having masses of 2.27 ± 0.02 kg. The annular weight shall be $5\frac{1}{16}$ to $5\frac{3}{16}$ in. (149.23 to 150.81 mm) in diameter and shall have a center hole of approximately $2\frac{1}{8}$ in. (53.98 mm).

6.7 **Penetration Piston**—A metal piston 1.954 ± 0.005 in. (49.63 \pm 0.13 mm) in diameter and not less than 4 in. (101.6 mm) long (see Fig. 1). If, from an operational standpoint, it is advantageous to use a piston of greater length, the longer piston may be used.

6.8 **Swell Measurement Device**—Generally mechanical dial indicators capable of reading to 0.001 in. (0.025 mm) with a range of 0.200-in. (5-mm) minimum.

6.9 **Balance**—A class GP5 balance meeting the requirements of Specifications D4753 for a balance of 1-g readability.

6.10 **Drying Oven**—Thermostatically controlled, preferably of a forced-draft type and capable of maintaining a uniform temperature of $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ($110 \pm 5^\circ\text{C}$) throughout the drying chamber.

6.11 **Sieves**— $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) and No. 4 (4.75 mm), conforming to the requirements of Specification E11.

6.12 **Filter Paper**—Fast filtering, high wet strength filter paper, 15-cm diameter.

6.13 **Straightedge**—A stiff metal straightedge of any convenient length but not less than 10 in. (254 mm). The total length of the straightedge shall be machined straight to a tolerance of ± 0.005 in. (± 0.1 mm). The scraping edge shall be beveled if it is thicker than $\frac{1}{8}$ in. (3 mm).

6.14 **Soaking Tank or Pan**—A tank or pan of sufficient depth and breadth to allow free water around and over the assembled mold. The tank or pan should have a bottom grating that allows free access of water to the perforations in the mold's base.

6.15 **Mixing Tools**—Miscellaneous tools such as mixing pan, spoon, trowel, spatula, etc., or a suitable mechanical device for thoroughly mixing the sample of soil with water.

7. Sample

7.1 The specimen(s) for compaction shall be prepared in accordance with the procedures given in Method C of Test Methods D698 or D1557 for compaction in a 6-in. (152.4-mm) mold except as follows:

7.1.1 If all material passes a $\frac{3}{4}$ -in. (19-mm) sieve, the entire gradation shall be used for preparing specimens for compaction without modification. If material is retained on the $\frac{3}{4}$ -in. (19-mm) sieve, the material retained on the $\frac{3}{4}$ -in. (19-mm) sieve shall be removed and replaced by an equal mass of

TABLE 1 Minimum Load Capacity

Maximum Measurable CBR	Minimum Load Capacity	
	(lbf)	(kN)
20	2500	11.2
50	5000	22.3
>50	10 000	44.5

TABLE 2 Metric Equivalents

Inch-Pound Units, in.	Metric Equivalent, mm	Inch-Pound Units, in.	Metric Equivalent, mm	Inch-Pound Units, in.	Metric Equivalent, mm
0.003	0.076	¹⁹ / ₃₂	15.08	³ / ₁₆	88.90
0.005	0.127	⁵ / ₁₆	15.88	³ / ₈	95.25
0.135	3.43	⁹ / ₁₆	19.10	⁴ / ₁₆	108.0
0.201	5.11	¹⁹ / ₃₂	23.81	⁴ / ₈	114.3
0.4375	11.11	1	25.40	⁴ / ₈	120.7
0.4378	11.12	¹ / ₂	28.58	⁵ / ₁₆	149.2
0.510	12.95	¹ / ₂	31.8	⁵ / ₁₆	150.8
0.633	16.08	¹ / ₂	34.9	6	152.0
1.370	34.60	¹ / ₂	38.10	⁶ / ₁₆	158.0
1.375	34.93	¹ / ₂	44.5	⁶ / ₁₆	165.1
1.954	49.63	¹ / ₂	46.04	7	177.8
2.416	61.37	¹ / ₂	49.21	⁷ / ₁₆	190.1
¹ / ₁₆	1.59	2	50.80	⁸ / ₁₆	212.7
³ / ₃₂	5.56	² / ₁₆	53.98	⁸ / ₁₆	215.9
¹ / ₈	6.35	² / ₁₆	55.9	⁹ / ₁₆	238.1
³ / ₁₆	9.53	² / ₁₆	57.2	¹⁴ / ₁₆	362.0
¹ / ₄	11.11	² / ₁₆	63.50	18	457.2
³ / ₁₆	11.91	² / ₁₆	69.85	³² / ₁₆	719.2
¹ / ₂	12.70	² / ₁₆	75.41	³⁶ / ₁₆	930.3
¹ / ₁₆	13.49	3	76.20	39	990.6

Inch-Pound Units, lb	Metric Equivalent, kg	Inch-Pound Units, psi	Metric Equivalent, MPa
0.04	0.02	200	1.4
0.05	0.02	400	2.8
0.12	0.05	600	4.1
0.59	0.27	800	5.5
0.71	0.32	1000	6.9
0.75	0.34	1200	8.3
3.20	1.45	1400	9.7
5.00	2.27		
10.00	4.54		

material passing the ³/₄-in. (19-mm) sieve and retained on the No. 4 sieve obtained by separation from portions of the sample not used for testing.

8. Test Specimens

8.1 Bearing Ratio at Optimum Water Content Only—Using material prepared as described in 7.1, conduct a control compaction test with a sufficient number of test specimens to establish the optimum water content for the soil using the compaction method specified, either Test Methods D698 or D1557. A previously performed compaction test on the same material may be substituted for the compaction test just described, provided that if the sample contains material retained on the ³/₄-in. (19-mm) sieve, soil prepared as described in 7.1 is used (Note 2).

Note 2—Maximum dry unit weight obtained from a compaction test performed in a 4-in. (101.6-mm) diameter mold may be slightly greater than the maximum dry unit weight obtained from compaction in the 6-in. (152.4-mm) compaction mold or CBR mold.

8.1.1 For cases where the CBR is desired at 100 % maximum dry unit weight and optimum water content, compact a specimen using the specified compaction procedure, either Test Methods D698 or D1557, from soil prepared to within ± 0.5 percentage point of optimum water content determined in accordance with Test Method D2216.

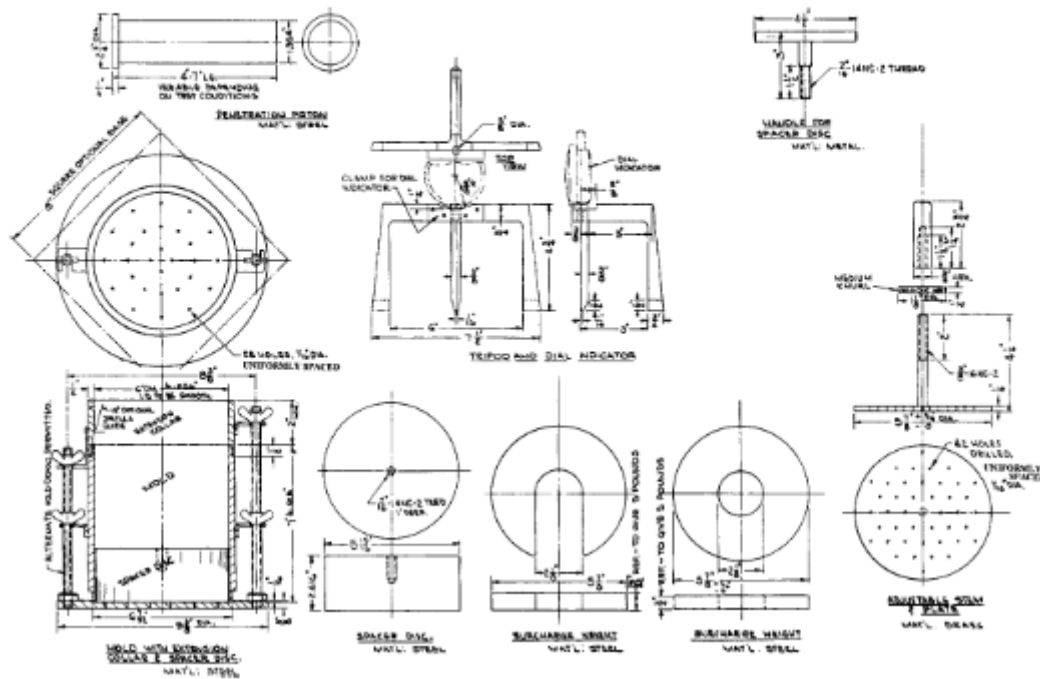
Note 3—Where the maximum dry unit weight was determined from compaction in the 4-in. (101.6-mm) mold, it may be necessary to compact specimens as described in 8.1.2, using 75 blows per layer or some other

value sufficient to produce a specimen having a density equal to or greater than that required.

8.1.2 Where the CBR is desired at optimum water content and some percentage of maximum dry unit weight, compact three specimens from soil prepared to within ± 0.5 percentage point of optimum water content and using the specified compaction but using a different number of blows per layer for each specimen. The number of blows per layer shall be varied as necessary to prepare specimens having unit weights above and below the desired value. Typically, if the CBR for soil at 95 % of maximum dry unit weight is desired, specimens compacted using 56, 25, and 10 blows per layer is satisfactory. Penetration shall be performed on each of these specimens.

8.2 Bearing Ratio for a Range of Water Contents—Prepare specimens in a manner similar to that described in 8.1 except that each specimen used to develop the compaction curve shall be penetrated. In addition, the complete water content-unit weight relationship for the 25-blow and 10-blow per layer compactions shall be developed and each test specimen compacted shall be penetrated. Perform all compaction in the CBR mold. In cases where the specified unit weight is at or near 100 % maximum dry unit weight, it will be necessary to include a compactive effort greater than 56-blows per layer (Note 3).

Note 4—A semilog log plot of dry unit weight versus compactive effort usually gives a straight line relationship when compactive effort in ft-lb/ft³ is plotted on the log scale. This type of plot is useful in establishing the



Note: 1—See Table 2 for metric equivalents.
FIG. 1 Bearing Ratio Test Apparatus

compactive effort and number of blows per layer needed to bracket the specified dry unit weight and water content range.

8.2.1 If the CBR test specimen is to be soaked, take a representative sample of the material for the determination of water content in accordance with Test Method D2216. If the compaction process is conducted under reasonable controlled temperatures (65 to 75 F (18 to 24 C) and the processed soil is kept sealed during the compaction process, only one representative water content sample is required. However if the compaction process is being conducted in an uncontrolled environment take two water content samples one at the beginning of compaction and another sample of the remaining material after compaction. Use Test Method D2216 to determine the water contents and average the two values for reporting. The two samples should not differ more than 1.5 percentage points to assume reasonable uniformity of the compacted specimen's water content.

8.2.2 If the sample is not to be soaked, take a water content sample in accordance with Test Methods D698 or D1557 if the average water content is desired.

8.2.3 Clamp the mold (with extension collar attached) to the base plate with the hole for the extraction handle facing down. Insert the spacer disk over the base plate and place a disk of filter paper on top of the spacer disk. Compact the soil-water mixture into the mold in accordance with 8.1, 8.1.1, or 8.1.2.

8.2.4 Remove the extension collar and carefully trim the compacted soil even with the top of the mold by means of a straightedge. Patch with smaller size material any holes that may have developed in the surface by the removal of coarse material. Remove the perforated base plate and spacer disk, weigh, and record the mass of the mold plus compacted soil. Place a disk of coarse filter paper on the perforated base plate, invert the mold and compacted soil, and clamp the perforated base plate to the mold with compacted soil in contact with the filter paper.

8.2.5 Place the surcharge weights on the perforated plate and adjustable stem assembly and carefully lower onto the compacted soil specimen in the mold. Apply a surcharge equal to the weight of the base material and pavement within 5 lbf (2.27 kg), but in no case shall the total weight used be less than 10 lbf (4.54 kg). If no pavement weight is specified, use 10 lbf (4.54 kg). The mass of the Expansion Measuring Apparatus is ignored unless its mass is more than 2.8 lbf (1.27 kg). Immerse the mold and weights in water allowing free access of water to the top and bottom of the specimen. Take initial measurements for swell and allow the specimen to soak for 96 h. Maintain a constant water level during this period. A shorter immersion period is permissible for fine grained soils or granular soils that take up moisture readily, if tests show that the shorter period does not affect the results. At the end of 96 h, take final swell

measurements and calculate the swell as a percentage of the initial height of the specimen.

8.2.6 Remove the free water and allow the specimen to drain downward for 15 min. Take care not to disturb the surface of the specimen during the removal of the water. It may be necessary to tilt the specimen in order to remove the surface water. Remove the weights, perforated plate, and filter paper, and determine and record the mass. The user may find it convenient to set the mold's base on the rim of a shallow pan to provide the tilt and carefully using a bulb syringe and adsorbent towels to remove free water.

9. Procedure for Bearing Test

9.1 Place a surcharge of weights on the specimen sufficient to produce an intensity of the loading specified; if no pavement weight is specified, use 10-lbf (4.54 kg) mass. If the specimen has been soaked previously, the surcharge shall be equal to that used during the soaking period. To prevent upheaval of soil into the hole of the surcharge weights, place the 5-lbf (2.27-kg) annular weight on the soil surface prior to seating the penetration piston, after which place the remainder of the surcharge weights.

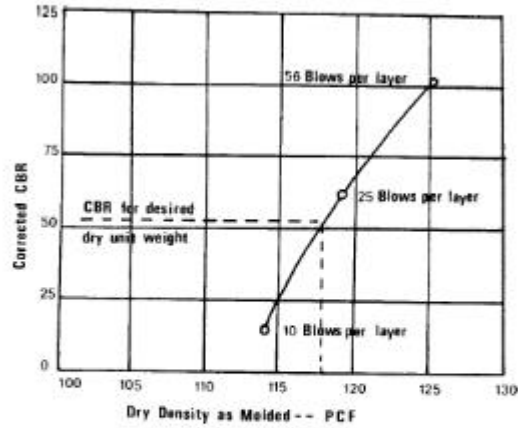
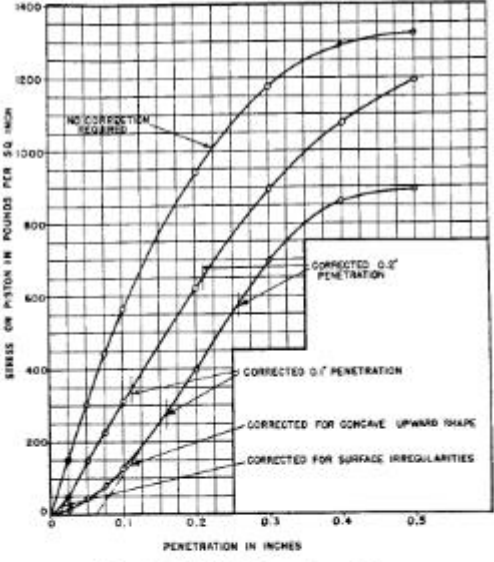


FIG. 3 Dry Density Versus CBR



NOTE 1—See Table 2 for metric equivalents.
FIG. 2 Correction of Load-Penetration Curves

9.2 Seat the penetration piston with the smallest possible load, but in no case in excess of 10 lbf (44 N). Either set both the load and penetration gauges to zero or make provisions to subtract any initial values from all subsequently collected data. This initial load is required to ensure satisfactory seating of the piston and shall be considered as the zero load when

determining the load penetration relation. Attach the penetrating measuring device in accordance with 6.1.2.

NOTE 5—At high loads the supports may torque and affect the reading of the penetration gauge. Checking the depth of piston penetration is one means of checking for erroneous strain indications.

9.3 Apply the load on the penetration piston so that the rate of penetration is approximately 0.05 in. (1.27 mm)/min. Record the load readings at penetrations of 0.025 in. (0.64 mm), 0.050 in. (1.27 mm), 0.075 in. (1.91 mm), 0.100 in. (2.54 mm), 0.125 in. (3.18 mm), 0.150 in. (3.81 mm), 0.175 in. (4.45 mm), 0.200 in. (5.08 mm), 0.300 in. (7.62 mm), 0.400 in. (10.16 mm) and 0.500 in. (12.70 mm). Note the maximum load and penetration if it occurs for a penetration of less than 0.500 in. (12.70 mm). With manually operated loading devices, it may be necessary to take load readings at closer intervals to control the rate of penetration. Measure the depth of piston penetration into the soil by putting a ruler into the indentation and measuring the difference from the top of the soil to the bottom of the indentation. If the depth does not closely match the depth of penetration gauge, determine the cause and test a new sample.

9.4 If the test specimen was previously soaked, remove the soil from the mold and determine the water content of the top 1-in. (25.4-mm) layer. Take the water content sample in accordance with Test Methods D698 or D1557. Each water content sample shall weigh not less than 100 g for fine-grained soils nor less than 500 g for granular soils.

NOTE 6—The load readings at penetrations of over 0.300 in. (7.6 mm) may be omitted if the testing machine's capacity has been reached.

10. Calculation

10.1 *Load-Penetration Curve*—Calculate the penetration stress in pounds per square inch or megapascals and plot the stress penetration curve. In some instances, the stresspenetration curve may be concave upward initially, because of surface irregularities or other causes, and in such cases the zero point shall be adjusted as shown in Fig. 2.

Note 7—Fig. 2 should be used as an example of correction of load-penetration curves only. It is not meant to imply that the 0.2-in. penetration is always more than the 0.1-in. penetration.

10.2 **Bearing Ratio**—Using corrected stress values taken from the stress penetration curve for 0.100 in. (2.54 mm) and 0.200 in. (5.08 mm) penetrations, calculate the bearing ratios for each by dividing the corrected stresses by the standard stresses of 1000 psi (6.9 MPa) and 1500 psi (10.3 MPa) respectively, and multiplying by 100. Also, calculate the bearing ratios for the maximum stress, if the penetration is less than 0.200 in. (5.08 mm) by interpolating the standard stress. The bearing ratio reported for the soil is normally the one at 0.100 in. (2.54 mm) penetration. When the ratio at 0.200 in. (5.08 mm) penetration is greater, rerun the test. If the check test gives a similar result, use the bearing ratio at 0.200 in. (5.08 mm) penetration.

Note 8—On occasion the testing agency may be requested to determine the CBR value for a dry density not represented by the laboratory compaction curve. For example, the corrected CBR value for the dry density at 95 % of maximum dry density and at optimum water content might be requested. A recommended method to achieve this value is to compact two or three CBR test specimens at the same molded water content but compact each specimen to different compaction energies to achieve a density below and above the desired value. The corrected CBR values are plotted against the dry density and the desired CBR value interpreted as illustrated in Fig. 3. For consistency the corrected CBR values should be of identical origin, for example, all either soaked or un-soaked and all either at 0.1 or 0.2 corrected penetration values.

10.3 Calculate the dry density, ρ_d , of the compacted specimen (before soaking) as follows:

$$\rho_d = \frac{M_{air}}{V_m}$$

where:

$$M_{air} = \frac{M_{m+ms} - M_m}{(1 + w_{sc})}$$

- M_{air} = dry mass of soil as compacted, Mg or g,
- M_{m+ms} = wet mass of soil as molded plus mold mass, Mg or g
- M_m = mold mass, Mg or g,
- w_{sc} = water content determination of representative scraps taken during the compaction process, and
- V_m = volume of mold (area of mold \times initial height), a calibrate value, m³ or cm³.

10.3.1 Conversion of dry density units:

$$\gamma_d = 9.8066 \times \rho_d, \text{ kN/m}^3$$

or,

$$\gamma_d = 62.428 \times \rho_d, \text{ lbf/ft}^3$$

where:

- γ_d = dry unit weight, kN/m³ or lbf/ft³,
- 9.8066 = conversion factor, Mg/m³ or g/cm³ to kN/m³, and
- 62.428 = conversion factor, Mg/m³ or g/cm³ to lbf/ft³.

10.4 If the test specimen was soaked, calculate the percent swell as follows:

$$s = \left(\frac{S}{h_i} \right) \times 100$$

where:

- s = swell that occurred during soaking, %,
- S = vertical swell determined from the final minus initial swell measurement, in. (mm)
- h_i = height of test specimen before swell, in. (mm).

11. Report

11.1 The report shall include, as a minimum, the following:

11.1.1 Method used for preparation and compaction of specimen: Test Methods D698 or D1557, or other, with description.

11.1.2 Condition of sample (unsoaked or soaked).

11.1.3 Dry density (unit weight) of sample as compacted (before soaking).

11.1.4 Water content of sample in percent:

11.1.4.1 As compacted.

11.1.4.2 Top 1-in (25.4-mm) layer after soaking.

11.1.5 Swell (percentage of initial height).

11.1.6 Bearing ratio of sample (unsoaked or soaked), percent.

11.1.7 Surcharge amount.

11.1.8 Any special sample preparation and testing procedures (for example, for self cementing materials).

11.1.9 Sample identification (location, boring number, etc.).

11.1.10 Any pertinent testing done to identify the sample such as: soil classifications per Test Method D2487, visual classification per Practice D2488, Atterberg Limits per Test Method D4318, gradation per Method D422, etc.

11.1.11 The percent material retained on the 19-mm sieve for those cases where scalping and replacement is used.

12. Precision and Bias

12.1 **Precision**—Test data on precision is not presented due to the nature of the materials tested by this test method. It is either not feasible or too costly at this time to have ten or more laboratories participate in a round-robin testing program. Notwithstanding this statement the following is offer for guidance:

12.1.1 One user, based on seven repetitions, has developed a IS % of 9.2 % (compacted per Test Method D698) and 6.9 % (compacted per Test Method D1557). See Appendix X1 for the data used.

12.1.2 Subcommittee D18.05 is seeking any data from the users of this test method that might be used to make a more thorough statement on precision.

12.2 **Bias**—There is no accepted reference value for this test method, therefore, bias cannot be determined.

13. Keywords

13.1 This standard is indexed under the following terms:

California Bearing Ratio	Used For, Narrower Term
Pavement Subgrade	Used For, Narrower Term
Subgrade	Related Term, Broader Term
Pavement Subbase	Used For, Narrower Term
Subbase	Used For, Broader Term
Pavement Base Course	Used For, Narrower Term
Base Course	Used For, Broader Term
Strength of Soil	Used For
Pavement Design	Used For, Narrower Term
Acceptance Tests	Used For
Bearing Capacity	Used For

Materials Evaluations
Bearing Ratio
Load Penetration Curve
Design
Earthfill
Cohesive Soils

Used For
Used For, Broader Term
Used For
Used For, Broader Term
Related To
Used For

Compressive Strength
Flexible Pavements
Foundation Investigations
Soil Tests

Used For
Used For
Used For
Used For

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1.

See Fig. X1.1 for more information.

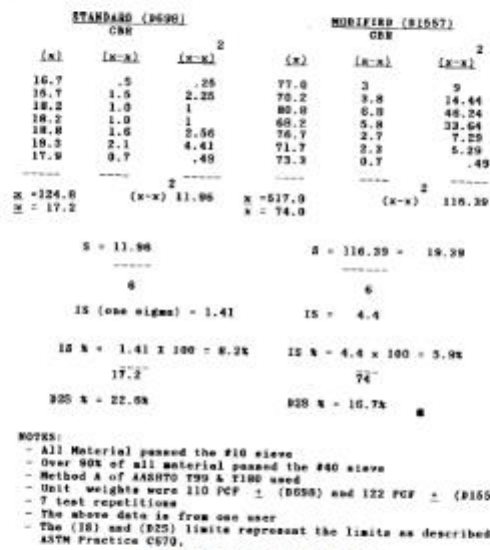



FIG. X1.1 Compactive Effort

SUMMARY OF CHANGES

Committee D18 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D1883 – 05) that may impact the use of this standard. (Approved November 15, 2007.)

- | | |
|--|--|
| <p>(1) Revised Section 1 to include requirements of significant digits.</p> <p>(2) Revised Section 1.1 to include Practice D6026.</p> <p>(3) Added new Section 3, Terminology.</p> <p>(4) Added note referencing Practice D3740 to Significance and Use section.</p> <p>(5) Added details to Apparatus section</p> <p>(6) Eliminated Note 8 that provided guidance for determining</p> | <p>CBRs for penetrations other than 0.1 and 0.2 in.</p> <p>(7) Eliminated old 9.4 and Figure 4 as these items pertain to engineering design.</p> <p>(8) Added formulas to Calculation section.</p> <p>(9) Modified the report section to include only essential information.</p> <p>(10) Modified Precision and Bias section to conform to D18 Standards Preparation Manual.</p> |
|--|--|

 **D1883 – 07^{e2}**

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9553 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%>GW, GP, SW, SP >12%>GM, GC, SM, SC 5 al 12%>casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
			SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
			SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.		
		SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas Límite líquido menor de 50		ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
					CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.							
Limos y arcillas Límite líquido mayor de 50	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.						
	CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.						
	OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.						
Suelos muy orgánicos		PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1A	SWOSP	1	Asfalto			
		2	Cemento Portland			
		3	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
1B	SW-SMo SP-SMo SW-SCo SP-PC	1	Asfalto	IP no excede de 10		
		2	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		3	Cal	IP no menos de 12		
		4	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
1C	SMo SC o SM-SC	1	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		2	Cemento Portland			
		3	Cal	IP no excede de 12		
		4	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
2A	GWO GP	1	Asfalto			Solamente material bien graduado
		2	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4
		3	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
2B	GWGVb GP-GMo GW-GCo GP-GC	1	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado
		2	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4
		3	Cal	IP no menor de 12		
		4	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
2C	GMo GC o GM- GC	1	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado
		2	Cemento Portland	B		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4
		3	Cal	IP no menos de 12		
		4	Cal-Cemento-Cenizas volante	IP no excede de 25		
3	CHo CLo MHo MLo QHo OLo ML-CL	1	Cemento Portland	LL no es menor de 40 IP no es menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		2	Cal	IP no menor de 12		
IP=índice Plástico (b) $IP = 20 + (50 - \text{Porcentaje que pasa la Malla N.º 200}) / 4$				Sin restricción u observación es necesario aditivo estabilizador	No	Fuente: US Army Corps of Engineers

Fuente: RD. N° 10-2014/MTC/14, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, Perú, 09 de abril del 2014.

Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo	Dosificación	curado (Apertura Al Tránsito)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL > 40% IP 18% CVD < 1.0% ^{1,2} Sulfatos (SO) < 0.2% Abrasión < 50% ¹ Durabilidad SO CA .AF ≤ 10% .AG ≤ 12% Durabilidad SO Mg .AF ≤ 15% .AG ≤ 18%	2-12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2 y A-3 Pasante malla N.º 200 ≤ 10% IP 8% CVD < 1.0% ^{1,2} Sulfatos (SO) < 0.2% Abrasión < 50% ¹ Durabilidad SO CA .AF ≤ 10% .AG ≤ 12% Durabilidad SO Mg .AF ≤ 15% .AG ≤ 18%	2-12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CVD (2) < 3.0% Sulfatos (SO) < 0.2% Abrasión < 50%	2-8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50% se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CVD (2) < 3.0% Sulfatos (SO) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CVD (2) < 3.0% Abrasión < 50%	50-80 kg/m³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CVD (2) < 3.0% Ph mínimo 5 Abrasión < 50%	50-80 kg/m³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CVD (2) No debe contener Abrasión < 50% % N.º 200: 10-35%	1L/30-33 m³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites Sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CVD (2) < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

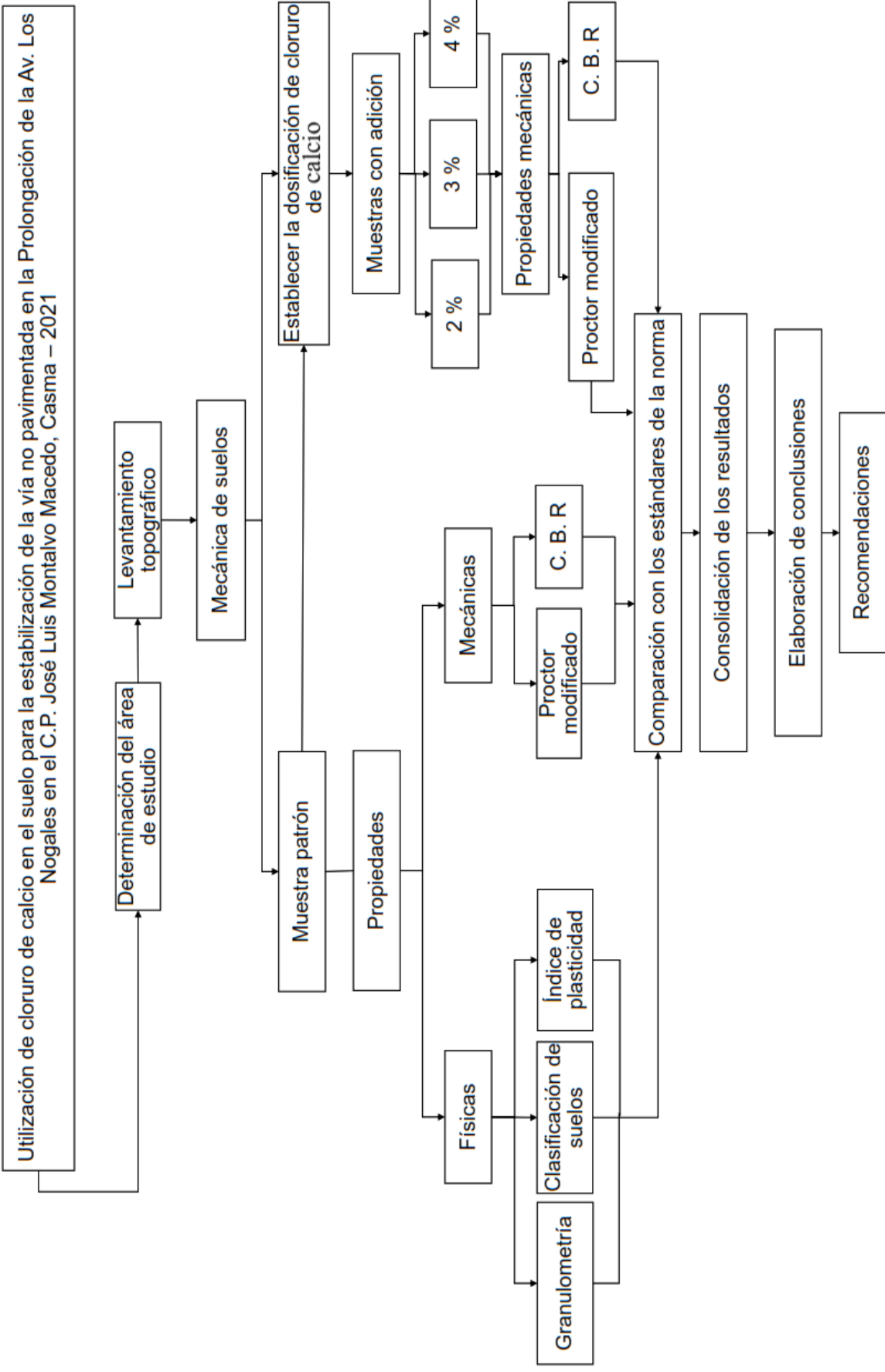
Fuente: R.D. N.º 10-2014/MTC/14, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, Perú, 09 de abril del 20

Clasificación de los suelos según AASHTO

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N.º 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N.º 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2 mm.) Nº 40 (0,425 mm.) Nº 200 (0,075 mm.)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 mín. 10 máx.	- - 35 máx.				- - 36 mín.			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N.º 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.		- NP (1)	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. (2) 11 mín.
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017

Anexo 5: Diagrama de flujo



*Anexo 6: Ensayos
de mecánica de
suelos*



Ingenieros SAC

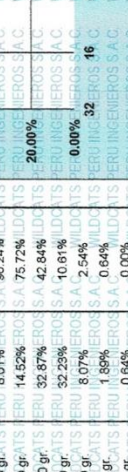
Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

DATOS GENERALES

Solicitante: Cashpa Jara John Wilmer, Pilihuaman Coavalente Anderson Jairo
Ubicación: Probancajon Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Caserna
Fecha: 22-Abr-22
Muestra: C-03
M: 03
0% CaCl2

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D - 422)



Tamiz ASTM	Retenido (gr)	Porcentaje que pasa (%)
#1	0.075	0.00%
#10	0.150	0.00%
#20	0.250	0.00%
#30	0.300	0.00%
#40	0.425	0.00%
#60	0.600	0.00%
#100	1.000	0.00%
#200	0.850	0.00%

ANEXOS

Grava (%)	0.00%
Arena (%)	97.46%
Fines (%)	2.54%
Limite liquido	PROBADO
Limite Plastico	PROBADO
Indice de Plasticidad	PROBADO
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASHTO	A-2-4
Contenido de Humedad	2.82

Wildcats Peru Ingenieros SAC
Calle Miraflores Alto - Chimbote
Tel: 938124054 - 946445353
Correo Electronico: wildcats_peru Ingenieros@outlook.com
Wpsac2013@hotmail.com

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Wildcats Peru Ingenieros SAC

Wildcats Peru Ingenieros SAC

Wildcats Peru Ingenieros SAC

Wildcats Peru Ingenieros SAC

Wildcats Peru Ingenieros SAC



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

DATOS GENERALES

Solicitante: Cashpa Jara John Wilmer, Pihluaman Cosavalente Anderson Jair
Ubicación: Prolongacion Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha: Abr-22

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra: C - 02
M - 02
0% Caci

ENSAYOS DE LIMITE DE CONSISTENCIA METODO ASTM D-423/424 Y AASHTO T-89/90

DATOS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Nro DE CAPSULA

PESO TARA + SUELO HUMEDO

PESO TARA + SUELO SECO

PESO DE LA TARA

PESO DEL AGUA

PESO DEL SUELO SECO

HUMEDAD

Nro DE GOLPES

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

LIMITE LIQUIDO

NP

LIMITE PLASTICO

NP

INDICE DE PLASTICIDAD

NP

NO PRESENTA

Nro. DE GOLPES

CONTENIDO DE HUMEDAD %

0

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

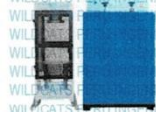
WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Ing. Rafael Armando Charcape Miraya
CIP N° 100028 - CONSULTOR C-1332
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. JI - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbo

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electronico: Wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

DATOS GENERALES	
Solicitante:	Cashpa Jara John Wilmer, Pillhuanan Cosavalente Anderson Jair
Ubicación:	Prolongacion Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha:	Abr-22

DATOS DE LA MUESTRA	
Muestra:	C - 03 M - 03 0% Caci

ENSAYOS DE LIMITE DE CONSISTENCIA METODO ASTM D-423/424 Y AASHTO T-89/90

DATOS DE LA MUESTRA		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro DE CAPSULA			
PESO TARA + SUELO HUMEDO			
PESO TARA + SUELO SECO			
PESO DE LA TARA		NO PRESENTA	
PESO DEL AGUA			
PESO DEL SUELO SECO			
HUMEDAD			
Nro DE GOLPES			

DIAGRAMA DE FLUIDEZ		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD %	Nro. DE GOLPES		NP	NP



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charco Miraya
Ing. Rafael Armando Charco Miraya
CIP No. 10002 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 938124054 - 946445353
Correo Electrónico: wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante: **Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair**
Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la
Proyecto: **Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2022**
Ubicación: **Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma**
Fecha: **Abr-22**

DATOS DE LA MUESTRA

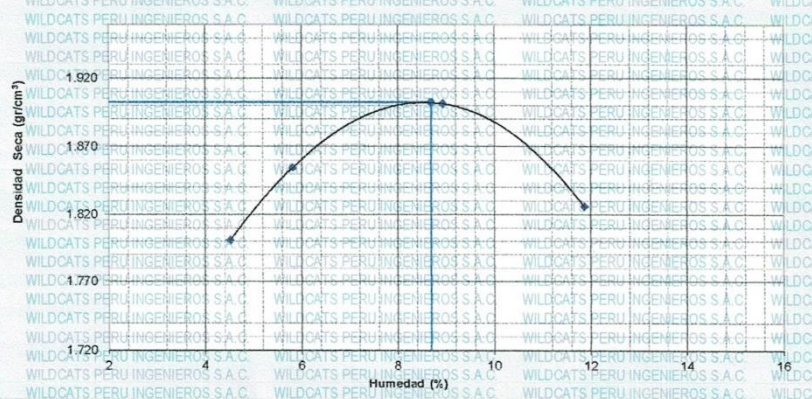
Muestra: **C - 01**
M - 01
0% CaCl2

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

METODO "A"

Nº PRUEBA	1	2	3	4
Nº DE CAPAS	5	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25	25
PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO	6510 gr	6680	6910	6850
PESO DEL MOLDE	2520 gr	2520	2520	2520
PESO SUELO COMPACTADO	3990	4160	4390	4330
VOLUMEN DEL MOLDE	2120 cm ³	2120	2120	2120
DENSIDAD HUMEDA	1.882 gr/cm ³	1.962	2.071	2.042
HUMEDAD				
Nº DE TARA	1	2	3	4
TARA + SUELO HUMEDO	109.1 gr	110.8	114.7	117.2
TARA + SUELO SECO	104.8 gr	105.3	106.1	105.8
PESO DEL AGUA	4.3 gr	5.5	8.6	11.4
PESO DE LA TARA	9.7 gr	10.7	9.8	9.7
PESO SUELO SECO	95.1 gr	94.6	96.3	96.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.5 %	5.8	8.9	11.9
DENSIDAD SECA	1.801 gr/cm ³	1.854	1.901	1.826
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.802 gr/cm ³			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	8.89 %			

CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.

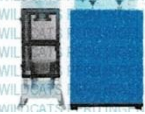
Ing. Rafael Armando Charocho Miraliga
CIP Nº 100726 - CONSULTOR (C-1335)
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. JI - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpsic2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante: Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2022
Ubicación: Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha: Abr-22

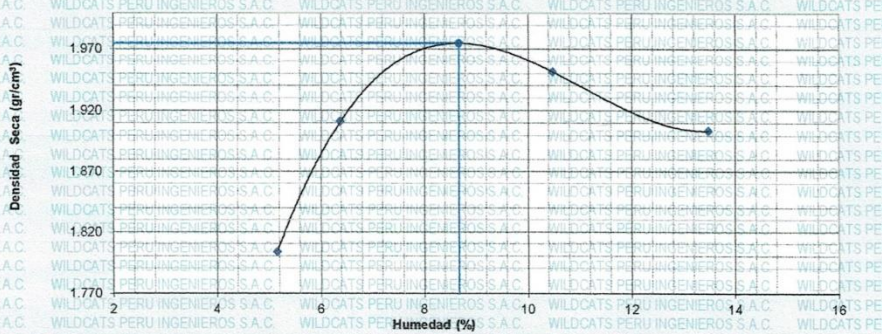
DATOS DE LA MUESTRA

Muestra: WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C. C - 02
M - 02
0% CaCl2

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 METODO "A"

		METODO "A"			
Nº PRUEBA		1	2	3	4
Nº DE CAPAS		5	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA		25	25	25	25
PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO	gr	6540	6830	7090	7100
PESO DEL MOLDE	gr	2520	2520	2520	2520
PESO SUELO COMPACTADO	gr	4020	4310	4570	4580
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2120	2120	2120	2120
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	1.896	2.033	2.156	2.160
HUMEDAD					
Nº DE TARA					
TARA + SUELO HUMEDO	gr	107.8	113.5	116.2	121.1
TARA + SUELO SECO	gr	103.0	107.3	106.1	107.8
PESO DEL AGUA		4.8	6.2	10.1	13.3
PESO DE LA TARA	gr	9.9	10.2	9.7	9.2
PESO SUELO SECO	gr	93.1	97.1	96.4	98.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.2	6.4	10.5	13.5
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.803	1.911	1.951	1.904
MAXIMA DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.975			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.67			

CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Ing. Rafael Armando Charco Miroja
CIP Nº 100726 - CONSULTOR C 1332
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación.
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante: Cashpa Jara John Wilmer, Pillhuaman Cosavalente Anderson Jair
 Proyecto: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2022
 Ubicación: Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
 Fecha: Abr-22

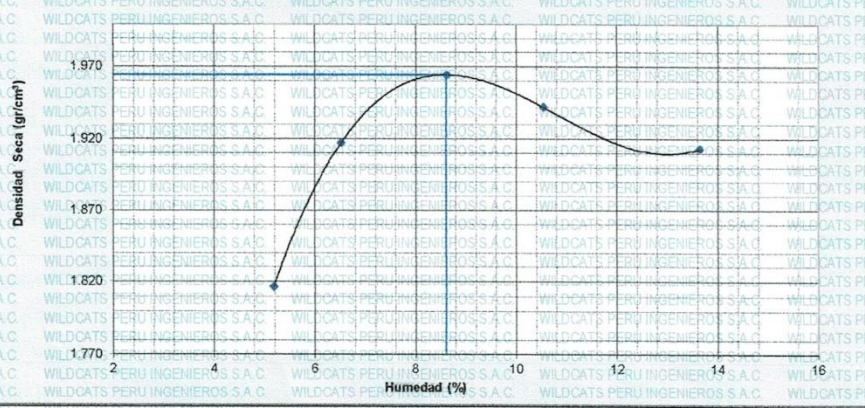
DATOS DE LA MUESTRA

Muestra: C - 03
 M - 03
 0% CaCl₂

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 METODO "A" METODO "A"

Nº PRUEBA		1	2	3	4
Nº DE CAPAS		5	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA		25	25	25	25
PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO	gr	6570	6850	7070	7130
PESO DEL MOLDE	gr	2520	2520	2520	2520
PESO SUELO COMPACTADO	gr	4050	4330	4550	4610
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2120	2120	2120	2120
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.910	2.042	2.146	2.175
HUMEDAD					
Nº DE TARA					
TARA + SUELO HUMEDO	gr	108.7	111.3	118.6	122.2
TARA + SUELO SECO	gr	103.8	105.1	108.2	108.7
PESO DEL AGUA	gr	4.9	6.2	10.4	13.5
PESO DE LA TARA	gr	9.2	10.1	9.5	9.8
PESO SUELO SECO	gr	94.6	95.0	98.7	98.9
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.2	6.5	10.5	13.7
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.816	1.917	1.942	1.913
MAXIMA DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.964			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.81			

CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
 Ing. Rafael Armando Charcas Mijangas
 CIP Nº 100725 - CONSULTOR CIVIL
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpsac2013@hotmail.com



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihuanan Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma.
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-1
Muestra : M-1
CaC2 : 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	1.902		
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.69		
MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Contenido de Humedad (%)	8.69	8.69	8.69
Densidad Seca (gr/cm³)	1.902	1.804	1.702
MOLDE N°	I	II	III
Penetración (lb/pulg²)	0.1	0.1	0.1
Presión Aplicada (lb/pulg²)	126	126	89
Presión Patrón (lb/pulg²)	1000	1000	1000
C.B.R. (%)	16.5	12.6	8.9

APLICACIÓN DE CARGA

	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
Penetración (pulg)			
0.025	31	16	5
0.050	45	29	25
0.075	74	47	43
0.100	115	68	50
0.150	196	124	94
0.200	249	177	117
0.250	312	229	151
0.300	366	265	180
0.400	431	297	218
0.500	445	285	243
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1"	% 16.5		
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1"	% 12.7		

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio	%	No Presenta		



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.

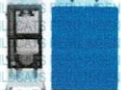
Rafael Chacabarro
Ing. Rafael Armando Chacabarro Miraglia
CIP N° 100028 - CONSULTOR C13312
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

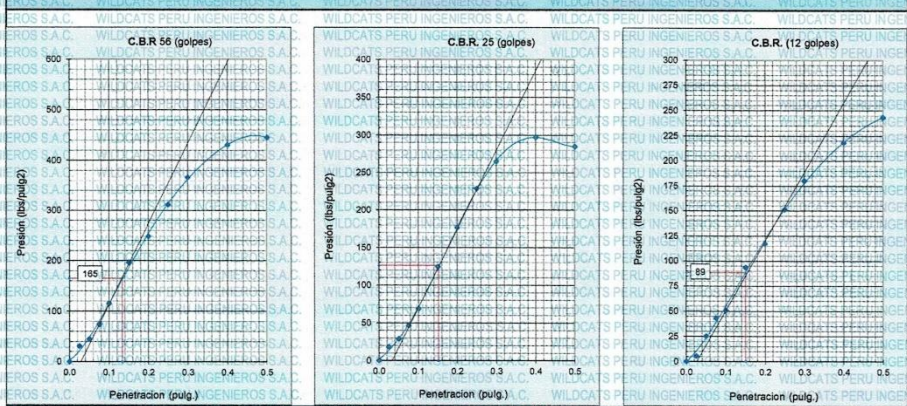
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

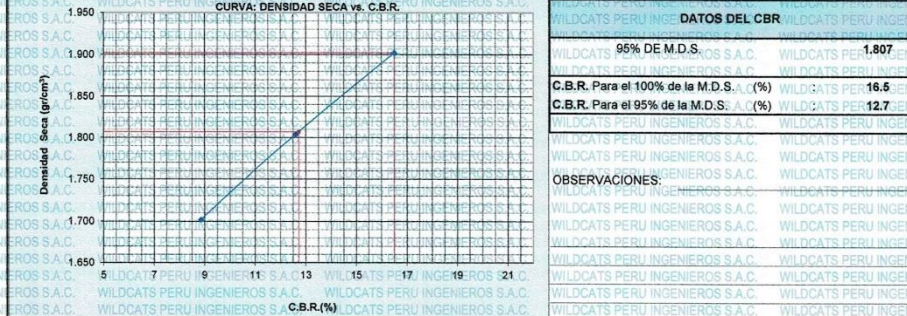
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : VC - 1
Muestra : VM - 1
CaCl₂ : 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



DATOS DEL CBR	
95% DE M.D.S.	1.807
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. A.C (%)	16.5
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. A.C (%)	12.7

OBSERVACIONES:



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charco Miranda
Ing. Rafael Armando Charco Miranda
CIP Nº 100726 - CONSULTOR C-13392
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de
Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma.
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-2
Muestra : M-2
CaC2 : 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	1.975		
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.67		
MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Contenido de Humedad (%)	8.67	8.67	8.67
Densidad Seca (gr/cm³)	1.975	1.880	1.786
Penetración	0.1 C	0.1 C	0.1 C
Presión Aplicada (Lb/pulg²)	121	158	83
Presión Patrón (Lb/pulg²)	1000 C	1000 C	1000 C
C.B.R. (%)	15.8	12.1	8.3

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)		
		MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	22	18	18	18
0.050	52	32	32	23
0.075	84	48	48	41
0.100	113	70	70	47
0.150	190	113	113	90
0.200	235	169	169	110
0.250	314	230	230	147
0.300	365	253	253	192
0.400	413	298	298	217
0.500	422	278	278	225
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1"	%	15.8		
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1"	%	12.0		

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
		0.000	0.000	0.000
		24.0	0.000	0.000
		48.0		
		72.0		
		96.0		
Expansión Promedio	%	No Presenta		



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.

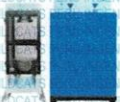
Rafael Armando Charape Minda
Ing. Rafael Armando Charape Minda
CIP N° 100026 - CONSULTOR C13332
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpiscat2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cementación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

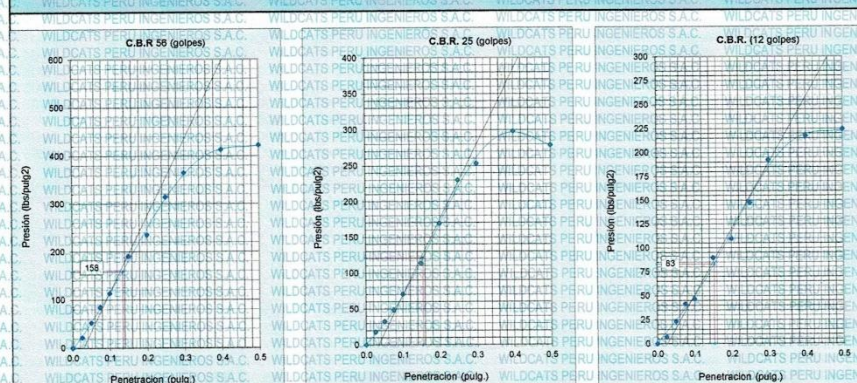
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihuanman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

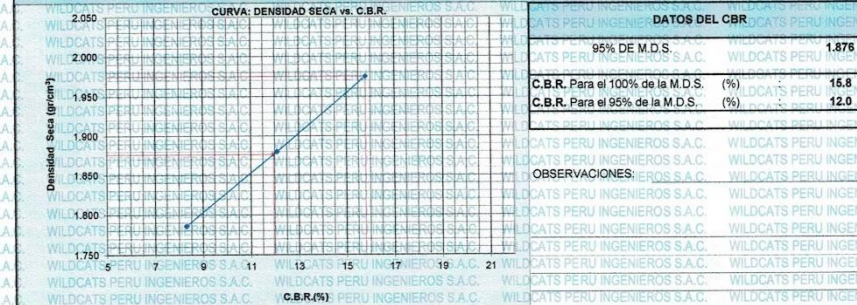
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 2
Muestra : M - 2
CaCl2 : 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



DATOS DEL CBR	
95% DE M.D.S.	1.876
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	16.8
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	12.0

OBSERVACIONES:



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charco Miraya
Ing. Rafael Armando Charco Miraya
CIP Nº 100028 - CONSULTOR C14392
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 938124054 - 946445353
Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estado de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavaiente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma.
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-3
Muestra : M-3
CaCl2 : 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	1.964		
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.61		
MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Contenido de Humedad (%)	8.61	8.61	8.61
Densidad Seca (gr/cm³)	1.964	1.866	1.764
Penetración (lb/pulg²)	0.1	0.1	0.1
Presión Aplicada (lb/pulg²)	154	87	87
Presión Patrón (lb/pulg²)	1000	1000	1000
C.B.R. (%)	16.4	11.8	8.7

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	CORRECCIÓN		
		MOLDE 1 (Lb/pulg ²)	MOLDE 2 (Lb/pulg ²)	MOLDE 3 (Lb/pulg ²)
0.025	26	13	7	7
0.050	48	28	20	20
0.075	83	48	39	39
0.100	118	55	48	48
0.150	199	114	99	99
0.200	250	169	110	110
0.250	330	232	155	155
0.300	370	265	199	199
0.400	440	304	238	238
0.500	455	280	250	250

EXPANSION				
FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio	%	No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1"	%	16.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1"	%	11.8



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armandó Chacopé Miraya
Ing. Rafael Armandó Chacopé Miraya
CIP N° 100028 - CONSULTOR C13392
SEPE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

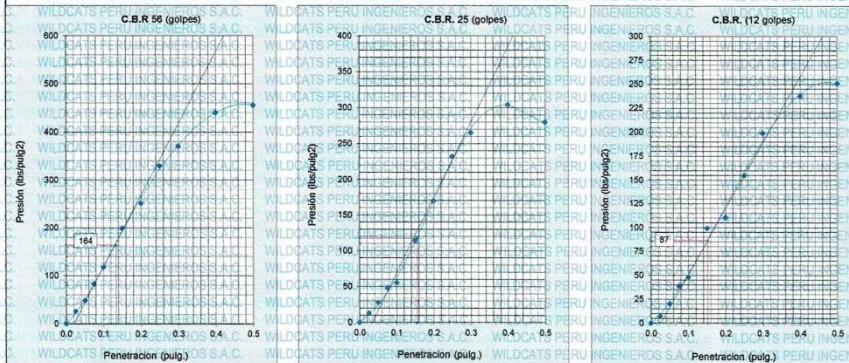
INFORME

Solicitante: Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalete Anderson Jair
Proyecto: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar: Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha: May-22

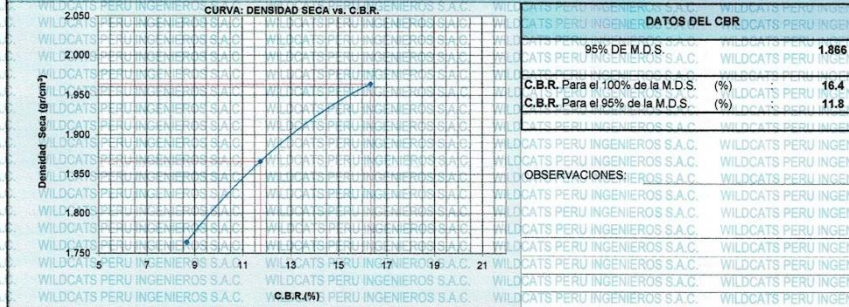
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata: C - 3
Muestra: M - 3
CaCl2: 0.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charca Miruya
Ing. Rafael Armando Charca Miruya
CIP 100720 - CONSULTOR C13392
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavale Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22 2021

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 1
Muestra : M - 1
CaCl2 : 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	1.935
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.75
MOLDE N°	I
N° de capas	5
Numero de golpes/capa	56
Contenido de Humedad (%)	10.75
Densidad Seca (gr/cm³)	1.935
MOLDE N°	II
N° de capas	5
Numero de golpes/capa	25
Contenido de Humedad (%)	10.75
Densidad Seca (gr/cm³)	1.837
MOLDE N°	III
N° de capas	5
Numero de golpes/capa	12
Contenido de Humedad (%)	10.75
Densidad Seca (gr/cm³)	1.745

Penetración	0.1
Presión Aplicada (Lb/pulg²)	185
Presión Patrón (Lb/pulg²)	1000
C.B.R. (%)	18.5

APLICACIÓN DE CARGA

Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE		
	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	39	14	9
0.050	55	43	23
0.075	98	61	52
0.100	1000	146	77
0.150	1000	157	127
0.200	1500	300	214
0.250	407	293	186
0.300	1900	473	323
0.400	2300	530	366
0.500	2600	512	337

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
		0.000	0.000	0.000
		24.0	0.000	0.000
		48.0		
		72.0		
		96.0		
Expansión Promedio	%	No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" **18.5**
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" **14.5**



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Charupe Miraya
Ing. Rafael Armando Charupe Miraya
Cof. N° 100728 - CONSULTOR C13392
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de
Cimentación y Pavimentación
RUC 2056916852 - Reg. Consultor C 60112

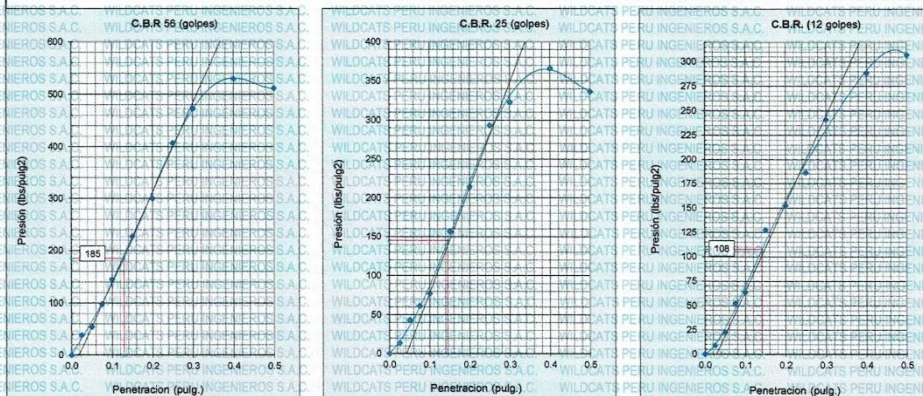
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihhuaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto C.: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

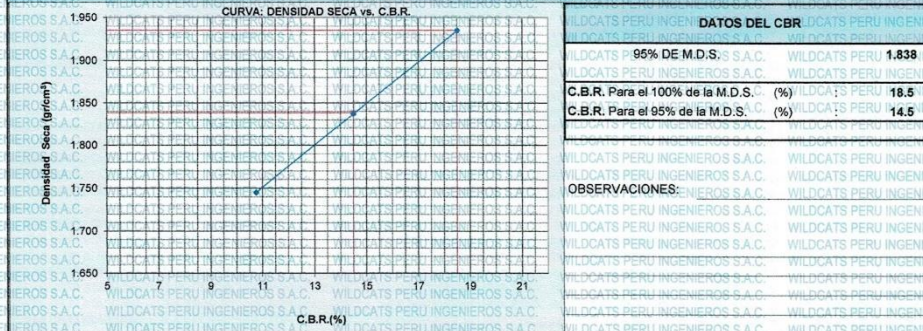
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata A.C.: C-1
Muestra : M-1
CaCl₂ : 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



OBSERVACIONES:



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Ing. Rafael Armando Charco Minaya
 CIP N° 100728 - CONSULTOR C13392
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 938124054 - 946445333
Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
 Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavale Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 2
Muestra : M - 2
CaCl2 : 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.954
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.78

MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada
5	0.1	202	145	5	0.1	145	5	0.1	112
56	1000	1000	1000	25	1000	1000	12	1000	1000
1.954	20.2	14.5	11.2	1.884	20.2	14.5	1.758	20.2	14.5

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE		
		MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	23	19	12	
0.050	61	37	33	
0.075	110	63	58	
0.100	159	87	65	
0.150	236	161	138	
0.200	316	213	150	
0.250	419	288	203	
0.300	468	341	239	
0.400	554	377	292	
0.500	571	360	311	

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio %		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" : 20.2
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" : 14.6



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcano Miranda
Ing. Rafael Armando Charcano Miranda
C# AP 100726 - CONSULTOR C13362
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpiscas2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

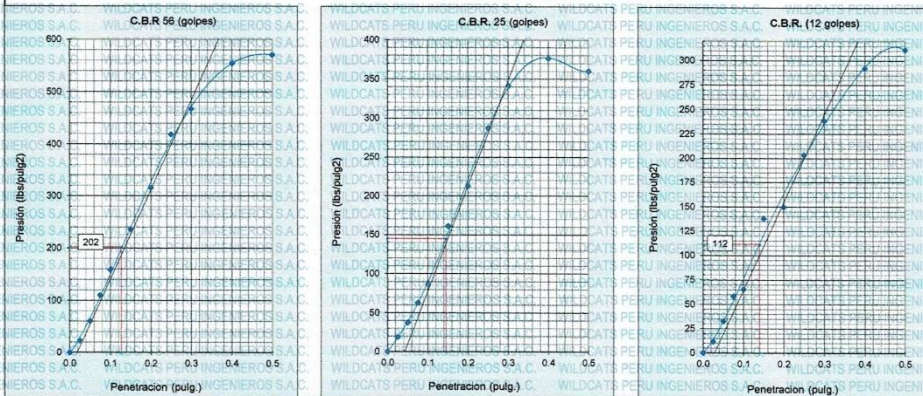
INFORME

#REFI : Cashpa Jara John Wilmer, Pihuanan Cosavaleante Anderson Jair
Proyecto C.: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C.
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

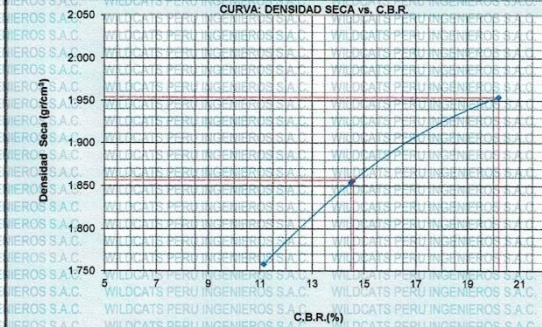
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata A.C.: C - 2
Muestra A.C.: M - 2
CaCl2 A.C.: 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



DATOS DEL CBR	
95% DE M.D.S.	1.886
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	20.2
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	14.6

OBSERVACIONES:



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Chacra Miraya
Ing. Rafael Armando Chacra Miraya
CIP Nº 100726 - CONSULTOR C13322
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpiscas2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pillhuaman Cosavaleante Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 3
Muestra : M - 3
CaCl2 : 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.941
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.48

MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada
5	0.1	202	1000	5	0.1	150	5	0.1	106
56	11.48	11.48	11.48	25	11.48	11.48	12	11.48	11.48
1.941	1.866	1.764							

Densidad Seca (gr/cm³) : 1.941, 1.866, 1.764
C.B.R. (%) : 20.2, 15.0, 10.6

APLICACION DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	CORRECCION		
		MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	43	14	12	
0.050	48	43	34	
0.075	113	70	58	
0.100	1000	156	91	65
0.150	245	156	125	
0.200	1500	322	236	154
0.250	409	303	200	
0.300	1900	488	358	257
0.400	2300	563	399	296
0.500	2600	577	382	317

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio %		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" : 20.2
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" : 13.9



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcano Muraya
 Ing. Rafael Armando Charcano Muraya
 CIP N° 100726 - CONSULTOR C13392
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

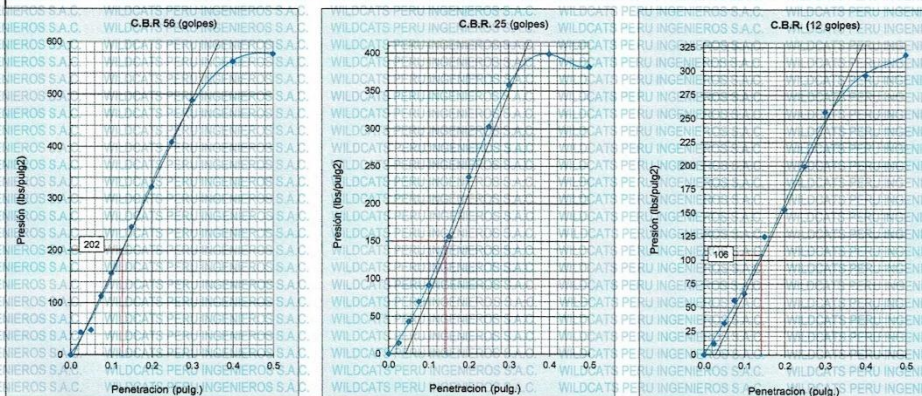
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihluaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto C. : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

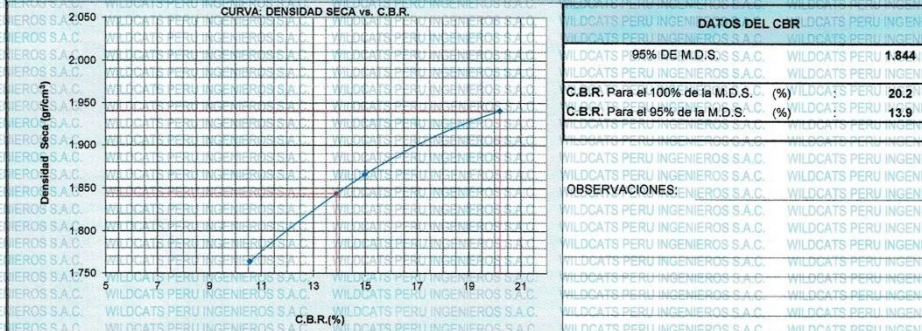
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 3
Muestra : M - 3
CaCl2 : 2.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcope Mirzuya

Ing. Rafael Armando Charcope Mirzuya

CIP Nº 100728 - CONSULTOR C13332

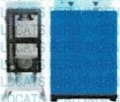
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalete Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 1
Muestra : M - 1
CaCl₂ : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.098		
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.91		
MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Contenido de Humedad (%)	12.91	12.91	12.91
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.098	1.834	1.738
MOLDE N°	I	II	III
Penetración	0.1	0.1	0.1
Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	225	164	122
Presión Patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000
C.B.R. (%)	22.5	16.4	12.2

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE		
		MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	41	19	14	
0.050	63	49	41	
0.075	126	77	55	
0.100	189	93	71	
0.150	277	189	156	
0.200	368	255	181	
0.250	472	337	244	
0.300	560	398	299	
0.400	650	464	337	
0.500	680	444	351	

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio	%	No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" % **22.5**
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" % **20.5**



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
 Ing. Rafael Armando Charco Miranda
 CIP N° 100425 - CONSULTOR C-13992
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cementación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jairo
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 2
Muestra : M - 2
CaCl2 : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.121
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.10

MOLDE N°	I			II			III			MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada		N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada	N° de capas	Penetración	Presión Aplicada
	5	0.1	224	5	0.1	167	5	0.1	120		1000	22.4	1000	16.7	1000	12.0	1000	12.0	
	56			25			12												
	13.10			13.10			13.10												
	2.121			1.854			1.758												

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	CORRECCION		
		MOLDE 1 (Lb/pulg ²)	MOLDE 2 (Lb/pulg ²)	MOLDE 3 (Lb/pulg ²)
0.025	29	20	14	
0.050	60	54	40	
0.075	117	83	63	
0.100	1000	180	94	83
0.150	306	191	148	
0.200	1500	374	263	171
0.250	497	363	237	
0.300	1900	594	425	303
0.400	2300	660	474	351
0.500	2600	694	434	380

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio (%)		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" : 22.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" : 20.5



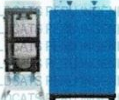
Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charcape Miranda
Ing. Rafael Armando Charcape Miranda
CIP N° 100923 - CONSULTOR C13362
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cementación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

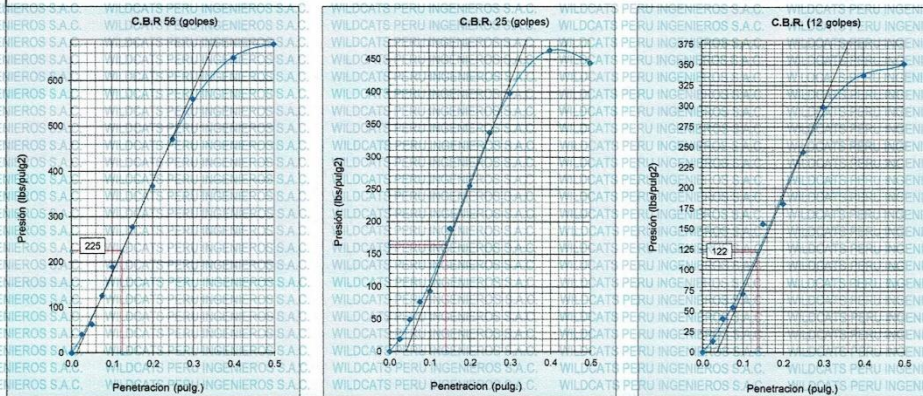
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihhuaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto c.: Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

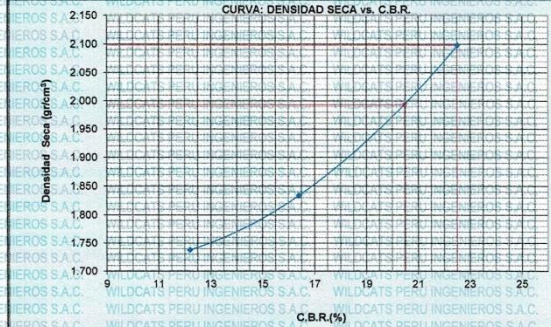
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata A.C.: C-1
Muestra : M-1
CaCl2 : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



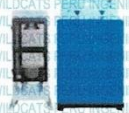
DATOS DEL CBR	
95% DE M.D.S.	1,993
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	22.5
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	20.5

OBSERVACIONES:



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Characay Miranda
CIP Nº 100728 - CONSULTOR C-13362
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Cehular: 938124054 - 946445353
Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavaleto Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 3
Muestra : M - 3
CaCl2 : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.166
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.98

MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	
Penetración	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	231	166	124	1000	1000	1000	1000	1000	
Presión Patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
C.B.R. (%)	23.1	16.6	12.4	23.1	16.6	12.4	23.1	16.6	

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	Correccion (Lb/pulg ²)	
0.025	48	23	8	79	54	39	138	73	56	
0.050	79	54	39	100	186	107	302	193	149	
0.075	138	73	56	1500	186	107	302	193	149	
0.100	186	107	76	1500	372	254	1900	575	397	
0.150	302	193	149	1500	502	355	2600	665	468	
0.200	450	290	216	1500	502	355	2600	665	468	
0.250	600	390	288	1500	502	355	2600	665	468	
0.300	750	487	360	1500	502	355	2600	665	468	
0.400	1000	640	480	1500	502	355	2600	665	468	
0.500	1250	800	600	1500	502	355	2600	665	468	

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24.0	0.000	0.000	0.000	0.000
48.0	0.000	0.000	0.000	0.000
72.0	0.000	0.000	0.000	0.000
96.0	0.000	0.000	0.000	0.000
Expansión Promedio %		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" % DCATS PERU **23.1**
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" % **21.2**



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.

Ing. Rafael Armando Charco Miranda
CIP N° 100728 - CONSULTOR C-13372
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 2056916852 - Reg. Consultor C 60112

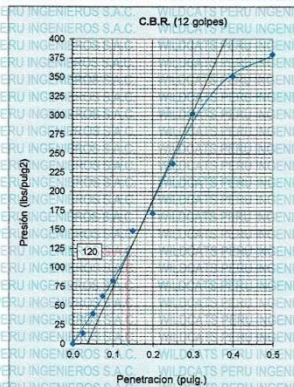
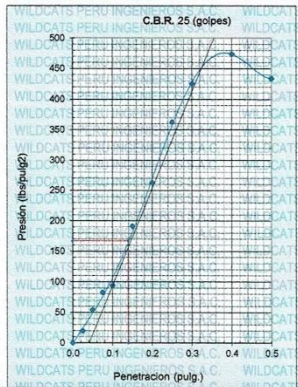
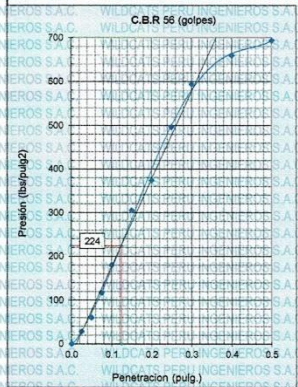
INFORME

#REF: : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalete Anderson Jair
 Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C.
 Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
 Fecha : May-22

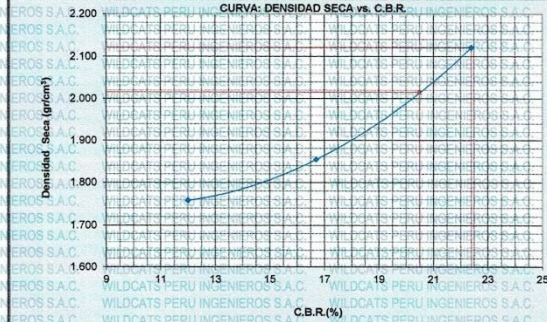
DATOS DE LA MUESTRA

Celulosa : C - 2
 Muestra : M - 2
 CaCl2 : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



DATOS DEL CBR

95% DE M.D.S.	2015
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	22.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	20.5

OBSERVACIONES:



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
 Ing. Rafael Armando Charape Miranda
 CIP N° 100728 - CONSULTOR C13392
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpiscap2013@hotmail.com



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

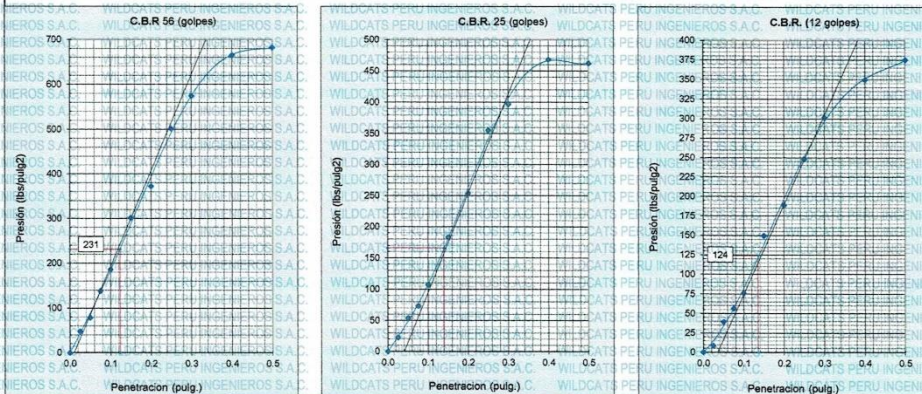
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihhuaman Cosavaleante Anderson Jair
Proyecto C : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calificata A.C. : C-3
Muestra : M-3
CaCl2 : 3.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
 Ing. Rafael Armando Charcoyle Mungay
 CIP N° 100726 - CONSULTOR C13302
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
 Celular: 938124054 - 946445353
 Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com



Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilihuman Cosavalete Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata C. : C - 3
Muestra C. : M - 4
CACI2 C. : 4.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.983
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.70

MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5
Penetración	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	207	152	118	207	152	118	207	152	118
Presión Patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C.B.R. (%)	20.7	15.2	11.8	20.7	15.2	11.8	20.7	15.2	11.8

APLICACIÓN DE CARGA

Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)
0.025	38	15	13	38	15	13	38	15	13
0.050	68	45	25	68	45	25	68	45	25
0.075	121	73	55	121	73	55	121	73	55
0.100	159	81	73	159	81	73	159	81	73
0.150	262	151	144	262	151	144	262	151	144
0.200	340	244	159	340	244	159	340	244	159
0.250	451	317	224	451	317	224	451	317	224
0.300	514	358	262	514	358	262	514	358	262
0.400	582	421	325	582	421	325	582	421	325
0.500	590	403	350	590	403	350	590	403	350

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24.0	0.000	0.000	0.000	0.000
48.0	0.000	0.000	0.000	0.000
72.0	0.000	0.000	0.000	0.000
96.0	0.000	0.000	0.000	0.000
Expansión Promedio %		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" % 20.7
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" % 14.8

WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Characpe Mungu

Ing. Rafael Armando Characpe Mungu

CIP N° 100728 - CONSULTOR C13392

JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

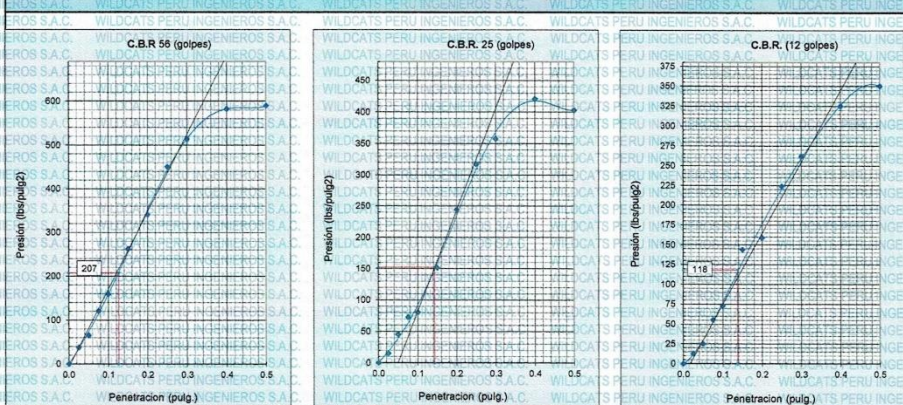
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C.
Lugar : P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Fecha : May-22

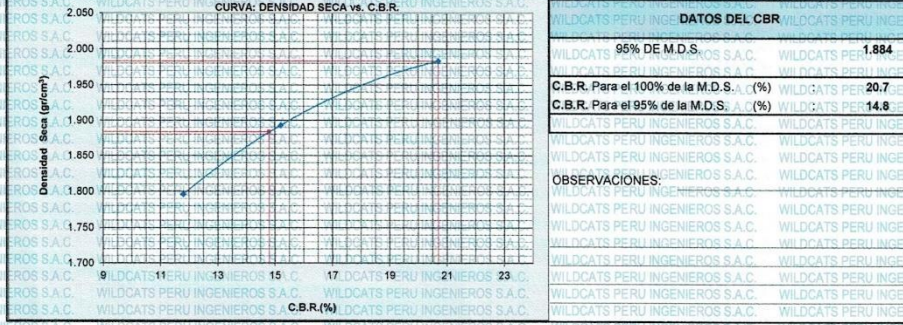
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : VC - 1
Muestra : M - 1
Caciz : 4.00%

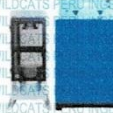
ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



Wildcats Peru Ingenieros S.A.C.
Rafael Armando Charcape Minaya
Ing. Rafael Armando Charcape Minaya
CIP N° 100726 - CONSULTOR C-13322
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 938124054 - 946445353
Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com
Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pillhuanan Cosavalete Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata: C - 2
Muestra: M - 2
CACI2: 4.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.989
Óptimo Contenido de Humedad (%) 12.05

MOLDE N°	I			II			III		
	N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5
Penetración	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	214	155	120	214	155	120	214	155	120
Presión Patrón (Lb/pulg ²)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
C.B.R. (%)	21.4	15.5	12.0	21.4	15.5	12.0	21.4	15.5	12.0

APLICACIÓN DE CARGA

Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)	Corrección (Lb/pulg ²)
0.025	47	18	8	47	18	8	47	18	8
0.050	57	42	39	57	42	39	57	42	39
0.075	104	68	67	104	68	67	104	68	67
0.100	172	99	73	172	99	73	172	99	73
0.150	266	164	143	266	164	143	266	164	143
0.200	355	250	177	355	250	177	355	250	177
0.250	454	321	224	454	321	224	454	321	224
0.300	537	383	284	537	383	284	537	383	284
0.400	605	425	334	605	425	334	605	425	334
0.500	626	397	339	626	397	339	626	397	339

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE		
		I	II	III
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24.0	0.000	0.000	0.000	0.000
48.0	72.0			
96.0				
Expansión Promedio (%)		No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" 21.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" 16.9



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcape Méndez
Ing. Rafael Armando Charcape Méndez
CIP N° 400725 - CONSULTOR C 13392
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

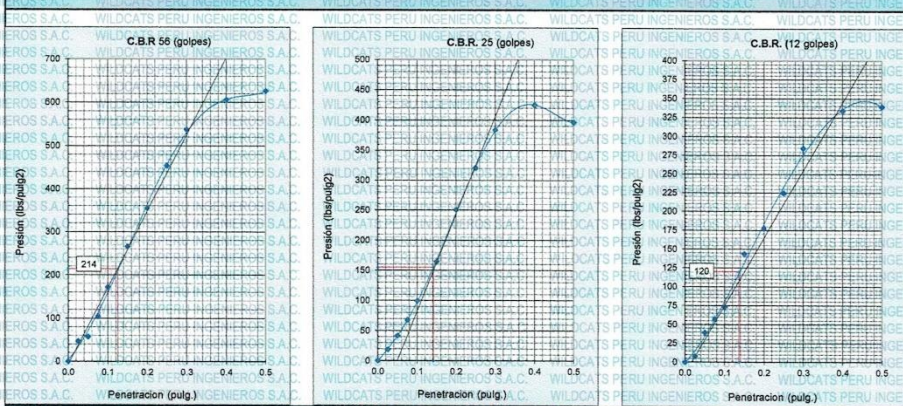
INFORME

#REFI : Cashpa Jara John Wilmer, Pilluaman Cosavalente Anderson Jair
 Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C.
 Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
 Fecha : May-22

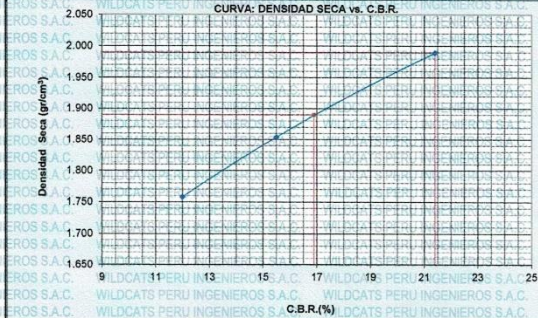
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : VC - 2
 Muestra : M - 2
 CaCíZ : 4.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



DATOS DEL CBR	
95% DE M.D.S.	1.890
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	21.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	16.9

OBSERVACIONES:



Rafael Armando Charco Miraya
 Ing. Rafael Armando Charco Miraya
 CIP N° 100728 - CONSULTOR C13362
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. 11 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pillhuanan Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 3
Muestra : M - 3
CaCl2 : 4.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.994
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.36

MOLDE N°	I			II			III		
	I			II			III		
N° de capas	5			5			5		
Numero de golpes/capa	56			25			12		
Contenido de Humedad %	11.36			11.36			11.36		
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.994			1.866			1.764		

MOLDE N°	I			II			III		
	I			II			III		
Penetración	0.1			0.1			0.1		
Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	202			151			118		
Presión Patrón (Lb/pulg ²)	1000			1000			1000		
C.B.R. (%)	20.2			15.1			11.8		

APLICACIÓN DE CARGA

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	MOLDE		
		MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
0.025	43	18	3	
0.050	64	48	31	
0.075	102	74	64	
0.100	1000	153	97	71
0.150	255	344	167	143
0.200	1500	344	229	171
0.250	453	321	214	
0.300	1900	519	364	267
0.400	2300	591	425	306
0.500	2600	611	413	349

EXPANSION

FECHA	HORA	MOLDE		
		MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
	0.000	0.000	0.000	0.000
	24.0	0.000	0.000	0.000
	48.0			
	72.0			
	96.0			
Expansión Promedio	%	No Presenta		

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. 0.1" : 20.2
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. 0.1" : 16.1



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Ing. Rafael Armando Charcape Miraya
CIP N° 100728 - CONSULTOR C13312
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru_ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com





Wildcats Peru Ingenieros SAC

Elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Pavimentación
RUC 20569168652 - Reg. Consultor C 60112

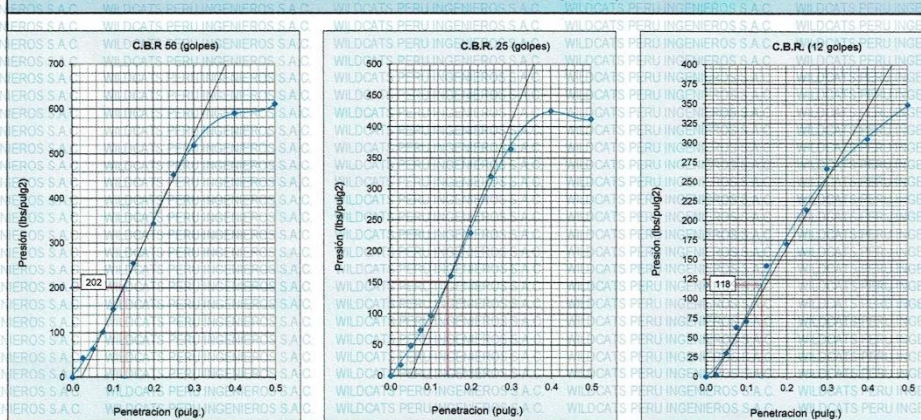
INFORME

Solicitante : Cashpa Jara John Wilmer, Pihhuaman Cosavalente Anderson Jair
Proyecto : Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021
Lugar : Prolongación Av. Los Nogales, C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma
Fecha : May-22

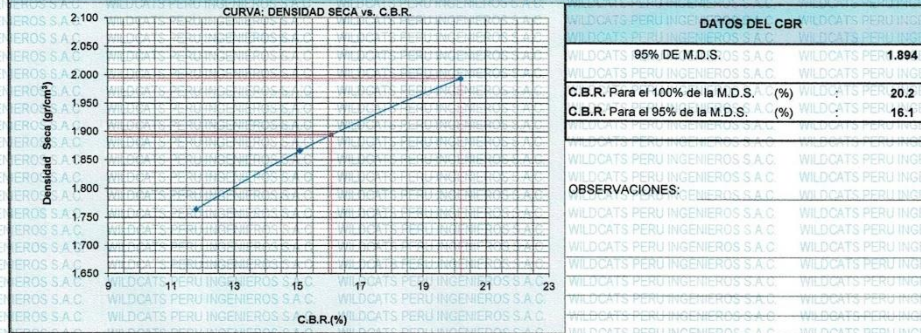
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C - 3
Muestra : M - 3
CaCl2 : 4.00%

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D-1883



DETERMINACION DE C.B.R.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Charco
Ing. Rafael Armando Charco Minaya
CIP Nº 100125 - CONSULTOR C 11332
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Jr. Almirante Guisse Mz. J1 - Lote 24 - P.J. Miraflores Alto - Chimbote

Celular: 938124054 - 946445353

Correo Electrónico: Wildcats_peru Ingenieros@outlook.com

Wpisac2013@hotmail.com

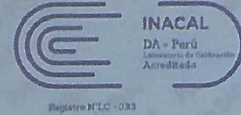


*Anexo 7: Certificado
de calibración de
equipos*



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-372-2021

Página: 1 de 3

Expediente : T 252-2021
Fecha de Emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J.
MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA -
ANCASH

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : SE602F

Número de Serie : B528438327

Alcance de Indicación : 600 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2021-07-05

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración


La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de WILDCATS PERU INGENIEROS SAC
JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

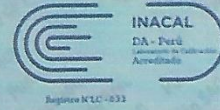

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Ay. Los Álamos 652 - LIMA 42 - Telf. 902 5106



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro K LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-372-2021

Página 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Maxima
Temperatura	21,2	21,3
Humedad Relativa	69,5	71,6

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 600,00 g. No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO". Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,3	21,2

Medición N°	Carga L1= 300,00 g			Carga L2= 600,00 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	300,01	0,008	0,005	600,00	0,007	-0,003
2	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,006	-0,002
3	300,00	0,006	-0,002	600,01	0,007	0,007
4	300,00	0,008	-0,004	600,00	0,006	-0,002
5	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,009	-0,005
6	300,00	0,006	-0,002	600,00	0,008	-0,004
7	300,00	0,008	-0,004	600,00	0,007	-0,003
8	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,006	-0,002
9	300,00	0,006	-0,002	600,00	0,009	-0,005
10	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,008	-0,004
Diferencia Máxima	0,010			0,012		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

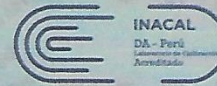
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-372-2021

Página 3 de 3



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	f (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	f (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,10	0,10	0,007	-0,002	200,00	200,00	0,008	-0,003	-0,001
2		0,10	0,006	-0,001		199,99	0,007	-0,012	-0,011
3		0,10	0,007	-0,002		200,00	0,006	-0,001	0,001
4		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,009	-0,004	-0,003
5		0,10	0,008	-0,003		199,98	0,008	-0,023	-0,020

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,3 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	f (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	f (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,100	0,10	0,007	-0,002						
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,1
20,000	20,00	0,007	-0,002	0,000	20,00	0,007	-0,002	0,000	0,1
50,000	50,00	0,009	-0,004	-0,002	50,00	0,006	-0,001	0,001	0,1
70,000	70,00	0,008	-0,003	-0,001	70,00	0,008	-0,003	-0,001	0,2
100,000	100,00	0,007	-0,002	0,000	100,00	0,006	-0,001	0,001	0,2
150,000	150,01	0,006	0,009	0,011	150,00	0,009	-0,004	-0,002	0,2
200,000	200,00	0,009	-0,004	-0,002	200,00	0,007	-0,002	0,000	0,2
400,001	400,00	0,007	-0,003	-0,001	400,00	0,006	-0,002	0,000	0,3
500,000	500,01	0,006	0,009	0,011	500,00	0,008	-0,003	-0,001	0,3
600,001	600,01	0,007	0,007	0,009	600,01	0,007	0,007	0,009	0,3

e.n.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 1,68 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,28 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 1,14 \times 10^{-3} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-373-2021

Página: 1 de 3

Expediente : T 252-2021
Fecha de Emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J.
MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA -
ANCASH

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R21PE30ZH

Número de Serie : B847537395

Alcance de Indicación : 30 kg

División de Escala de Verificación (e) : 10 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2021-07-05

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de WILDCATS PERU INGENIEROS SAC
JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



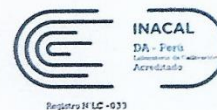
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-373-2021

Página 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	21,1	21,1
Humedad Relativa	69,5	70,5

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0526-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0529-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30,000 kg. No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición


INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 kg		Carga L2= 30,000 kg			
	I (kg)	ΔL (g)	I (kg)	ΔL (g)		
	Temp. (°C)		Temp. (°C)			
			Inicial 21,1	Final 21,1		
1	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,9	-0,4
2	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,6	-0,1
3	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,7	-0,2
4	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,8	-0,3
5	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,9	-0,4
6	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,9	-0,4
7	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,7	-0,2
8	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,6	-0,1
9	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,8	-0,3
10	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,7	-0,2
Diferencia Máxima			0,3	0,3		
Error máximo permitido ±			20 g	± 30 g		



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-373-2021

Página: 3 de 3

2	5
1	4
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,010	0,010	0,8	-0,3	10,000	10,000	0,7	-0,2	0,1
2		0,010	0,6	-0,1		10,000	0,7	-0,2	-0,1
3		0,010	0,7	-0,2		10,001	0,6	0,9	1,1
4		0,010	0,6	-0,1		9,999	0,9	-1,4	-1,3
5		0,010	0,9	-0,4		10,000	0,8	-0,3	0,1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,0	0,010	0,8	-0,3						
0,0	0,020	0,7	-0,2	0,1	0,020	0,9	-0,4	-0,1	10
0,5	0,500	0,6	-0,1	0,2	0,500	0,7	-0,2	0,1	10
2,0	2,000	0,9	-0,4	-0,1	2,000	0,9	-0,4	-0,1	10
5,0	5,001	0,8	0,7	1,0	5,000	0,8	-0,3	0,0	10
7,0	7,000	0,7	-0,2	0,1	7,000	0,7	-0,2	0,1	20
10,0	10,001	0,6	0,9	1,2	10,000	0,6	-0,1	0,2	20
15,0	15,000	0,8	-0,3	0,0	15,000	0,9	-0,4	-0,1	20
20,0	20,000	0,9	-0,4	-0,1	20,000	0,7	-0,2	0,1	20
25,0	25,000	0,7	-0,2	0,1	25,000	0,8	-0,3	0,0	30
30,0	30,000	0,9	-0,4	-0,1	30,000	0,9	-0,4	-0,1	30

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_{corregida} = R - 1,92x10⁻⁶ x R

Incertidumbre

U_R = 2 √ 2,64x10⁻⁴ g² + 2,13x10⁻⁹ x R²

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 992 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH.

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : PERUTEST
Modelo de Copa : PT-CC
Serie de Copa : 038

Contómetro : ANALÓGICO
Marca de Contómetro : UPGREEN
Modelo de Contómetro : NO INDICA

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

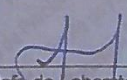
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,5	21,5
Humedad %	71	71

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 182631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 992 - 2021

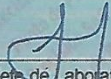
Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA				BASE				EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
MEDIDA TOMADA	54,95	2,26	26,44	46,25	52,35	149,79	125,04	10,06	2,05	13,17
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1
ERROR	0,95	0,26	-0,56	-0,75	2,35	-0,21	0,04	0,06	0,05	-0,33

FIN DEL DOCUMENTO




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 989 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

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

2. Instrumento de Medición : MOLDE PROCTOR 6"

Marca : NO INDICA

Serie : 614

Material : FIERRO

Color : PLATEADO

Código de Identificación : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

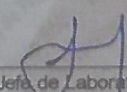
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	71	70

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 990 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIERIOS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MARTILLO PROCTOR

Capacidad : 10 lb

Marca : NO INDICA

Serie : NO INDICA

Procedencia : NO INDICA

Material : FIERRO

Color : PLATEADO

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM
CINTA MÉTRICA	STANLEY	L - 0442 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2021	PUNTO DE PRECISIÓN


6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,8	21,6
Humedad %	71	70

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 990 - 2021

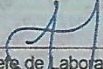
Página : 2 de 2

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA (mm)	PESO (g)	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO (mm)
1	456	4540,03	50,35
2	456	4540,03	50,32
3	455	4540,03	50,38
4	456	4540,03	50,36
5	456	4540,03	50,33
6	456	4540,03	50,35
PROMEDIO	455,8	4540,03	50,35
ESTANDAR	457,2	4536,4	50,80
TOLERANCIA ±	1,3 mm	9 g	0,13 mm
ERROR	-1,4 mm	3,63 g	-0,45 mm

FIN DEL DOCUMENTO




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 993 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC
Dirección : JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MOLDE CBR
Marca : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : FIERRO
Color : PLATEADO
Código de Identificación : 2A

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

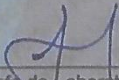
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,8
Humedad %	72	71

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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



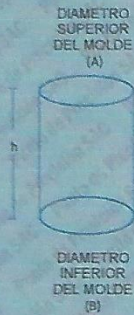
Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 993 - 2021

Página : 2 de 2

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES




N° DE MEDICIONES	DIAMETRO SUPERIOR	DIAMETRO INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,65	152,27	177,07
2	152,59	152,35	177,04
3	152,57	152,51	177,06
4	152,61	152,32	177,06
5	152,60	152,28	177,06
6	152,57	152,30	177,07
PROMEDIO	152,60	152,34	177,06
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	0,20	-0,06	-0,74
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3233 cm ³		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO mm	ALTURA mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,01	0,28

pesa anular:	2287 g
pesa ranurada:	2279 g
masa total	4566 g

FIN DEL DOCUMENTO




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



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 994 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC
Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MOLDE CBR
Marca : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : FIERRO
Color : PLATEADO
Código de Identificación : 3A

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM


6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,7
Humedad %	71	71

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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

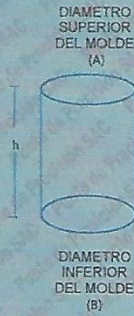


Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-994-2021

Página : 2 de 2



DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES


N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,04	152,45	176,26
2	152,08	152,36	177,01
3	152,07	152,39	177,11
4	152,07	152,41	177,07
5	152,09	152,36	176,71
6	152,06	152,41	177,07
PROMEDIO	152,07	152,40	176,87
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,33	0,00	-0,93
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3219 cm ³		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO mm	ALTURA mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,00	0,28

pesa anular:	2267 g
pesa ranurada:	2246 g
masa total	4513 g

FIN DEL DOCUMENTO




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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 995 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC
Dirección : JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MOLDE CBR
Marca : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : FIERRO
Color : PLATEADO
Código de Identificación : 1A

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ALMIRANTE GUISE MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM


6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,1	21,3
Humedad %	71	71

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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

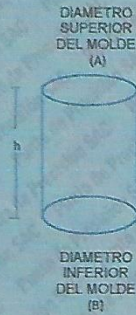


Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 995 - 2021

Página : 2 de 2



DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES


N° DE MEDICIONES	DIAMETRO SUPERIOR	DIAMETRO INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,32	152,19	176,81
2	152,17	152,26	176,92
3	152,51	152,21	176,83
4	152,43	152,36	176,97
5	152,39	152,31	176,81
6	152,35	152,35	176,99
PROMEDIO	152,36	152,28	176,89
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,04	-0,12	-0,91
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3223 cm ³		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO mm	ALTURA mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,00	0,28

pesa anular:	2269 g
pesa ranurada:	2257 g
masa total:	4526 g

FIN DEL DOCUMENTO




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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 328 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

Dirección : JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

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

Marca de Celda : MAVIN
Modelo de Celda : NS4-5T
Serie de Celda : E8502882
Capacidad de Celda : 5t

Marca de indicador : HIGHT WEIGHT
Modelo de Indicador : 315-X2
Serie de Indicador : 01822315

3. Lugar y fecha de Calibración

JR. ALMIRANTE GUISSÉ MZ. J1 LT. 24 P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración

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

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,3	23,2
Humedad %	65	64


7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

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




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

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 328 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	499,72	500,20	0,06	-0,04	499,96	0,01	-0,10
1000	1001,84	1002,62	-0,18	-0,26	1002,23	-0,22	-0,08
1500	1502,70	1502,25	-0,18	-0,15	1502,48	-0,16	0,03
2000	2002,65	2003,33	-0,13	-0,17	2002,99	-0,15	-0,03
2500	2503,69	2504,38	-0,15	-0,18	2504,04	-0,16	-0,03
3000	3002,26	3003,23	-0,08	-0,11	3002,75	-0,09	-0,03
3500	3502,16	3504,71	-0,06	-0,13	3503,44	-0,10	-0,07
4000	3999,62	4003,30	0,01	-0,08	4001,46	-0,04	-0,06

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

Ecuación de ajuste : $y = 0,9996x - 1,429$

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

GRÁFICO N° 1

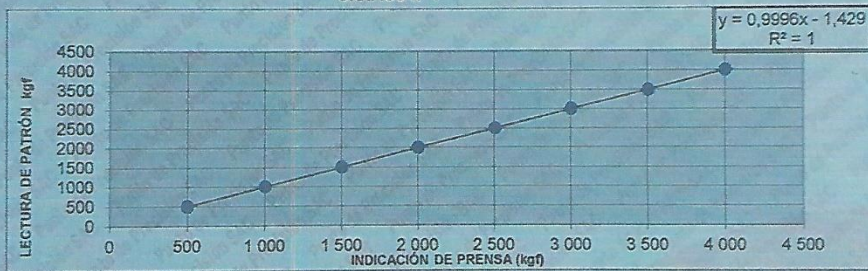
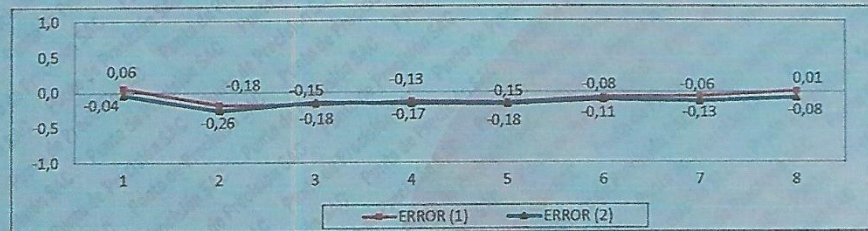


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



CONSTANCIA DE REGISTRO N° 065555-2021

EL MINISTERIO DE SALUD, A TRAVÉS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD-INS, HACE CONSTAR MEDIANTE LA PRESENTE QUE:

EMPRESA **WILDCATS PERU INGENIEROS SAC.**
RUC **20569168652**
SECTOR **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento**

HA REGISTRADO CON FECHA 18/06/2021 SU **PLAN PARA LA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19 EN EL TRABAJO**, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA R.M. 239-2020-MINSA Y SUS NORMAS MODIFICATORIAS.



7169b553

Jesús María, 18 de Junio del 2021

MINISTERIO DE SALUD
¡La Salud Nos Une!

La información consignada en el SICOVID, tiene carácter de declaración jurada y ha sido remitida a las instancias de fiscalización correspondiente.



PERÚ

Ministerio
de Salud



MINISTERIO DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
CENSOPAS

CONSTANCIA DE REGISTRO N° 065555-2021

LISTADO DE SEDES REGISTRADAS

EL MINISTERIO DE SALUD, A TRAVÉS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD-INS, HACE CONSTAR QUE HA(N) SIDO REGISTRADA(S) LA(S) SIGUIENTE(S) SEDE(S):

ESTABLECIMIENTO	PRINCIPAL (000000)
DIRECCION	JR. ALMIRANTE GUISE MZA. J1 LOTE 24 P.J. MIRAFLORES ALTO ANCASH SANTA CHIMBOTE (* ZONA DE ALTO RIESGO: SI

Jesús María, 18 de Junio del 2021

MINISTERIO DE SALUD

¡La Salud Nos Une!

La información consignada en el SICOVID, tiene carácter de declaración jurada y ha sido remitida a las instancias de fiscalización correspondiente.

(* ZONA DE ALTO RIESGO

Se precisa que la entidad/empresa que ha registrado se encuentra en una zona definida de alto riesgo de exposición por COVID-19, conforme a la normatividad vigente. Por tanto, antes de la reanudación de la(s) actividad(es) que ha declarado, Ud. debe contar con la resolución ministerial del sector correspondiente, que apruebe el inicio de actividades o unidades productivas.

Anexo 8: Informe de Georreferenciación



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA -2022 "

INFORME DE GEORREFERENCIACIÓN



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Chirreza Meryna
Ing. Rafael Armando Chirreza Meryna
CIP N° 10003 - CONSULTOR C11182
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA -2022 "

ÍNDICE

- 1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
 - 1.1 METODOLOGIA
 - 1.2 RED DE CONTROL HORIZONTAL
 - 1.2.1 MEDICIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES Y VERTICALES
 - 1.2.2 ÁNGULO HORIZONTAL
 - 1.2.3 CÁLCULO DEL ÁNGULO VERTICAL
 - 1.2.4 MEDICIÓN DE DISTANCIAS ELECTRÓNICAS Y ÁNGULOS VERTICALES
 - 1.2.5 CORRECCIÓN DEL ERROR DE REFRACCIÓN Y CURVATURA
 - 1.2.6 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA
 - 1.2.7 TRABAJOS EN CAMPO
 - 1.2.8 TRABAJOS EN GABINETE
 - 1.3 RED DE CONTROL VERTICAL
 - 1.3.1 NIVELACIÓN DIFERENCIAL
 - 1.3.2 NIVELACIÓN TRIGONOMETRICA
 - 1.3.3 ENLACE A LA RED GEODÉSICA VERTICAL
 - 1.4. PROCESAMIENTO



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Chong
Ing. Rafael Armando Chong de Moya
CIP N° 100008 - CONSULTOR C-1-182
JEFE DEL ÁREA DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El Levantamiento Topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control vertical y horizontal dentro del área de estudio, los cuales fueron enlazados a un Sistema de Control Vertical y Horizontal, y a la toma de una cantidad adecuada de puntos de levantamiento a fin de representar fidedignamente el terreno, así como las estructuras existentes relacionadas con el presente estudio en planos topográficos a escalas adecuadas.

El Proceso completo de un levantamiento se dividió en dos partes: trabajos de campo, para la toma de datos, y trabajos de gabinete, para el cálculo y procesamiento de los datos para finalmente plasmarlos en planos.

METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el cumplimiento de los objetivos del estudio, en concordancia con los Términos de Referencia del Contrato, se tomó especial cuidado en el levantamiento del eje de la vía y las secciones transversales, las cuales se tomaron cada 20 m. en líneas rectas, 5 m. en curvas de volteo y 10 m. en curvas, incluyéndose las bermas, obras arte y drenaje, taludes, cursos de agua y otros existentes.

Se monumentaron con hitos, fácilmente identificables puntos de control o Bench Mark (B.M.) cada 1,000 m.

Establecida la metodología a seguir se procedió de la siguiente manera:

- Se recopiló y evaluó la información topográfica existente.
- Se hizo un reconocimiento del terreno y se estableció una línea base para establecer el azimut de partida, al inicio del tramo en estudio, a la cual se le dio coordenadas y cotas relativas usando un Navegador GPS.
- Se procedió a estacar cada 20 m. en los tramos rectos, cada 5 m. en curvas de volteo y cada 10 m. en curvas y a la monumentación de los puntos que conforman las Redes de Apoyo Horizontal (establecida por poligonales) y Vertical (nivelación diferencial).
- El levantamiento de las poligonales de apoyo se hizo mediante coordenadas relativas y se nivelaron para el control vertical, las cuales se



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Ing. Rafael Armando Chiracosta Méndez
C.P. 15005 - CONSULTOR CIVIL
REG. EN LA OFICINA DE REGISTRO DE CASMA



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

enlazan a la base antes mencionadas, para lo cual se empleó una Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668 la misma que viene integrada con un sistema de puntero láser para poder levantar puntos en los cuales no es posible usar el prisma y un Nivel de Ingeniero Automático.

- Luego en gabinete se procedió al Ajuste y Compensación de las Poligonales de Apoyo para el cálculo de las coordenadas corregidas y compensadas, de igual manera se procedió con la nivelación para el cálculo de las cotas compensadas.
- Para culminar el trabajo de campo del Levantamiento Topográfico, usando una Estación Total Digital se rellenó las poligonales, mediante la toma de datos en un número adecuado de puntos y toma de vistas fotográficas mediante una cámara digital, incluyendo las bermas, obras de arte y drenaje, taludes, cursos de agua y otros existentes.
- Procesamiento de la data topográfica en Autocad Civil 3D 2018.
- Elaboración de Planos a escalas adecuadas utilizando el software Autocad 2019 basados en datos topográficos procesados, libretas de campo y en fotografías.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Aguado Chacoppe Mendiya
Ing. Rafael Aguado Chacoppe Mendiya
C.P. 10005 - CONSULTOR CIVIL
JEFE SALARIA DE LABORATORIO DE SUELOS

RED DE CONTROL HORIZONTAL

Conjunto de procedimientos y operaciones en campo y gabinete destinados a determinar las coordenadas horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre. Para el presente estudio se utilizó el método de poligonación para establecer la red de apoyo horizontal que a continuación se detalla.

En una poligonación se parte de alguna posición y azimut conocido hacia algún otro punto, después se mide los ángulos y las distancias a lo largo de una línea de puntos de levantamiento. Si la poligonal regresa a su punto de partida se le llama poligonal cerrada, cuando esto último no sucede se dice que la poligonal es abierta.

Se define como poligonación al método de levantamiento horizontal consistente en un conjunto de líneas conectadas por sus extremos en forma



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

sucesiva, en la que se mide todas las distancias y se observan todos los ángulos, con el propósito último de determinar las coordenadas de los puntos que constituyen los extremos de cada línea. El método ofrece las ventajas de una mayor flexibilidad, cubrimiento relativamente rápido y economía.

Desde que se dispone de equipos electrónicos para la medición de distancias la precisión de los levantamientos por poligonación ha aumentado significativamente; con las medidas angulares puede calcularse la dirección de cada lado de la poligonal y con las medidas de longitud de las líneas se podrá calcular las coordenadas de cada uno de los puntos de la poligonal.

MEDICIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES Y VERTICALES

La medición de los ángulos horizontales se efectuó con una Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668 la cual elimina los errores del cálculo de ángulos horizontales y verticales que se producen normalmente en los teodolitos convencionales. El principio de lectura está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical y la obtención de un valor angular medio. De esta manera, se elimina completamente la falta de precisión que se produce debido a la excentricidad y a la graduación, el sistema de medición de ángulos facilita la compensación automática en los siguientes casos:

Corrección automática de errores del sensor de ángulos.

Corrección automática del error de colimación y de la inclinación del eje de muñones.

Corrección automática de error de colimación del seguidor.

Cálculo de la medida aritmética para la eliminación de los errores de puntería.

ÁNGULO HORIZONTAL

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo horizontal.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Chong

Ing. Rafael Armando Chacayo Montoya

CAPACITACION - CONSULTOR CIVIL

JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

$$AH = AH_s + E_H \cdot \frac{1}{\text{sen } V} + Y_H \cdot \frac{1}{\text{tan } V} + V \cdot \frac{1}{\text{tan } V}$$

Donde :

AH_s : Angulo Horizontal medido por el sensor electrónico.

E_H : Error de colimación horizontal

Y_H : Error de nivelado en ángulo recto al telescopio

V : Error de eje horizontal

CÁLCULO DEL ÁNGULO VERTICAL

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo vertical.

$$AV = AV_s + E_v + Y_v$$



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Armando Chamorro Mijangas
Mg. Rafael Armando Chamorro Mijangas
CIP N° 10025 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Donde: AV_s : Angulo vertical medido por el círculo electrónico

E_v : Error de colimación vertical

Y_v : Desviación en el vertical, medida por el compensador automático del nivel.

MEDICIÓN DE DISTANCIAS ELECTRÓNICAS Y ÁNGULOS VERTICALES

La medición electrónica de distancias se ha ejecutado con el distanciómetro incorporado de la Estación Total. El módulo de medición de distancia de Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668 opera dentro del área infrarroja del espectro electromagnético. Transmite un rayo de luz infrarroja, el rayo de luz reflejado es recibido por el instrumento y, con ayuda de un comparador, se puede medir el desfase entre la señal transmitida y recibida. Gracias a un microprocesador incorporado, la medida de tiempo del desfase se convierte en medida de distancia y se almacena en memoria como tal, con precisión de mm. El tiempo de medida para cada punto toma 3.5 segundos. La precisión de la medida de distancia es de $\pm (5\text{mm} + 3\text{ppm})$. El factor PPM (partes por millón) puede ser considerado en términos de milímetros por kilómetro. Por ello, 3PPM significa 3 mm / Km.



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

CORRECCIÓN DEL ERROR DE REFRACCIÓN Y CURVATURA

Ya que la proyección de las alturas y las distancias se calcula con sólo multiplicar la distancia medida geoméricamente por el seno y el coseno, respectivamente del ángulo cenital medido, los errores de cálculo se pueden deber principalmente a la curvatura de la tierra, y la refracción.

A continuación, se muestran las dos fórmulas que la estación total Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668 emplea para el cálculo automático de los errores de curvatura y refracción.

$$DZ = DG \cdot \cos Z + \frac{DG^2 \cdot \text{sen}^2 Z}{2 \cdot R_T} \cdot (1 - K)$$

$$DH = DG \cdot \text{sen} Z - \frac{DG^2 \cdot \text{sen}^2 Z}{2 \cdot R_T} \cdot \left(1 - \frac{K}{2}\right)$$

Donde : DH : Distancia horizontal

DZ : Diferencia de altura

DG : Distancia geométrica

Z : Angulo Vertical

RT : Valor medio del radio de la tierra = 6

K : Media de la constante de refracción = 0.142

CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

La velocidad de la luz varía levemente al ir atravesando diferentes presiones y temperaturas de aire, se debe aplicar un factor de corrección atmosférica para obtener la distancia correcta al final de los cálculos. Este factor de corrección atmosférica se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = 275 - 79.55 \cdot \frac{P}{273 + t}$$



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Chaves Minda
Ing. Rafael Armando Chaves Minda
CIP N° 90000 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL UNIDAD DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA -2022 "

Donde: p : Presión en milibares

t : Temperatura del aire en grados Celsius

El Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668 calcula y corrige esto automáticamente, la corrección cero se obtiene con una temperatura ambiente de 20°C y a una presión atmosférica de 750 mmHg.

TRABAJOS EN CAMPO

1.2.7.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se procedió a la monumentación de los vértices de las poligonales de apoyo de la Red Horizontal así como la definición de la línea Base para determinar su dirección y orientación (Azimut).

Luego se continuó con la determinación de las coordenadas UTM WGS 84 de los 2 puntos de la Línea Base mediante el uso de un GPS Marca Garmin Map 64S y de esta manera conseguir las coordenadas relativas del punto de estacionamiento, y en qué dirección se realiza la orientación para la medida de ángulos y hallar las coordenadas de los vértices de las poligonales de apoyo.

Una vez levantadas las poligonales de apoyo se procedió a la compensación de estas en gabinete para poder obtener sus coordenadas absolutas para luego volver a campo y realizar la toma de datos del levantamiento topográfico de la zona en estudio.

PERSONAL EMPLEADO:

El levantamiento se realizó con la siguiente brigada de campo:

01 topógrafos.

01 libretista de Campo.

02 Prismeros.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charco Mingo
Ing. Rafael Armando Charco Mingo
C.P. Nº 100726 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA –2022 "

RECURSOS EMPLEADOS:

- 01 Estación Total TOPCON GTS 236W serie 285668.
- 04 Equipos de radiocomunicación MOTOROLA DTR 620.
- 02 Prismas.
- 01 camioneta HILUX 4x4.
- 01 GPS Marca Garmin Map 64S entre otros accesorios como trípodes, baterías, winchas, pintura, cemento, etc.

En campo, por la longitud de la vía se determinó utilizar para el levantamiento una poligonal abierta.

TRABAJOS EN GABINETE



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Chong M.
Ing. Rafael Armando Chong M. /
C.P. 19025 - CONSULTOR C19025
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Los trabajos en gabinete consistieron en:

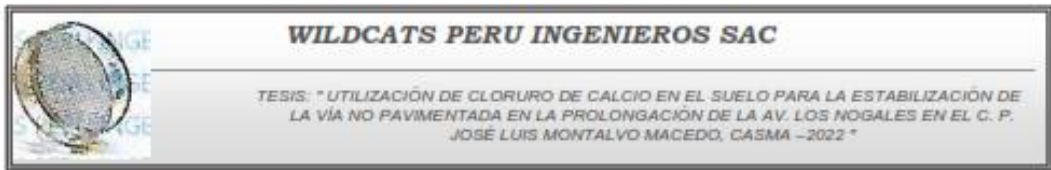
- Procesamiento de la información levantada en campo, a través del análisis, interpretación y tratamiento de los datos obtenidos para conseguir un buen modelo del terreno objeto del estudio.

Análisis y diseño del eje de la vía de acuerdo con las características de ésta.

. RED DE CONTROL VERTICAL

Se refiere al conjunto de procedimientos y operaciones en campo y gabinete destinados a determinar la elevación de puntos sobre el terreno, convenientemente elegidos y demarcados, con respecto a un plano de referencia (Nivel Medio del Mar).

Para los levantamientos Topográficos verticales se podrá utilizar el método de nivelación diferencial, o el método de nivelación trigonométrica. La selección de uno, cualquiera de ellos, deberá estar ligada a consideraciones relacionadas con el propósito, utilidad de levantamiento y capacidad relativa



para producir los resultados esperados, los que deben formar parte de los criterios contemplados en el estudio.

NIVELACIÓN DIFERENCIAL

La nivelación diferencial constituye el método clásico utilizado para el desarrollo de los levantamientos topográficos verticales, mediante un procedimiento que determina directamente la diferencia de altura entre puntos vecinos, por la medida de la distancia vertical existente entre dichos puntos y un plano horizontal local definido a la altura del instrumento que se utilice para hacer dicha medida.

Los efectos de la curvatura terrestre y de la refracción atmosférica son insignificantes, a menos que haya una desproporción excesiva entre la distancia de la vista atrás y la de adelante.

La nivelación diferencial puede ser desarrollada de 2 maneras: en líneas o en circuitos cerrados.

PRECISION DE LA NIVELACION

Se establecen las siguientes órdenes limitadas a la nivelación diferencial así como la tolerancia para el error de cierre altimétrico de las nivelaciones.

ORDEN	PRECISIÓN (mm.)
Primer	$\pm 4\sqrt{K}$
Segundo	$\pm 8\sqrt{K}$
Tercer	$\pm 12\sqrt{K}$

En estas expresiones, K es la distancia de desarrollo de la nivelación entre puntos de elevación conocida, expresada en kilómetros.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Armando Charcope Maza
 Ing. Rafael Armando Charcope Maza
 CIP N° 100726 - CONSULTOR CIVIL
 JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA -2022 "

Primer Orden

Los levantamientos verticales que se hagan dentro de este orden se destinan al establecimiento de la red vertical primaria o fundamental del país y en áreas metropolitanas, a proyectos de ingeniería extensivos e importantes, a la investigación regional de movimientos de la corteza terrestre y a la determinación de valores geopotenciales.

Segundo Orden

Tiene aplicación en el establecimiento de la red vertical secundaria a modo de densificación, inclusive en áreas metropolitanas, para el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería, en investigaciones de subsidencia del suelo y de movimientos de la corteza terrestre, y para apoyo de levantamientos de menor orden.

Tercer Orden

Se aplica al apoyo de levantamientos locales, subdivisión de circuitos de mayor orden de precisión, proyectos de ingeniería pequeños, cartografía, topografía de escalas pequeñas, estudios de drenaje y establecimiento de pendientes en cualquier parte del territorio nacional.

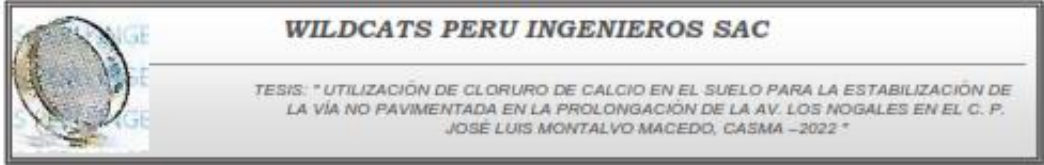
NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Charupe Méndez
Ing. Rafael Armando Charupe Méndez
C.P. 102726 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL NIVEL DE LABORATORIO DE SUELOS

La nivelación trigonométrica sigue en orden de importancia a la anterior y consiste en la determinación indirecta de diferencia de alturas entre puntos vecinos mediante la medida de la distancia existente entre ambos y del ángulo vertical que contiene a dicha línea, con respecto al plano horizontal local de cualquiera de los puntos. Por su naturaleza indirecta y por estar más afectado por errores sistemáticos que en el caso de nivelación diferencial, el método trigonométrico produce resultados de menor precisión.

En el trabajo de campo efectuado se realizó la Nivelación Diferencial para enlazar la elevación de las poligonales Horizontales, que sirvieron de apoyo



para realizar el levantamiento topográfico, a la Red Geodésica Vertical del I.G.N.

ENLACE A LA RED GEODÉSICA VERTICAL

1.3.3.1 TRABAJO EN CAMPO

El trabajo en campo consistió en la nivelación diferencial o geométrica con circuitos de ida y vuelta desde un BM con cota relativa establecida con el navegador GPS hasta un vértice de las poligonales de apoyo y a lo largo del eje de la vía en Estudio.

PERSONAL EMPLEADO:

- 01 Topógrafo
- 01 Libretista de Campo
- 02 Portamiras

RECURSOS EMPLEADOS:

- 01 ESTACIÓN TOTAL LEICA TS06 serie 284680
- 02 Prismas con portaprisma y bastón.
- 01 Nivel de Ingeniero marca SOKKIA B40
- 02 miras de madera
- 01 camioneta HILUX 4x4
- 04 equipos de radiocomunicación modelo MOTOROLA DTR 620.
- Trípode, niveletas, winchas, cemento, pintura, etc.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Chumbe
Ing. Rafael Armando Chumbe Moya
CIP 191925 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Los circuitos que se realizaron en campo para enlazar las poligonales de apoyo a la línea base (Datos tomados con GPS Garmin MAP 64S) y se



establecieron y monumentaron los Bech Mark (B.M.) cada 1,000 m., y los P.I. a lo largo del eje de la vía.

1.3.3.2 Trabajo en Gabinete

El trabajo en gabinete consistió en la compensación de los circuitos de nivelación para encontrar la elevación o cota definitiva de los vértices de las poligonales de apoyo.

Cuando el circuito de nivelación es cerrado, es posible que la cota resultante para el punto final, que es la misma inicial, no coincida con la cota propia de este punto. La diferencia entre estos dos valores de la cota del punto inicial es el error verdadero de todo el circuito, y se llama *error de cierre*. Es evidente que las cotas de los puntos intermedios, determinadas al recorrer el circuito, pueden ser también erróneas en ese caso también se procede a su compensación.

La corrección que se aplica a la cota observada de un punto permanente del circuito es directamente proporcional a la distancia entre dicho punto y el inicial. Es decir, que si E_c es el error de cierre de un circuito cerrado de longitud L , y C_a es la corrección que hay que aplicar a la cota observada del punto permanente A cuya distancia al punto inicial se ha tiene:

$$C_a = -\frac{a}{L} E_c$$

Esta corrección, restada de la correspondiente cota observada, da la cota corregida o compensada. Se tiene en cuenta que cuando el error de cierre es positivo todas las correcciones se restan, y al contrario.

. PROCESAMIENTO

Los datos correspondientes al levantamiento topográfico han sido procesados en sistemas computarizados, utilizando los siguientes equipos y herramientas:

- 01 PC ASUS CORE I7 2600 3.4 GHZ



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Armando Chacabuco Mayhua
Mg. Rafael Armando Chacabuco Mayhua
CIP Nº 18065 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LA EJECUCION DE OBRAS



WILDCATS PERU INGENIEROS SAC

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSE LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA -2022 "

- Software Map Source, para transmitir toda la información tomada en el campo a una PC.
- Software AutoCAD CIVIL3D 2018 para el procesamiento de los datos topográficos.
- Software AutoCAD 2019 para la elaboración de los planos correspondientes.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Chong
Ing. Rafael Armando Chong Miquel
C.P.A. 100025 - CONSULTOR C-13182
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Anexo 9:Informe topográfico



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2021"

INFORME DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

" UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2021"



WILDGATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Antonio Chacoste Miraya
Ing. Rafael Antonio Chacoste Miraya
CIP Nº 10008 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



I. ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

El Proyecto se ubica en la zona urbana del Distrito de Casma, específicamente en el centro poblado José Luis Montalvo Macedo, en la Provincia de Casma, Región Ancash.

La ciudad de Casma, la cual se ubica en la costa norcentral del Perú, al extremo noroeste del Departamento de Áncash, en la costa noreste de la Bahía de Chimbote, entre las coordenadas 797941.86 de Latitud ESTE y los 8953773.66 de Longitud NORTE, es uno de los 4 distritos de la Provincia de Casma, Región Ancash, Perú.

- Centro Poblado José Luis Montalvo Macedo, Coordenadas UTM: 797941.86 E, 8953773.66 S.

Ubicación Política:

Centro Poblado: José Luis Montalvo Macedo

Distrito : Casma

Provincia : Casma

Región : Ancash



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Chong
Ing. Rafael Armando Chong Minaña
CIP Nº 107726 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

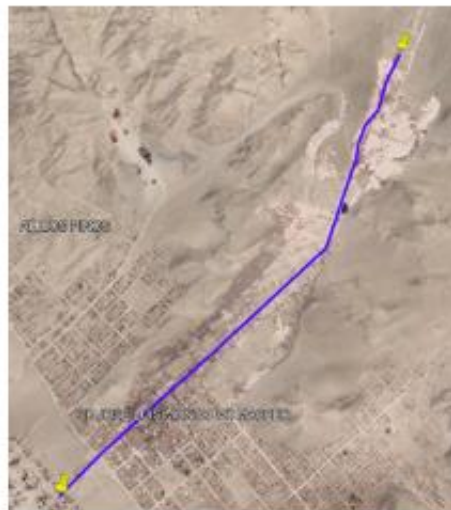


FIGURA N°01: Mapa satelital de ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración Propia



1.2. OBJETIVO

Realizar los estudios topográficos para la utilización del cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la Prolongación de la Av. Los Nogales en el Centro Poblado de José Luis Montalvo Macedo, perteneciente al distrito de Casma, provincia del Casma – Ancash, desarrollando trabajos de verificación de cotas (principalmente BM referenciales), estructuras existentes, determinar su estado, estaciones, perfiles y tener cotas de referencia para los planteamientos de trabajos a realizarse.

1.3. ACCESO A LA VIA

Para tener acceso a la trocha a rehabilitar se tienen entrada a través de la carretera asfaltada Casma – Villa Hermosa.

1.4. SITUACION ACTUAL DE LA VIA

1.4.1. Clima

El clima se encuentra influenciado por tres factores: la altitud, la presencia de cambios atmosféricos (vientos) y la posición de los rayos solares. El centro poblado José Luis Montalvo Macedo, pertenece al distrito de Casma, presenta las siguientes características climatológicas:

- La temperatura máxima oscila entre 27° en Marzo y el mínimo en Agosto de 18°.
- La humedad relativa en la cuenca del Santa oscila la máxima entre 69 % y 83 % para Enero y Agosto respectivamente.
- Evaporación anual de 964 mm.
- La precipitación en la zona de estudio es muy baja, propia de la zona costera del Perú de escasa precipitación y la existente es producto de los esporádicos periodos del fenómeno del niño.



WILD CATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Ing. Rafael Aguirre Chiriquito Muroya
C.P. Nº 10003 - CONSULTOR CIVIL
Jefe del Área de Laboratorio de Suelos



1.4.2. Características Del Terreno

El terreno a simple vista presenta una topografía moderadamente ondulada, siendo en su gran mayoría terreno llano. No presenta mucha diferencia de desniveles. En todo el recorrido del área de trabajo, no se presentan pases de agua.

II. TRABAJOS DE CAMPO

2.1. GENERALIDADES

El presente informe técnico sintetiza los estudios de ingeniería referente al estudio a nivel de TESIS de la: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2021", cuyo objetivo es el Estudio Topográfico, que tiene como fin mejorar la transitabilidad vehicular de los sectores ubicados en la zona de influencia directa del proyecto, a través de mejoras de su estructura vial.

Además, el estudio nace como resultado de mejorar la calidad de vida de los pobladores de los sectores involucrados en el proyecto. Los cuales se encuentran claramente afectados por la ocurrencia del Fenómeno del Niño del 2017, que trajo consigo la destrucción de sus vías de comunicación, dificultando a la población realizar sus actividades cotidianas.

2.2. GEOREFERENCIACION



WILDCATS PERU INGENERIOS S.A.C.

Rafael Armando Charcano Mirocha
Ing. Rafael Armando Charcano Mirocha
CIP N° 100728 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Tabla N° 01: Datos De Georreferenciación

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO	INICIO: COORDENADAS -WGS 84			FINAL: COORDENADAS -WGS 84		
				LATITUD	LONGITUD	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
ANCASH	CASMA	CASMA	JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO	797474.10	9014809.359	54.95	799706.772	9015734.158	94.37

Fuente: Elaboración Propia



2.3. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

2.3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se hace evidente la necesidad de contar con la geometría aplicada a la descripción de la realidad vista en campo, de la superficie terrestre, como trochas, casas, caminos, postes, entre otros puntos llevando el terreno al gabinete mediante mediciones de puntos para determinar la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones norte y este) y en altitud (en tercera dimensión).

El trabajo de topografía es previo al inicio de un proyecto. El topógrafo es el encargado, junto a sus asistentes, de lograr un buen levantamiento Plani-altimétrico o tridimensional del terreno. En el replanteo se ubica los límites de la obra, los ejes desde los cuales se miden los elementos establecidos, los niveles o la altura de referencia, para verificar si se está construyendo dentro de la precisión establecida.

El Levantamiento Topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control vertical y horizontal dentro del área de estudio, los cuales fueron enlazados a un Sistema de Control Vertical y Horizontal, y a la toma de una cantidad adecuada de puntos de levantamiento a fin de representar fidedignamente el terreno, así como las estructuras existentes relacionadas con el presente estudio en planos topográficos a escalas adecuadas.

El Proceso completo de un levantamiento se divide en dos partes: trabajos de campo, para la toma de datos, y trabajos de gabinete, para el procesamiento de los datos para finalmente plasmarlos en planos.

El trabajo consistió el reconocimiento de la trocha existente al ingresar al centro poblado de José Luis Montalvo Macedo; luego se ubicaron los puntos del poligonal de los puntos E-1 al E-6 para iniciar el levantamiento topográfico les dieron coordenadas y cotas a los puntos E1 - E2 con apoyo de un GPS; se utilizó una estación total TOPCON GTS 236W serie 285668 para realizar el levantamiento topográfico y dos ayudantes. Para el dibujo del trazo, perfil y secciones transversales se utilizó el software Civil 3D 2018 también para los metrados de corte; para el diseño geométrico se tomó como apoyo el manual

WILD CATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Jefe de Gabinete
CP 110026 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



de diseño de caminos no pavimentadas de bajo volumen de tránsito de MTC 2008; el trazo dio una longitud de 2480 m.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

La zona del terreno destinado presenta una topografía moderadamente ondulada con pendientes entre 0.94% y 15.36%.

2.4. TRAZO Y REPLANTEO

El replanteo en tangente se realizó cada 20 m y en curva cada 10 m. (Considerando los elementos de curva PI, PC y PT), el replanteo se realizó según los términos de referencia.

Se procedió a la monumentación de los vértices de las poligonales de apoyo de la Red Horizontal, así como la definición de la línea Base para determinar su dirección y orientación (Azimut).

Luego se continuó con la determinación de las coordenadas UTM WGS 84 de los 2 puntos de la Línea Base mediante el uso de un GPS Garmin MAP62 S y de esta manera conseguir las coordenadas relativas del punto de estacionamiento, y en qué dirección se realiza la orientación para la medida de ángulos y hallar las coordenadas de los vértices de las poligonales de apoyo.

Una vez levantadas las poligonales de apoyo se procedió a la compensación de estas en gabinete para poder obtener sus coordenadas absolutas para luego volver a campo y realizar la toma de datos del levantamiento topográfico de la zona en estudio.

2.5. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

2.5.1.- Mensura Electrónica de Distancias

Para la mensura de distancias, tanto de la poligonal como el detalle taquimétrico, se ha utilizado una brigada, compuesta por una estación total TOPCON GTS 236W serie 285668.

Previa la mensura, se mensura los datos internos de configuración del instrumento como ser ppm y los valores meteorológicos, para posteriormente



WILDGATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Chong
Ing. Rafael Antonio Chongpe Miraya
C.P. N° 100026 - CONSULTOR CIVIL
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



realizar la mensura de la distancia Inclínada, y las distancias horizontales, y verticales mediante el teclado **GSI**.

2.5.2.- Gabinete.

Concluido el trabajo de campo, con todos los datos obtenidos se ha procedido a realizar el cálculo de cierre de poligonal, con el fin de reducir el margen de error, se utilizó el software TOPCON LINK.

Posteriormente se realiza la triangulación y generando un modelo digital de la superficie del terreno en la cual incluye detalles que se expresan en los planos adjuntos en el anexo.

2.5.3.- Dibujo CAD. -

Concluidos los cálculos respectivos y depuración de los datos, se procedió a confeccionar el plano topográfico.

Con el programa de AUTO CAD CIVIL 2018, se diseñó el plano a escala adecuada con curvas de nivel, a intervalos de 30 cm. El plano contiene las áreas según los términos de referencias.

2.5.1.2-Software utilizados

Transferencia de datos a PC	Topcon link
Transferencia de puntos GPS	MapSource
Descarga de datos en una hoja de Excel	Planilla de Excel
Diseño general	AUTO CAD CIVIL 2018.

2.5.1.3- Equipos de trabajo.

- Estación total TOPCON GTS 236W serie 285668
- Dos prismas
- Dos porta prisma
- Tres radios
- Dos bastones
- Un trípode
- Una barreta
- Dos combos
- Un cincel plano



WILD CATS PERU INGENIEROS S.A.C.
Rafael Chong
Ing. Rafael Armando Chong Miguera
CIP N° 100000 - CONSULTOR C-1980
JEFE DEL AREA DE LABORATORIO DE SUELOS



- Un cincel en punta
- Cinta métrica de 30m.
- GPS Garmin MAP62 S
- Una computadora

2.5.4 Descripción de los Trabajos

2.5.4.1 Ubicación de Estación.

Se procede a la ubicación de las estaciones, las cuales nos sirven como puntos de partida ya que se culminó el trabajo con estaciones enlazadas

2.5.4.2 Levantamiento de poligonal.

Para amarrar cada sitio se utiliza estaciones, las cuales servirán de apoyo, para la ubicación y replanteo en los días consecutivos a levantar. Se empleará una poligonal abierta, la cual recorre el área de influencia de la carretera a ejecutar.

Se dejarán marcas que indiquen cada estación.

2.5.4.3 Levantamiento de edificaciones.

Para hacer el levantamiento al detalle del terreno, se adiestra a la porta mira, el cual realiza por cartaboneo la ubicación del prisma, realizando una toma cada 5m teniendo en cuenta esquinas de edificios, postes, tomas de energía, conexiones de agua y otros.

En el terreno se realiza el levantamiento por cuadrículas, con la finalidad de tomar una apreciación más al detalle del desnivel del terreno.

2.5.4.4 Levantamientos de exteriores y linderos.

Se recogió la ubicación de linderos, medianeros y cotas del terreno exterior. Con la finalidad de dar una adecuada ubicación a las obras civiles.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Chacón Miquel
Ing. Rafael Armando Chacón Miquel
CIP N° 51823 - CONSULTOR C11302
JEFE DEL ÁREA DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

TESIS: " UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C. P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2021"

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto tiene una longitud total de 2+480 KM.

CARACTERISTICAS DE DISEÑO	TRAMO
	DEL KM+0.000
	AL 2+480
Según Demanda	Trocha Carrozable
Según Condiciones Orografía	Terreno Plano Tipo 1
Ancho de Calzada	10.00 m

- Con toda la actividad desarrollada, tal como se explica en el presente informe, se demuestra la responsabilidad y la meticulosidad con la que se ejecutó el trabajo, más aún cuando se utilizó instrumentos de alta precisión y metodología adecuada, aspectos que nos permite afirmar con seguridad que el trabajo es altamente confiable, acorde a las exigencias tecnológicas modernas y de las especificaciones requeridas.
- Se dejaron BM auxiliares en zonas estratégicas.



WILDCATS PERU INGENIEROS S.A.C.

Rafael Armando Charcope Miraya
Ing. Rafael Armando Charcope Miraya
CIP Nº 10028 - CONSULTOR CIVIL
JEFE PLAZA DE LABORATORIO DE SUELOS

Anexo 10: Panel Fotográfico





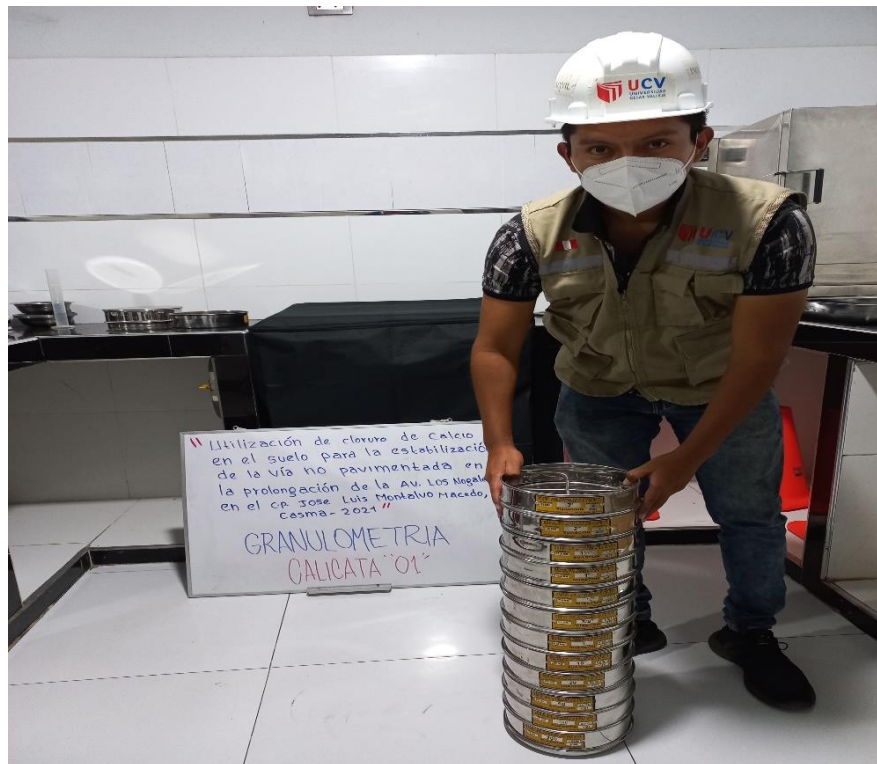


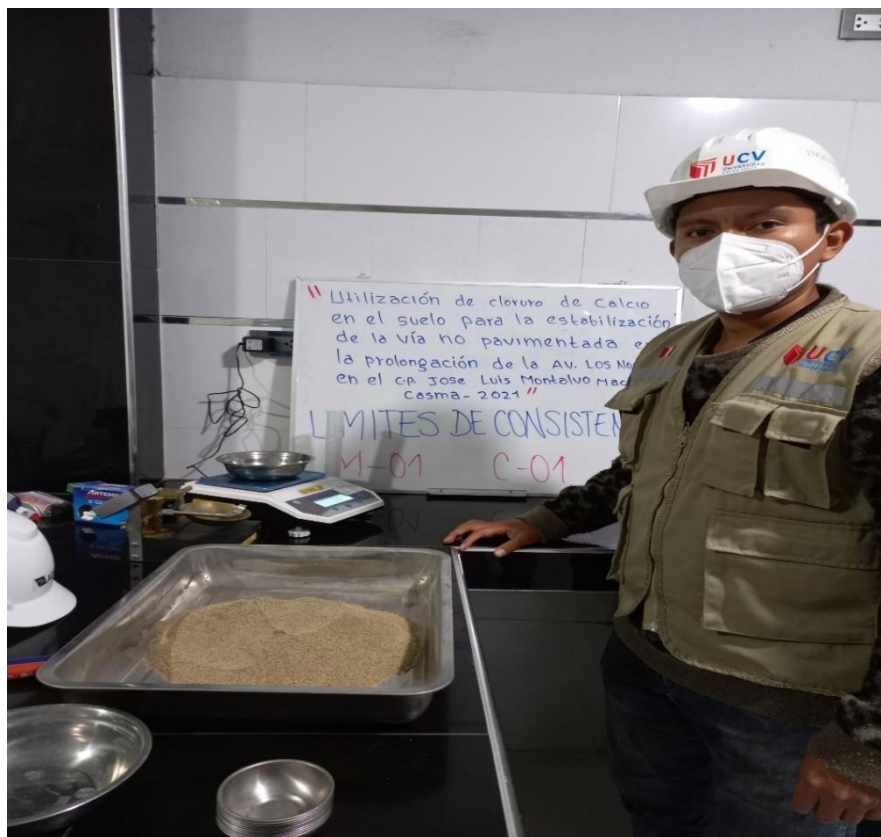


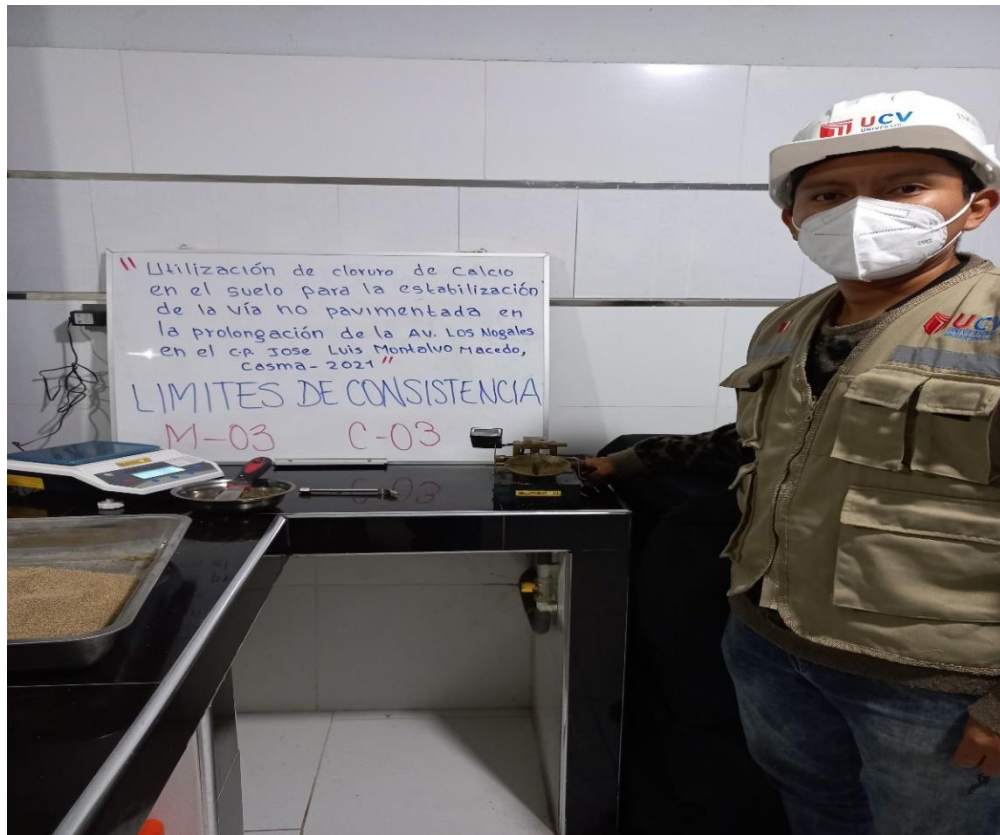
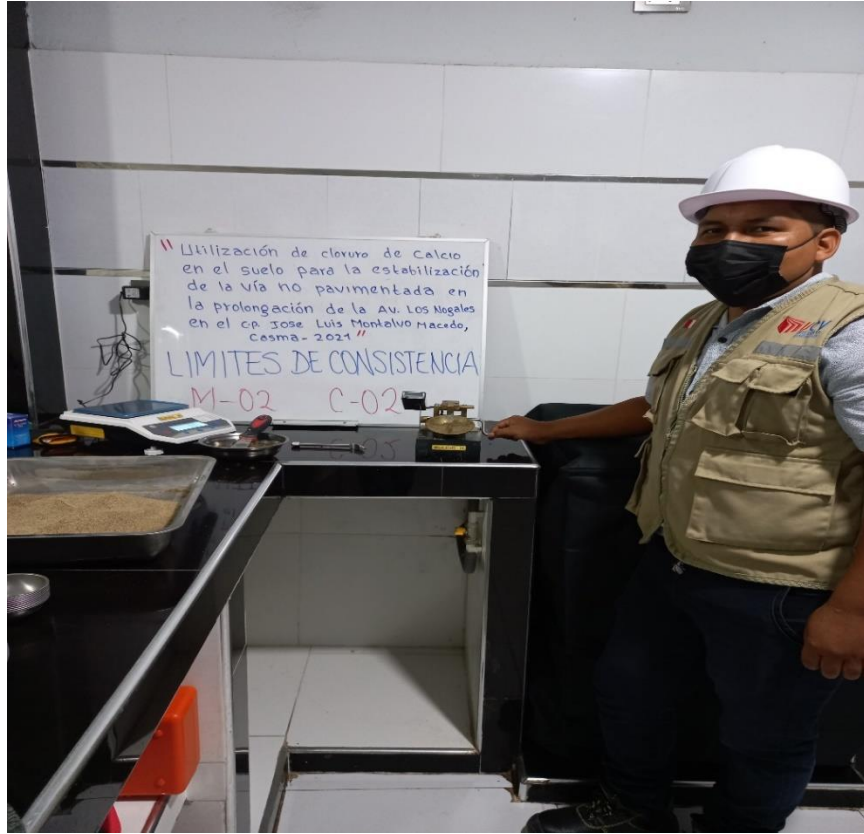


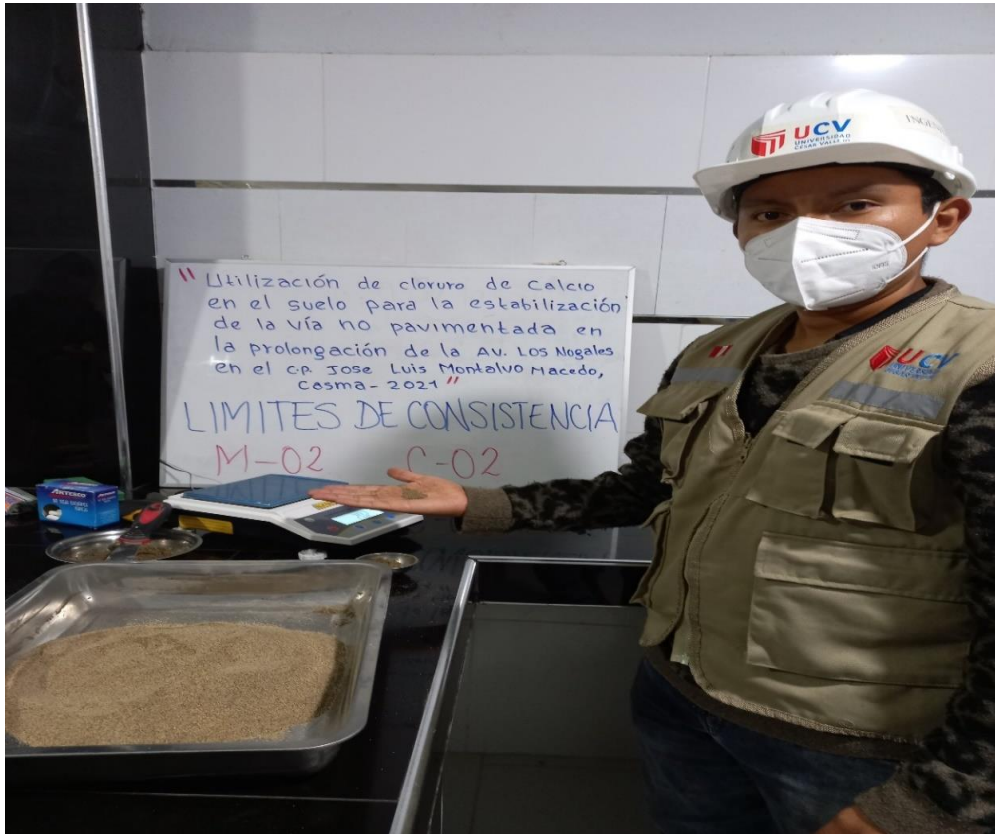
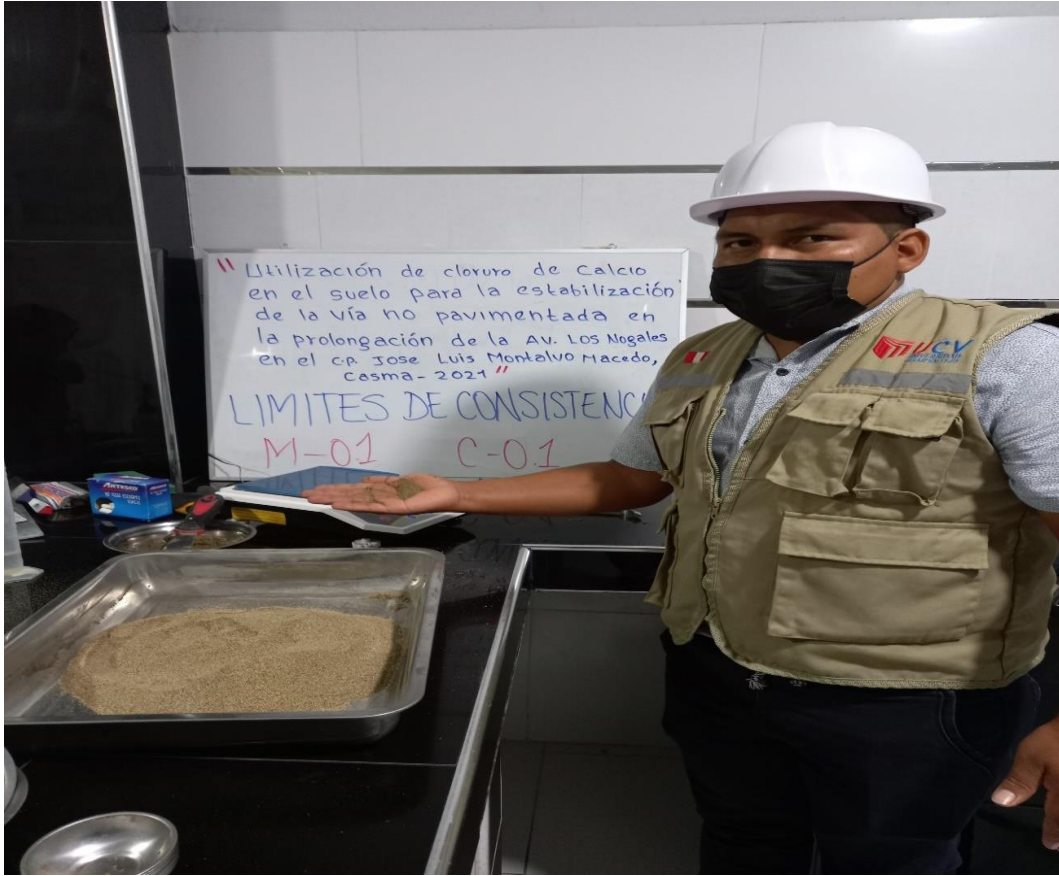


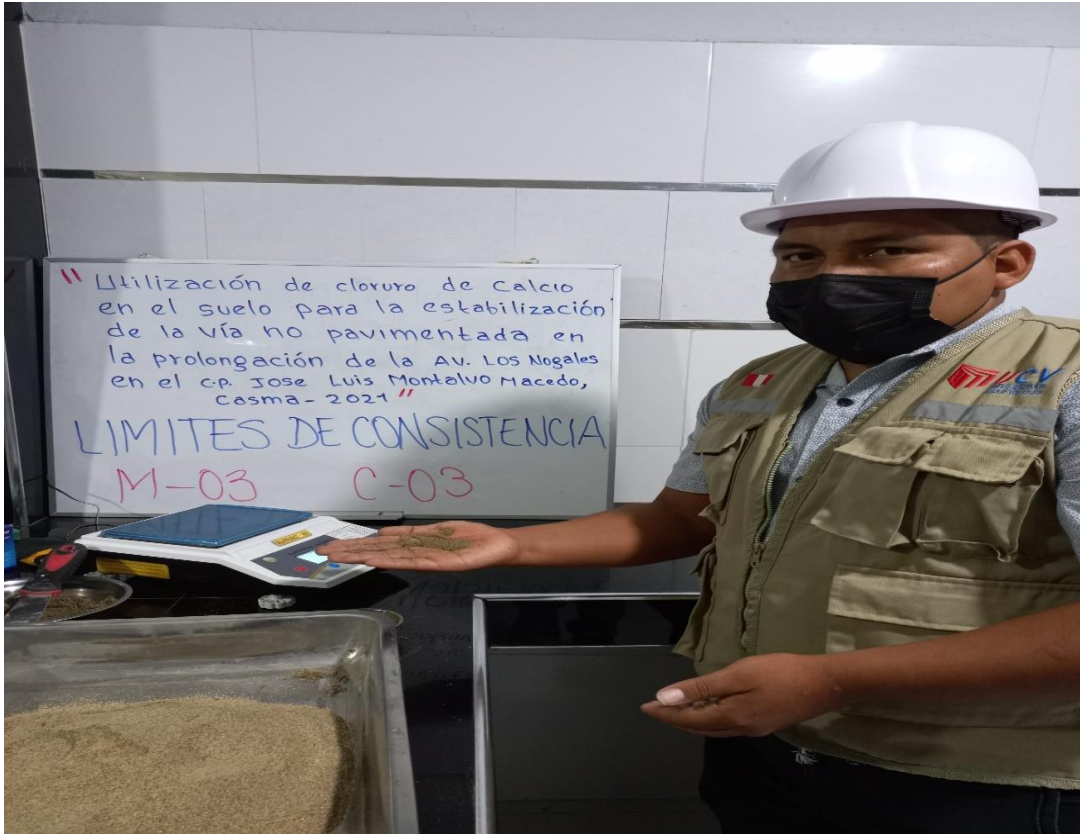














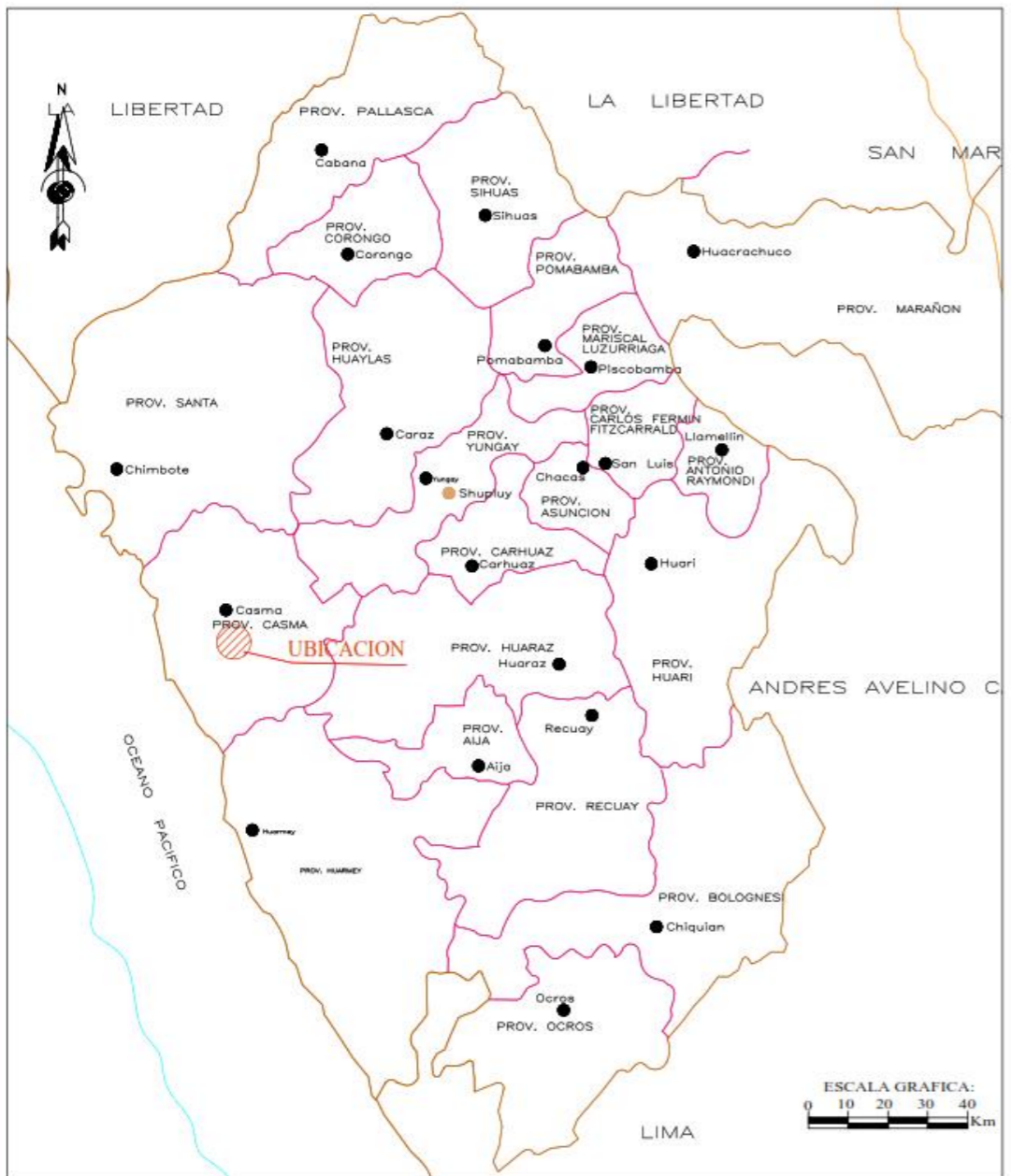






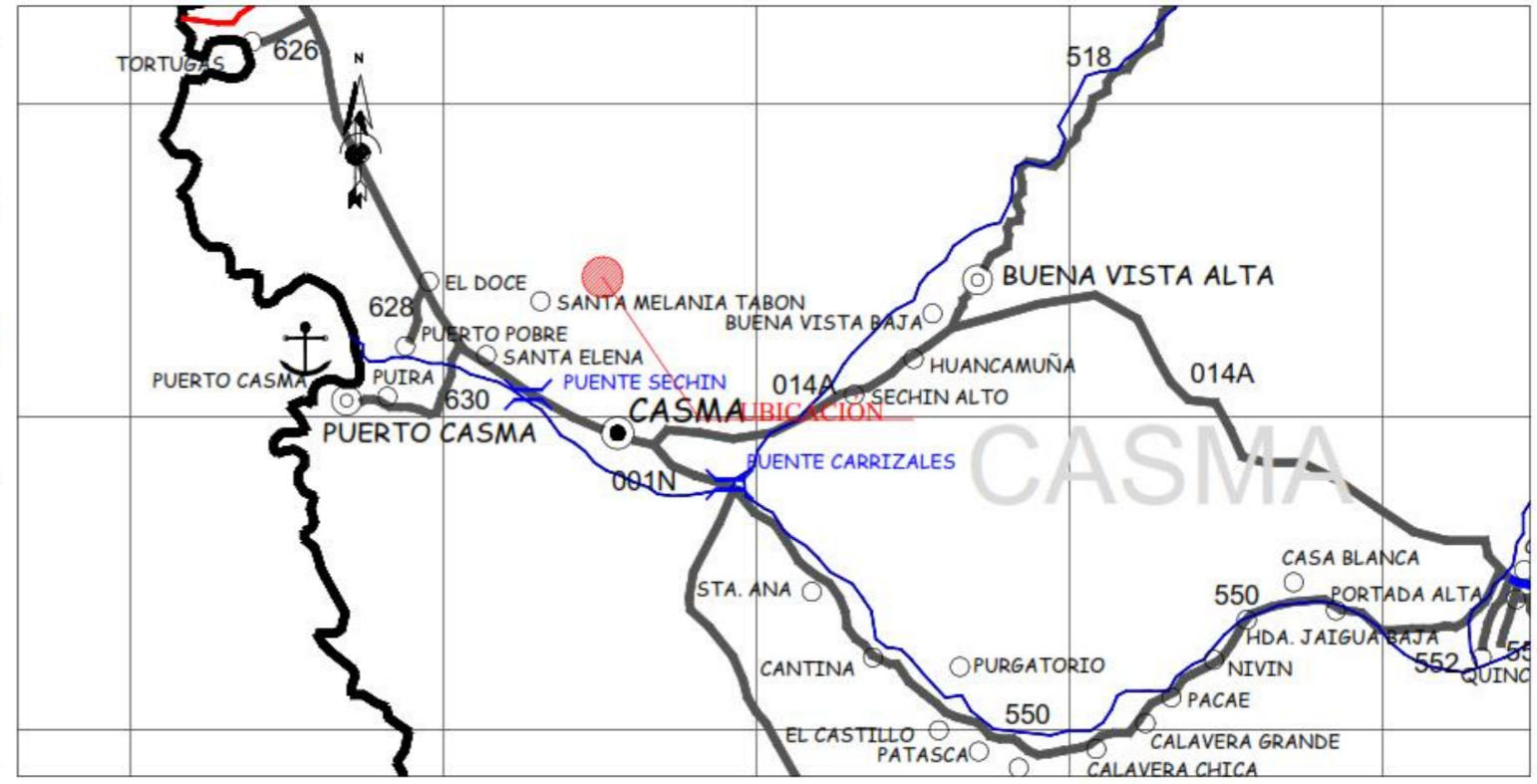


Anexo 11: Planos



LEYENDA:

CAPITAL PROVINCIAL	●
LIMITE PROVINCIAL	—
LIMITE REGIONAL	—
LIMITE MAR TERRITORIAL	—
LIMITE COSTA	—
LIMITE SIERRA	—



UBICACION
Esc. 1/150 000



LEYENDA

Ruta	Código
Nacional	001N
Departamental	100
Vecinal	500

Signos Convencionales
Superficie de Rodadura

Asfaltado	Trocha Carrozable
Afirmado	En Proyecto
Sin Afirmar	
Capital Departamental	Caleta
Capital Provincial	Embarcadero
Capital Distrital	Puerto Fluvial
Pueblo	Muelle
Puente	Acc. Geográficos
Pontón	Abra
Túnel	Mina
Badén	Planta Eléctrica
Aeropuerto	Otros
Aeródromo	Planta
	Puerto
—	Rio
—	
—	

IMAGEN SATELITAL DE LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES

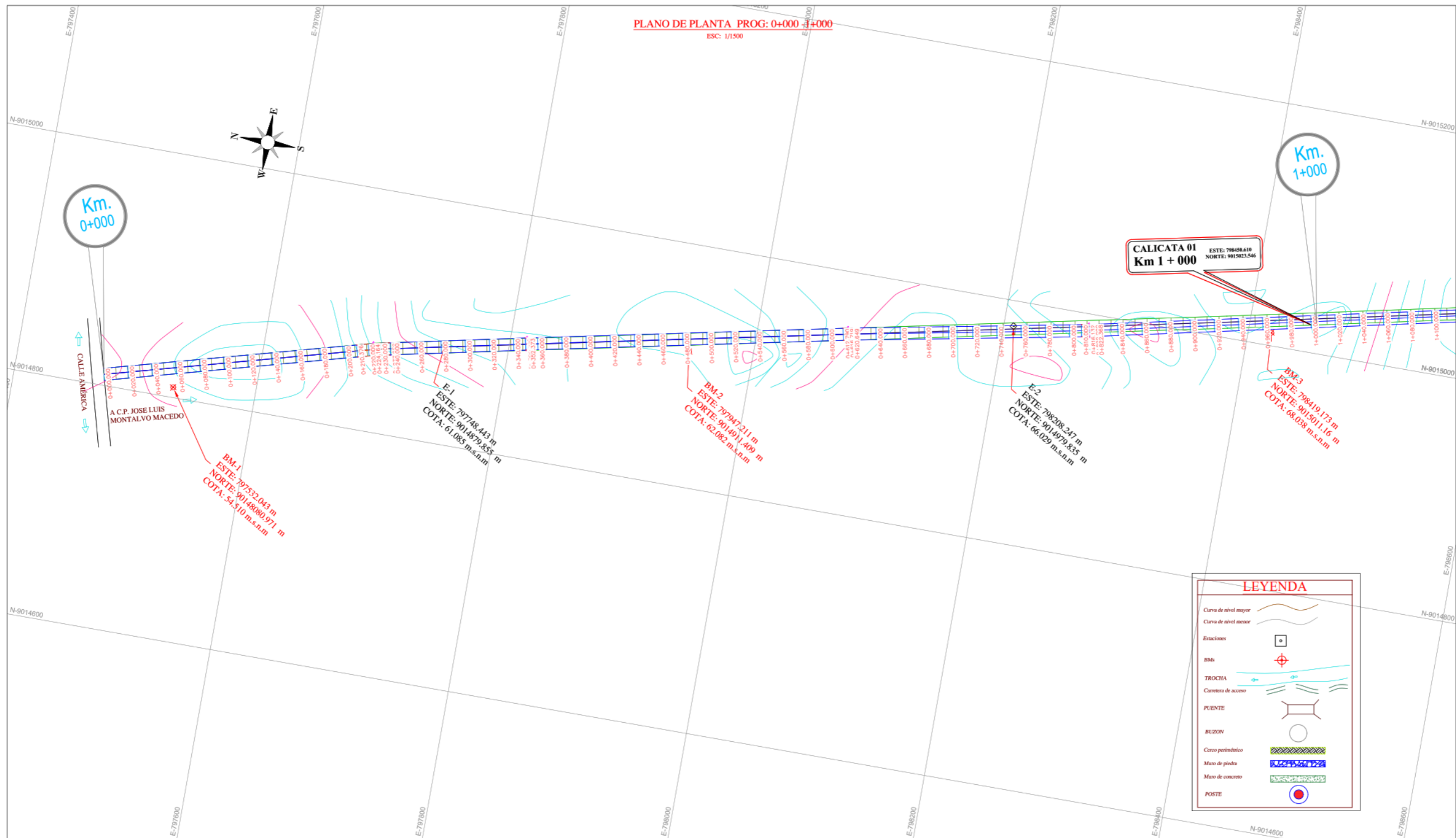


UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C.P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2022"

PLANO DE UBICACIÓN

Autores: César Jara, John Wilmar Páezman Covalente, Anderson Jara	Ubicación: Dpto.: ANCASH Pro.: CASMA Distrito: CASMA
Asesor: Mg. Legenda Salazar, Shelly Mendi	N° Llave: ABRIL 2022 U-01



UBICACION DE RED DE BMS

ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
797532.043	9014808.971	54.510	BM-1
797947.211	9014911.409	62.082	BM-2
798419.173	9015011.16	68.038	BM-3

UBICACION PUNTOS DE ESTACION WGS84

ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
797748.443	9014879.855	61.085	E-1
798208.247	9014979.835	66.029	E-2

UBICACION PUNTOS DE CALICATAS

ESTE	NORTE	DESCRIPCION
798450.610	9015023.546	C-1

LEYENDA

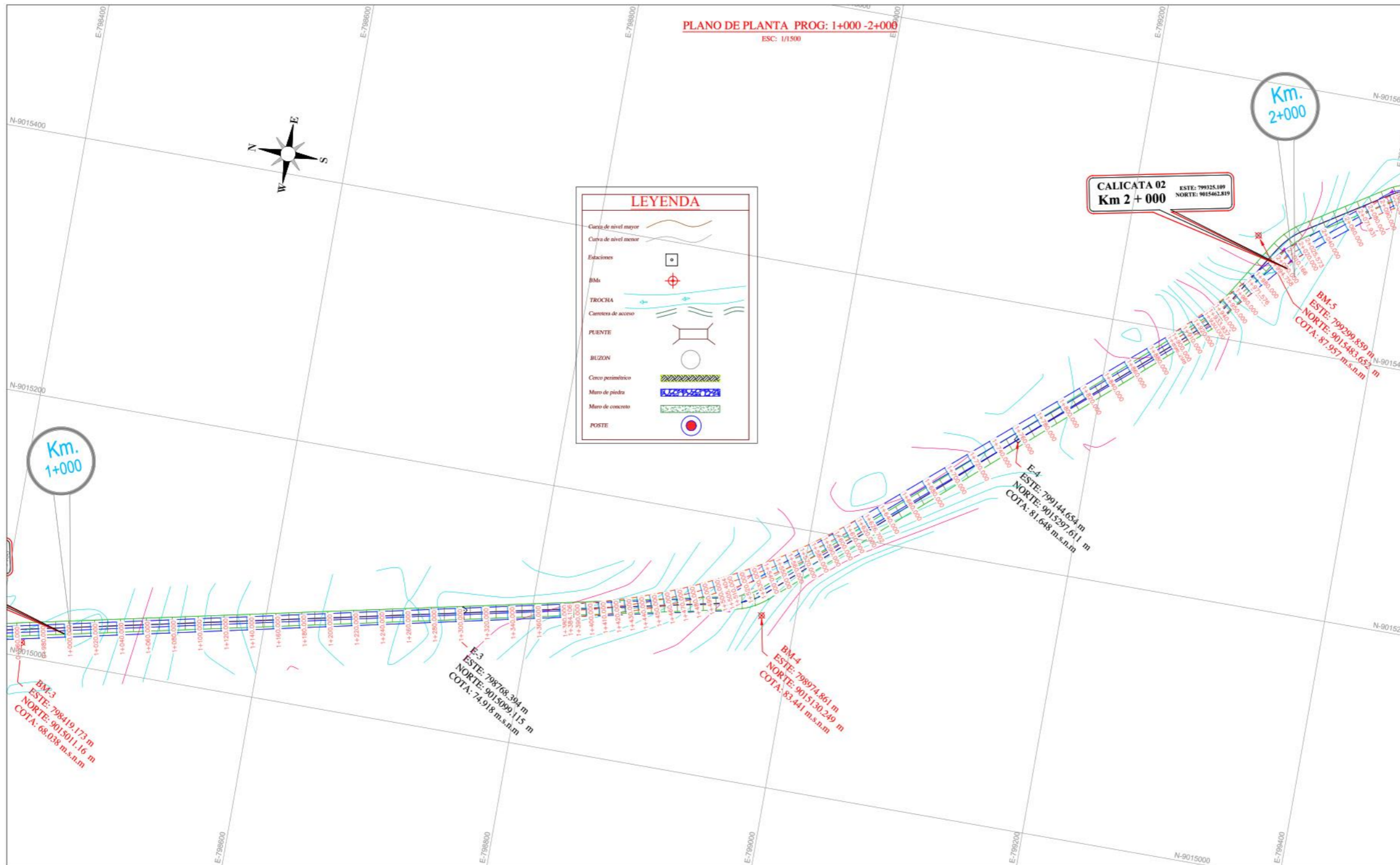
- Curva de nivel mayor
- Curva de nivel menor
- Estaciones
- BMs
- TROCHIA
- Carretera de acceso
- PUENTE
- BUZON
- Cerco perimetrico
- Muro de piedra
- Muro de concreto
- POSTE

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C.P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2022"

PLANO: **PLANO TOPOGRÁFICO**
 PROG. 0+000 - 1+000

Autores: Ceslypa Jara, John Winer Pilluaman Cosavalente, Anderson Jara	Ubicación: Fecha: MAYO 2022	Distrito: CASMA	W/Lamina: TP-01
--	-----------------------------------	--------------------	---------------------------



UBICACION DE RED DE BMS

ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
798974.861	9015130.249	83.441	BM-4
799299.859	9015483.652	87.957	BM-5

UBICACION PUNTOS DE ESTACION WGS84

ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
798768.394	9015099.115	74.918	E-3
799144.654	9015297.611	81.648	E-4

UBICACION PUNTOS DE CALICATAS

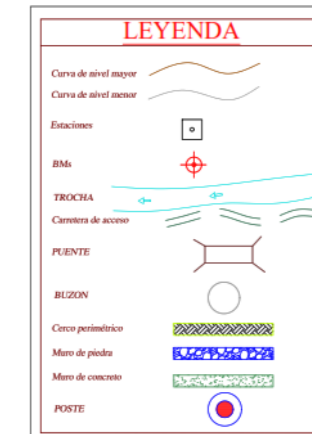
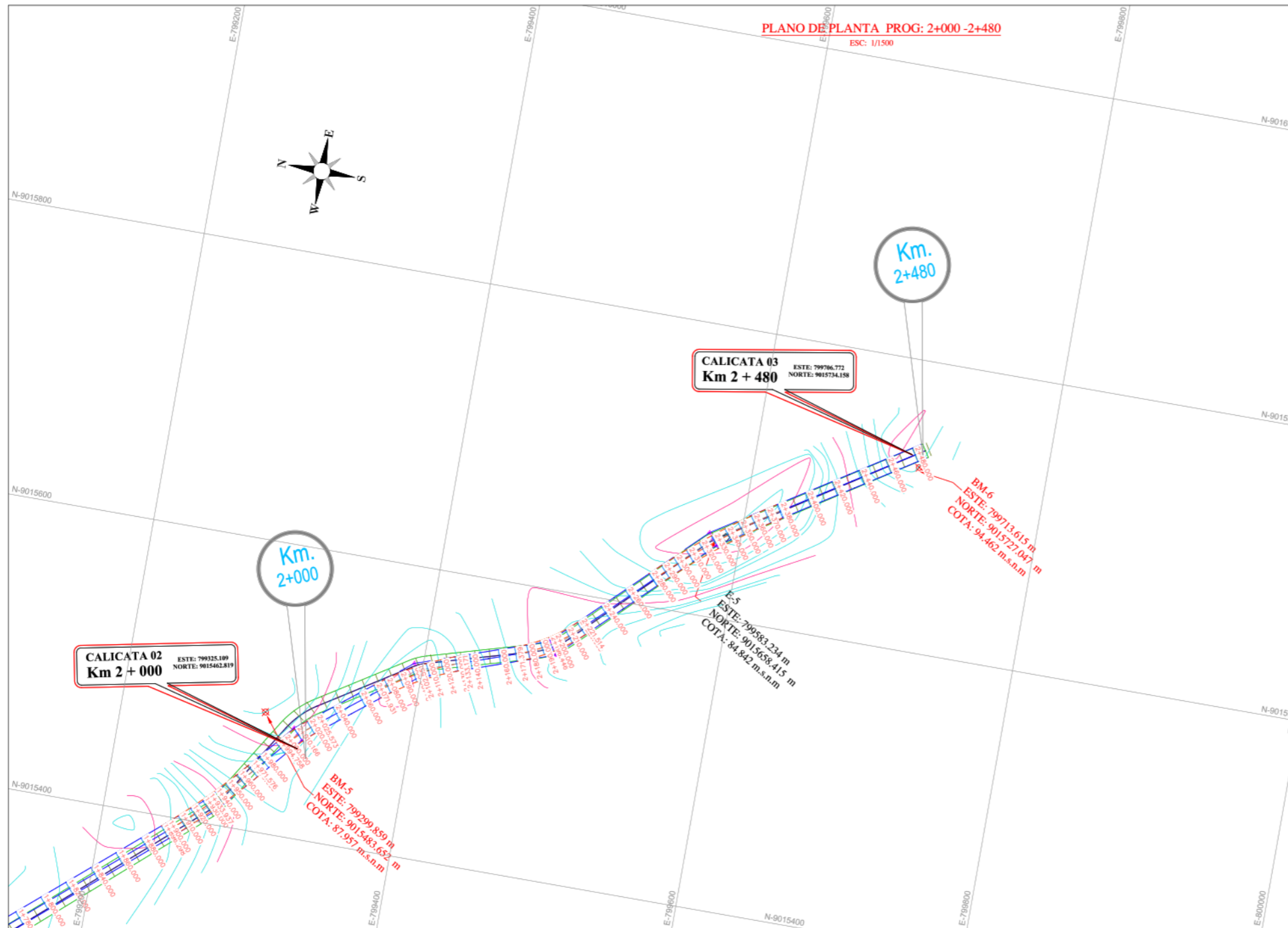
ESTE	NORTE	DESCRIPCION
799325.109	9015462.819	C-2

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C.P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2022"

PLANO TOPOGRÁFICO
PROG. 1+000 - 2+000

Autor: Castro Jara, John Wilmar P/W: Huaman Cosavalencia, Anderson Jair Asesor: Mg. Legembre Sotelo Sheila Mabel	Ubicación: Opts.: ANCASH Prov.: CASMA Depto.: CASMA Estado: Indicado CAD: L.A.R.O.	Fecha: MAYO 2022	N° Lámina TP-02
--	--	------------------	---------------------------



UBICACION DE RED DE BMS			
ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
798974.861	9015130.249	83.441	BM-4
799299.859	9015483.652	87.957	BM-5

UBICACION PUNTOS DE ESTACION WGS84			
ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
799583.234	9015658.415	84.842	E-5

UBICACION PUNTOS DE CALICATAS		
ESTE	NORTE	DESCRIPCION
799706.772	9015734.158	C-3

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	PROYECTO: "UTILIZACIÓN DE CLORURO DE CALCIO EN EL SUELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LOS NOGALES EN EL C.P. JOSÉ LUIS MONTALVO MACEDO, CASMA - 2022"			
Plano: PLANO TOPOGRÁFICO PROG.2+000 - 2+480				
Autores: Cañipa Jairo, John Wilmer Piñahuan Cosanaleto, Anderson Jao	Ubicación: Depto.: ANCASH Pro.: CASMA Distrito: CASMA	Fecha: MAYO 2022	Nº Lámina: TP-03	
Asesor: Mij Legendre Salazar, Shelo Mater	CAD: L.A.R.O.			

