

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Nolberto Anaximandro Oblitas Terrones

Asesor:

M.Cs. Lizbeth Milagros Merma Gallardo

<https://orcid.org/0000-0002-4644-063X>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Kely Elizabeth Núñez Vásquez	42679441
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Jane Elizabeth Álvarez Llanos	26704582
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mario René Carranza Liza	26602358
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023

ORIGINALITY REPORT

18%	18%	0%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

35%
★ hdl.handle.net
Internet Source

Exclude quotes	Off	Exclude matches	< 2%
Exclude bibliography	On		

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi padre José Oblitas y mi madre Lucila Terrones por su paciencia y apoyo incondicional ante diferentes sucesos de mi vida, por la confianza que ellos depositan en mi persona para poder lograr este objetivo preciado en mi vida. También va dedicada para mi hermana que siempre se está preocupando por mí, para mis familiares cercanos y amigos que están al pendiente y dispuestos a brindarme su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por su amor, guía, paciencia y por brindarme la oportunidad de aprender cosas espirituales e intelectuales durante el transcurso de mi vida. Agradecer a mis padres su sacrificio y esfuerzo, ya que, debido a esto, me apoyaron con mis estudios a pesar de mis adversidades. A mis familiares y amigos cercanos que al verme en dificultades me brindaron su apoyo sin esperar nada a cambio. También agradecer a mis docentes por compartir sus conocimientos y experiencias durante mi vida universitaria. Agradecer también a mi asesora por brindarme lo necesario para lograr hacer esta tesis, al director de carrera por atender mis consultas y los encargados de laboratorio de suelos por guiarme en los ensayos.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	35
1.3. Objetivos	35
1.4. Hipótesis	35
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	75
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS	113
ANEXOS	117

Índice de tablas

Tabla 1 Propiedades químicas del PVC.....	31
Tabla 2 <i>Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular</i>	34
Tabla 3 <i>Requerimiento Calidad para Sub-Base Granular</i>	34
Tabla 4 <i>Población y muestra del material de subbase para el estudio</i>	38
Tabla 5 <i>Pesos mínimos de muestra para ensayo de granulometría.</i>	43
Tabla 6 <i>Métodos del Ensayo de Proctor Modificado.</i>	51
Tabla 7 <i>Relación de soporte valor patrón (índice resistente CBR).</i>	56
Tabla 8 <i>Clasificación AASHTO</i>	61
Tabla 9 <i>Comparación de los ensayos de peso específico de la subbase sin alterar y alterado con PVC triturado.</i>	75
Tabla 10 <i>Análisis granulométrico de muestra patrón.</i>	77
Tabla 11 <i>Análisis granulométrico con adición de PVCG al 5%.</i>	78
Tabla 12 <i>Análisis granulométrico con adición de PVCG al 8%.</i>	79
Tabla 13 <i>Análisis granulométrico con adición de PVCP al 5%.</i>	80
Tabla 14 <i>Análisis granulométrico con adición de PVCP al 8%.</i>	81
Tabla 15 <i>Cuadro comparativo de los ensayos de límites de consistencia del material de subbase sin y con adición de RPVC triturado.</i>	83
Tabla 16 <i>Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la muestra patrón.</i>	86
Tabla 17 <i>Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 5% de PVCG.</i>	86
Tabla 18 <i>Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 8% de PVCG.</i>	87
Tabla 19 <i>Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 5% de PVCP.</i>	87
Tabla 20 <i>Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 8% de PVCP.</i>	88
Tabla 21 <i>Abrasión del material de subbase.</i>	88
Tabla 22 <i>Resultados del ensayo de Proctor Modificado.</i>	89
Tabla 23 <i>Resultados de ensayo CBR material de cantera muestra 1.</i>	91
Tabla 24 <i>Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca.</i> ...	92
Tabla 25 <i>Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 5% de PVCG.</i>	92

Tabla 26	<i>Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca. ...</i>	93
Tabla 27	Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 8% de PVCG.....	94
Tabla 28	<i>Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca ...</i>	95
Tabla 29	<i>Cuadro comparativo para CBR 0.1" del material de cantera 1 sin PVCG y con PVCG.</i>	95
Tabla 30	<i>Cuadro comparativo de los ensayos de CBR.....</i>	96
Tabla 31	<i>Resultados de ensayo CBR material de cantera muestra 2.....</i>	97
Tabla 32	<i>Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca. ...</i>	98
Tabla 33	<i>Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 5% de PVCP.....</i>	98
Tabla 34	Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca. ...	99
Tabla 35	<i>Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 8% de PVCP.....</i>	100
Tabla 36	<i>Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca ..</i>	101
Tabla 37	<i>Cuadro comparativo para CBR 0.1" del material de cantera 2 sin PVCP y con PVCP.....</i>	101
Tabla 38	<i>Cuadro comparativo de los ensayos de CBR (segunda muestra).</i>	102

Índice de figuras

Figura 1	<i>Pavimento con falla interconectadas Av. Héroes del Cenepa-Cajamarca.</i>	18
Figura 2	Cargas en pavimento rígido y flexible	21
Figura 3	Elementos climáticos comunes que soporta un pavimento.	22
Figura 4	Tipos de Pavimento.	24
Figura 5	Colocación de subbase	25
Figura 6	Estructuras Típicas de Pavimento Flexible y Rígido.	27
Figura 7	Deterioro del pavimento por deficiencias en las capas granulares.	28
Figura 8	<i>Recojo de PVC sobrante.</i>	32
Figura 9	<i>Protocolo contenido de humedad.</i>	40
Figura 10	<i>Protocolo peso específico de sólidos.</i>	42
Figura 11	<i>Análisis granulométrico con porcentajes determinados.</i>	44
Figura 12	<i>Ensayo en aparato del límite líquido (o de Casagrande).</i>	45
Figura 13	<i>Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico.</i>	47
Figura 14	<i>Ensayo Abrasión Los Ángeles (L.A).</i>	49
Figura 15	<i>Proctor Modificado.</i>	53
Figura 16	<i>Curva para cálculo de índice de CBR.</i>	56
Figura 17	<i>Protocolo para ensayo CBR adaptado de la norma MTC E-132.</i>	57
Figura 18	<i>Protocolo para la carga y penetración (CBR), adaptado de la norma MTC E 132.</i>	58
Figura 19	<i>Determinación de CBR.</i>	59
Figura 20	<i>Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487 (94).</i>	62
Figura 21	<i>Esquema del procedimiento del estudio.</i>	64
Figura 22	<i>Ubicación de cantera Don Lucho.</i>	66
Figura 23	<i>Comparación del peso específico sin y con RPVC triturado</i>	76
Figura 24	<i>Curva granulométrica de la muestra patrón.</i>	77
Figura 25	<i>Curva granulométrica de la subbase con adición de 5% de PVCG.</i>	78
Figura 26	<i>Curva granulométrica de la subbase con adición de 8% de PVCG.</i>	79

Figura 27	<i>Curva granulométrica de la subbase con adición de 5% de PVCP.</i>	80
Figura 28	<i>Curva granulométrica de la subbase con adición de 8% de PVCP.</i>	81
Figura 29	<i>Curvas granulométricas de la subbase sin RPVC y con RPVC triturado.</i>	82
Figura 30	<i>Variación del límite líquido de la subbase sin alterar y la subbase alterada con RPVC.</i>	83
Figura 31	<i>Grafico para hallar la densidad máxima seca.</i>	90
Figura 32	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2"</i>	91
Figura 33	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 5% de PVCG.</i>	93
Figura 34	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 8% de PVCG.</i>	94
Figura 35	<i>Grafico comparativo de %CBR para los tres moldes ensayados.</i>	95
Figura 36	<i>Variación de índice CBR.</i>	96
Figura 37	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2"</i>	97
Figura 38	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 5% de PVCP.</i>	99
Figura 39	<i>Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 8% de PVCP.</i>	100
Figura 40	<i>Grafico comparativo de %CBR para los tres moldes ensayados.</i>	101
Figura 41	<i>Variación de índice CBR segunda muestra de cantera.</i>	102
Figura 42	<i>Recolección de residuos de PVC (Distrito de Eduardo Villanueva-San Marcos).</i>	117
Figura 43	<i>Recolección del material de subbase (Cantera Don Lucho).</i>	117
Figura 44	<i>Peso de la tara más material de cantera-para ensayo de contenido de humedad.</i>	118
Figura 45	<i>Separación del material fino y grueso para la granulometría, malla N° 4.</i>	118
Figura 46	<i>Ensayo de peso específico del material de subbase.</i>	119
Figura 47	<i>Peso específico la piedra, con la ayuda de los encargados del laboratorio.</i>	120
Figura 48	<i>Preparando el material de subbase para el ensayo limite líquido.</i>	120
Figura 49	<i>El material no presenta plasticidad (NP).</i>	121
Figura 50	<i>5% de PVCG para el ensayo de granulometría.</i>	121
Figura 51	<i>Preparación del material para el ensayo de proctor modificado método "C".</i>	122
Figura 52	<i>Preparación del material con la adición de RPVC que pasa malla 3/4"-CBR.</i>	122
Figura 53	<i>Enrasado del molde 1, ensayo CBR con 5% PVCG.</i>	123

Figura 54	<i>Ensayo de esfuerzo - penetración, prensa CBR.....</i>	123
Figura 55	<i>Preparación de muestra con PVCP triturado, ensayo CBR.....</i>	124
Figura 56	<i>Tamizado del material fino por lavado.</i>	124
Figura 57	<i>Ensayo de abrasión los ángeles, material de cantera.</i>	125

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Porcentaje retenido sobre cada tamiz.....	43
Ecuación 2: Porcentaje parcial retenido en análisis granulométrico.	44
Ecuación 3: Límite Plástico.....	46
Ecuación 4: Índice de plasticidad.....	46
Ecuación 5: Densidad Húmeda del Material.....	50
Ecuación 6: Densidad Seca del Material.	51
Ecuación 7: Porcentaje de agua a añadir CBR.	55
Ecuación 8: Porcentaje de Expansión CBR.....	55
Ecuación 9: Esfuerzo.	57
Ecuación 10: Índice CBR.	59
Ecuación 11: Índice de grupo.	70
Ecuación 12: Coeficiente de uniformidad.	71
Ecuación 13: Coeficiente de curvatura.	71

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue el determinar el efecto de la adición de 5% y 8% de residuos de PVC [RPVC] en las propiedades físicas y propiedad mecánica (CBR) del material granular para uso como subbase en pavimentos urbanos de acuerdo a la Norma Técnica CE. 010 pavimentos urbanos del RNE. Se recolectó los RPVC generados en dos obras de San Marcos (pavimento y saneamiento); se recolecto material granular subbase de la cantera Don Lucho, ubicada a 2.3 Km. Desde la intersección de la Av. Independencia y avenida Héroes de Cenepa, quedando al costado de la carretera transversal 8N que comunica la ciudad de Cajamarca con la carretera Panamericana Norte (carretera a la costa). El RPVC fue molido o triturado, obteniéndose RPVC que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " [PVCG] y otro más pequeño [RPVP] que pasa la malla N° 4. Se tomó material granular como muestra patrón y muestras añadiendo 5% y 8% de RPVC, se obtuvo sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada Del Norte según guías y normas MTC. Se obtuvo que al adicionar 5% y 8% de PVCP se aumentó la característica mecánica CBR con respecto a la muestra patrón en un 22.76 % y en 15.40 % respectivamente, también se obtuvo que al adicionar 5% y 8% de PVCG la característica mecánica CBR disminuyo en un 44.86 % y en 5.62 % respectivamente. Se obtuvo que no presenta plasticidad y que el límite líquido disminuyó en 29.21%, 1.92%, 29.30%, 25.82% para 5%PVCG, 8%PVCG, 5%PVCP y 8%PVCP, respectivamente. Se obtuvo que el peso específico disminuyó en 1.92%, 5.75% y 10.34% para 8%PVCG, 5%PVCP y 8%PVCP, respectivamente. La granulometría se mejora con PVCP y se mantiene con PVCG. Se concluye que 5% de PVCP mejora las propiedades físico mecánicas de la subbase.

PALABRAS CLAVES: Subbase, material granular, PVC, RPVC, PVCG, PVCP, peso específico, límite líquido, límite plástico, CBR, granulometría.

1.1. Realidad problemática

La escasez de servicios de infraestructura vial de calidad es uno de los aspectos más importantes de la política de desarrollo, especialmente en los países que se están en auge. Para la gran mayoría de los expertos, la ineficiencia de los servicios de infraestructura es un gran obstáculo para implementar políticas de desarrollo de manera efectiva y lograr tasas de crecimiento económico que superen el promedio internacional. Por diversas razones de inclusión, los países necesitan ampliar, modernizar y mejorar su infraestructura vial de acuerdo con los estándares técnicos básicos, lograr el máximo nivel de cobertura del territorio nacional y satisfacer de manera efectiva las necesidades de las entidades económicas y las personas. (Palacios Tovar, 2018).

Según el Informe de Competitividad Global 2019 del Foro Económico Mundial, Perú ocupa el puesto 88 de 141 economías evaluadas en el pilar de infraestructura. Adicionalmente, en el sub pilar de infraestructura de transporte, ocupamos el puesto 97 debido a mejoras en los indicadores de eficiencia de servicios portuarios (92) y conectividad marítima (39). Sin embargo, nuestras posiciones en los indicadores de Conectividad Vial (102) y Calidad de la Infraestructura Vial (110) reflejan la preocupante situación del país en materia de infraestructura vial.

El sistema vial de nuestro país se divide en tres niveles: la red vial nacional (27.109 km), que está a cargo del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC); la red vial departamental (27.505 km), que está a cargo de los gobiernos regionales, y la red vial vecinal (113.857 km), que es gestionada por el gobierno de la municipalidad responsable. En cuanto a lo primero, las mejoras en la calidad de las vías pavimentadas han sido notorias. Según el MTC, el porcentaje de vías pavimentadas en la red vial nacional pasó de 59,9 por ciento en

2012 a 79,1 por ciento en 2018. Sin embargo, cuando se trata de la red departamental, la tendencia no es la misma, con un total de 3.623 km o el 13,2% de las vías pavimentadas en 2018. Los departamentos que lideran el último indicador son Áncash (39,6%), Arequipa (32,8%), Lambayeque (31,2%), Loreto (30,3%) y Piura (28,4%). Por otro lado, los sectores con menores proporciones son Ucayali (0,4%), Madre de Dios (0,7%), Apurímac (0,7%), Huancavelica (1,1%) y Huánuco (2,2%). Estos indicadores nos dan a entender la deficiencia de la conectividad vial lo que conlleva la poca integración de los mercados. (COMEXPERU, 2020).

En la actualidad la ingeniería vial ha tenido un gran avance en la investigación y aplicación de nuevas tecnologías, es por ello que, el desarrollo de proyectos de infraestructura vial busca brindar a las personas modos de transporte competitivos y sustentables, para que los diferentes centros urbanos y rurales se integren y permitan el progreso de nuestra nación. Podemos ver esto en la construcción de nuevas carreteras, caminos vecinales, apertura de trochas, expansión urbana y otros proyectos viales en curso. Si miramos el estado de nuestras carreteras y caminos adyacentes desde el estado actual de pavimentación, nos encontramos ante un grave déficit de caminos pavimentados lo que nos lleva a reflexionar sobre el papel de la gestión del gobierno y a una adecuada valoración de las diferentes alternativas que existen para pavimentar estos caminos, porque la infraestructura y los servicios de transporte deben cumplir con la eficiencia, rentabilidad, confiabilidad y ecológicamente sostenibles. (Jahaira Chuzón, 2019).

Por un lado, si nos damos cuenta de que en nuestras ciudades algunos jirones pavimentados se encuentran en pésimas condiciones, es por el mal diseño, malos materiales o por la falta de mantenimiento adecuado que deben tener estas vías. Lograr pavimentos flexibles o rígidos en un país como el nuestro es de suma importancia porque así los habitantes de otros lugares lejanos tendrán fácil acceso a nuestras ciudades y podrán proveer sus productos de una manera más cómoda y sencilla. (Jahaira Chuzón, 2019).

Ya vimos la importancia económica y social de las obras viales, es por ello que ahora veremos los materiales que utilizamos para su realización. En construcción de pavimentos utilizamos materiales naturales, como roca, grava, arena y suelos seleccionados, a menudo denominados en los términos genéricos "agregado", "inerte" o "agregado" según su uso y aplicación, los cuales juegan un papel importante en la calidad, durabilidad y economía de las obras viales. La naturaleza y propiedades físicas de los materiales, así como su presentación y disponibilidad, serán los factores principales para determinar el uso de estos materiales y el grado de procesamiento que requieren antes de su uso. (Manual de Carreteras: suelos geología, geotecnia y pavimentos (sección suelos y pavimentos), 2014).

Pero debido a la difícil obtención de material de calidad para la conformación de la sub base o base en la estructura de un pavimento, el ingeniero deberá buscar trabajar con materiales granulares que cumplen con los requisitos aceptables, debido a esto debe intentar mejorar la calidad del material. Es por ello que durante la investigación inicial se ha encontrado que, en el país de Colombia, debido a este problema, se realizó estudios agregando desechos de PVC proveniente del proceso industrial para modificar el comportamiento del material natural, según los resultados obtenidos en este país, el material presento un incremento notable en resultados de CBR.

En Esmeraldas- Ecuador debido al identificar el problema recurrente baja calidad de material granular que no cumple con lo esencial para un buen servicio de un pavimento, el ingeniero civil debe mejorar tratar adecuar este material granular para un buen desempeño, es por eso que se realizó un estudio de la influencia de desechos de PVC en el material de subbase obteniéndose resultados positivos en el CBR del material al agregar un promedio de 3% a 9% de PVC.

En nuestro país también se han hecho estudios con la adición de desechos de PVC, en la ciudad de Juliaca para ser más exacto. Se realizó con el objetivo de modificar el comportamiento del material de subbase debido a que en la mayoría de casos el material no presenta la calidad deseada por el ingeniero, estos suelos o material extraído en esta región necesitan un mejoramiento para poder utilizarlo adecuadamente en los proyectos de carreteras o donde se requiera de su intervención. Este estudio de mejoramiento con PVC determinó que al 1% se obtuvo un CBR menor al del propio material y que partir del 1.8 % de adición; la resistencia aumenta y el peso unitario disminuye.

Según lo descrito con anterioridad vemos que el problema de la baja calidad o soporte del material de base y subbase en proyectos de pavimentos también se da en otros países como Colombia, Ecuador y también en la región de Juliaca perteneciente a nuestro país, es por ello que es necesario el buscar métodos que ayuden a solucionar este problema. Según el estudio de La Lambe (1999) citado por Rodríguez, Rondón, Vélez y Aguirre (2006), describe que el suelo es considerado como el material de construcción más abundante del mundo y la mayoría de veces el único recurso local con que cuenta el ingeniero para sus obras; en este caso, se busca que sus características cumplan los requisitos que exigen dichos trabajos.

En esto entra a tallar las subbases granulares, llamadas también agregados; que son elementos estructurales del pavimento que tienen como propósito distribuir las cargas del tránsito. Para cumplir con este propósito, las subbases deben ser construidas con propiedades de resistencia interna necesarias (Montejo, 1998).

Por ello Aiassa y Arria (2007) sostienen que la mejora de este suelo mediante compactación y la incorporación de material granular o estabilizador constituye una estrategia indispensable para lograr materiales adecuados a las necesidades.

El estabilizador que necesitamos en muchas veces está en una obra de construcción, ya que genera altos porcentajes de residuos sólidos, ya sea durante la demolición o la construcción de una obra nueva. Sin embargo, estos residuos todavía tienen una alternativa de poder ser útiles, si se opta por el reciclaje. Este puede ser en la misma obra, haciendo la selección y limpieza del material o puede ser llevada a un punto de acopio para luego tratarla (Reciclaje de desechos, Sachahuaman, 2015).

A apreciación propia, la mala calidad del material en la ciudad de Cajamarca de subbase usada en la construcción de pavimentos provoca fallas las cuales tiempo después empeorarán provocándose en ellas grietas interconectadas que dificultarán la circulación de los vehículos. Es por ello que es necesario realizar una investigación de la subbase granular con la inclusión de desechos de PVC para mejorarla considerando ensayos de suelos para determinar las propiedades mecánicas o capacidad portante de esta, las cuales nos darán la información necesaria para determinar si los desechos de PVC beneficiaron o perjudicaron al material de subbase. Ver **Figura 1**.

Figura 1

Pavimento con falla interconectadas Av. Héroes del Cenepa-Cajamarca.



El trabajo de Rodríguez et al (2006), sobre influencia de la inclusión de desechos de PVC sobre el CBR en un material granular tipo subbase en la ciudad de Medellín-Colombia, demostró que el desecho de PVC; mejora el CBR de un material tipo subbase a partir de 1.8%; caso en el cual se mantiene las propiedades originales. Cuando utilizaron porcentajes iguales o mayores a 3%, el peso unitario disminuyo.

El trabajo de Blanco et al (2012), sobre reutilización del desecho de PVC como agente estabilizador de subbases granulares en la ciudad de Barranquilla-Colombia, demostró que mejora el CBR de un material granular tipo subbase a partir del 4% al 6% caso en el cual mantiene las propiedades originales.

El estudio de Lascano y Narvaez (2010), en su estudio sobre mejoramiento de la capacidad portante de una subbase granular con desechos de PVC en la provincia de Esmeraldas-Ecuador, obtuvo resultados positivos en el CBR del material al agregar un promedio de 3% a 9% de PVC, mientras que a partir del 12% el valor del CBR empieza a disminuir siendo perjudicial para el material de subbase.

El trabajo de Pari (2013), en su trabajo sobre influencia de la inclusión de desecho de policloruro de vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular en la ciudad de Puno-Perú, determinó que a partir del 1.8 % de adición; la resistencia aumenta y el peso unitario disminuye, siendo el 3% de adición el óptimo para aumentar la resistencia.

La investigación de Ruiz (2017), en su investigación sobre influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo- Perú, a partir de ensayos determinó que el CBR presenta un incremento notable; concluyendo así que a partir de 3% de adición de PVC la resistencia aumenta y el peso unitario disminuye.

Precisiones Conceptuales

Pavimento

El pavimento por definición, es una estructura heterogénea de suelos y rocas naturales, que el ingeniero toma, procesa y transforma, para formar capas resistentes que, en su conjunto, soporten cargas que le transmitirán los vehículos y sujetas a los agentes naturales de la región, durante toda su vida útil de servicio. (Instituto Mexicano del Transporte, [imt], 2012, notas art. n.º 134).

Desde el punto de vista del ingeniero el pavimento es una estructura de cimentación formada por una o más capas, sobre la que actúan cargas repetidas provenientes de los vehículos en su superficie y que debe de ser capaz de transmitir durante su vida útil las tensiones provocadas por estas hacia la subrasante y hacia los materiales constitutivos de sus capas, de tal forma que no se superen las tensiones y deformaciones específicas admisibles del suelo de cimentación. (Felipe Hidalgo, 2007).

Según el Ministerio de Economía y Finanzas, en su publicación Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos (2015); sostiene que el pavimento es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por capa de rodadura, base y subbase.

Y desde el punto de vista del usuario, un pavimento es una estructura que debe permitir el flujo de tráfico mixto, en condiciones favorables de seguridad y comodidad, en cualquier clima y durante un largo período de tiempo. (Tosticarelli, 2006).

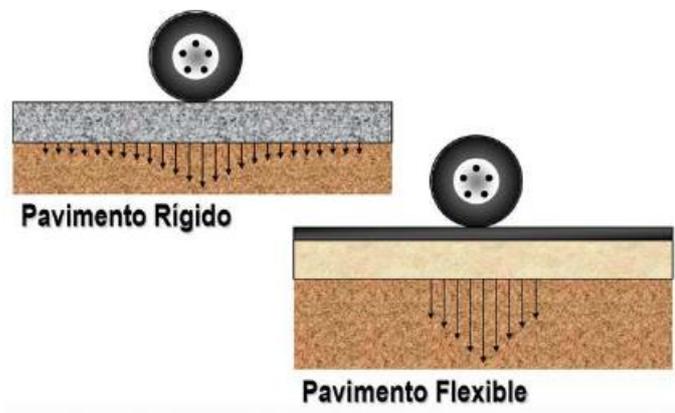
Funciones de un Pavimento

De acuerdo a lo compartido por Jhonn Mocondino (2020), en su tema “¿que son los pavimentos y como se clasifican?”. Se afirman las siguientes funciones básicas:

1. Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito, como vemos en la **Figura 2**.

Figura 2

Cargas en pavimento rígido y flexible



Nota. Adoptado de *Pavimentos* (p.6), Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Rosario [UTN].

La alta rigidez de la losa de hormigón le permite mantener la forma de la losa y distribuir la carga sobre un área más grande de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas subyacentes. Por sí sola, la losa proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento rígido. (UTN, p.6).

Pavimentos flexibles, que están contruidos con materiales más débiles y menos rígidos (que concreto), se deforma más fácilmente, transfiriendo cargas a la subrasante más concentrada, distribuyendo la carga total a menos zonas de apoyo. (UTN, p.6).

2. Ser resistente ante los agentes de intemperismo, como vemos en la **Figura 3**.

Según la definición dado por Josefina Bordino (2021), “el intemperismo, también llamado meteorización, es un conjunto de procesos que causan el desgaste, descomposición o desintegración de las rocas cuando estas están expuestas a la intemperie”.

Figura 3

Elementos climáticos comunes que soporta un pavimento.



Nota. Elaboración propia, fotografía tomada en la Grama, distrito de Eduardo Villanueva-San Marcos- Cajamarca.

3. Ser durable.
4. Ser económico.

Otra opinión, aunque no muy diferente es la siguiente: Un pavimento debe desempeñar un servicio adecuado y beneficiar a la población en general por esto debe reunir los siguientes requisitos:

Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito, ser resistente ante los agentes que deterioran el pavimento, presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

Debe ser durable, económico y ofrecer la adecuada seguridad (Montejo, 1998).

Tipos de Pavimento

La (UTN), en su tema pavimentos pagina 3; nos da el alcance de los tipos de pavimentos que tenemos comúnmente:

Pavimentos de Concreto o Rígidos. son pavimentos construidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares. (ver figura 3, extremo derecho).

Jhonn Mocondino (2020), contribuye diciendo que los pavimentos rígidos suelen estar conformados por dos capas, una superior de concreto y una inferior de subbase, aunque en determinadas circunstancias y dependiendo de la capacidad de soporte de la subrasante existente puede haber una tercera capa de subbase.

Pavimentos Asfálticos o Flexibles. Son aquéllos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares. (extremo izquierdo de la figura 3).

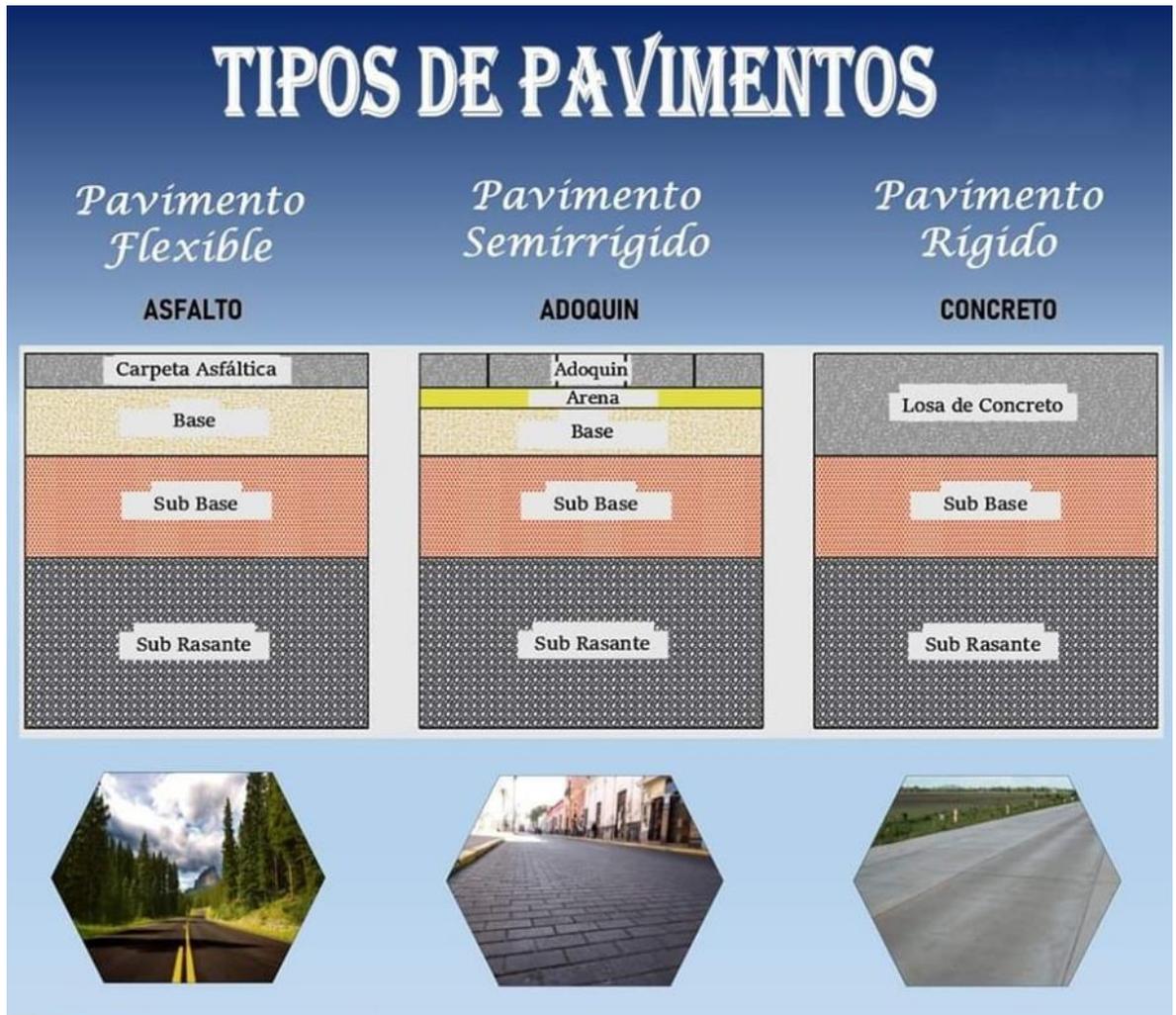
Otros. Adoquines, empedrados, suelo cemento. (centro de la figura 3).

Jhonn Mocondino (2020), nos da una definición de pavimento articulado (adoquines). compuestos por una capa de rodadura que está construida con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la

capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Figura 4

Tipos de Pavimento



Nota. Se aprecia los tipos de pavimento más comunes utilizados en nuestras obras viales.

Adaptado de página de Twitter, El constructor, julio 2022.

Debemos tener en cuenta la siguiente aportación. Las capas granulares típicas de un pavimento flexible son la **subbase y base**. En el caso de los pavimentos rígidos puede omitirse la capa de base granular, dependiendo esto del nivel de solicitudes del tráfico y de la calidad de la fundación. (Sergio Quispe, 2020).

La subbase granular

Es la capa que se sitúa entre la base y la subrasante de un pavimento con la función de dar resistencia, así como en el control de deformaciones.

La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Figura 5

Colocación de subbase



Nota. Se aprecia la colocación de subbase en el distrito de Baños del Inca. 2023.

La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante. (Montejo, 1998).

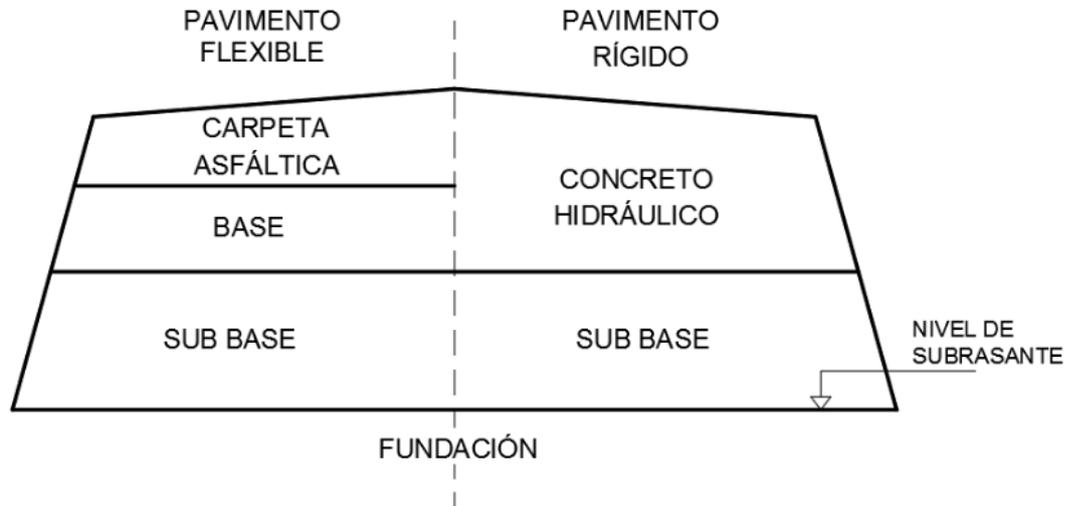
La capa de subbase se compone de materiales menor calidad y costo que los empleados en la capa de base. Se componen de materiales estabilizados o no, o de terreno estabilizado.

Las subbases transmiten cargas al terreno y en algunos casos pueden actuar de colaborador del drenaje de las aguas del subsuelo y para prevenir la acción destructiva de las heladas. (UTN, p.3).

Entonces según comparte Sergio Quispe (2020), en su tema “Importancia del desempeño de las capas granulares de un pavimento”. Entre muchos factores, el desempeño de un pavimento depende fundamentalmente del comportamiento individual y conjunto de su subrasante y de sus capas granulares, desgaste y demás capas que conforman su estructura. Ver **Figura 6**.

Figura 6

Estructuras Típicas de Pavimento Flexible y Rígido.



Nota. La figura representa los componentes típicos de nuestros pavimentos en nuestras ciudades. Tomada de *importancia del desempeño de las capas granulares de un pavimento*, por Sergio Quispe E, 2020, Linked in.

Es importante prestar la debida atención a las características de los materiales utilizados para estas capas granulares, de lo contrario cualquier deficiencia conducirá a fallas prematuras, bajo desempeño y bajo índice de condición del pavimento. (Sergio Quispe, 2020).

Figura 7

Deterioro del pavimento por deficiencias en las capas granulares.



Nota. Elaboración propia, fotografía tomada en el distrito de Los Baños del Inca-Cajamarca.

Estabilización de suelos

La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento esfuerzo deformación de los suelos. El mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la

estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil. Existen en la práctica diversos métodos para estabilizar a tales suelos; cada método, utiliza diferentes agentes estabilizadores, entre los que se pueden encontrar:

- La cal
- El cemento Portland
- Productos asfálticos
- Ácidos orgánicos Resinas
- polímeros Sales, entre otros.

Incluso se ha utilizado la combinación de diferentes productos estabilizadores, así como la mezcla de suelos con el fin de dar soluciones óptimas a problemas particulares (Garnica, Pérez, Gómez y Obil, 2002).

La estabilización de los suelos naturales incluye mejorar sus propiedades físicas y/o mecánicas, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica en presencia de agua, etc., buscando en todos los casos un buen comportamiento ante esfuerzos y deformaciones en el suelo y las estructuras sobre el que se coloca a lo largo de su vida útil.

También se utiliza para estabilizar material de subbase, base para obtener un material de mejor calidad conocido como material de subbase, base o material granular tratado o estabilizado.

La estabilización de suelos incluye dotarlos de resistencia mecánica y persistencia en el tiempo. Estas técnicas varían desde agregar otro suelo hasta incorporar uno o más estabilizadores, cualquiera que sea el mecanismo de estabilización seguido de un proceso de compactación.

Como se mencionó anteriormente, el concepto de estabilización también se aplica a los materiales de subbase, base o materiales granulares, que se estabilizarán para obtener un material de mejor calidad con capas más delgadas, incluso si se cumplen las condiciones con un valor de CBR específico. Generalmente, esta norma es adecuada para carreteras con tráfico pesado o incluso tráfico ligero, pero cuyas condiciones ameriten su ejecución como, por ejemplo, escasez o cuando no se disponen de materiales de subbase o base, elevados costos de transporte y tratamiento de chancado para la base, etc. (DG-2018).

Policloruro de vinilo – PVC

Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (ClNa) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

Estudios realizados por el Centro de Ecología y Toxicología de la Industria Química Europea (ECETOC), señalan que la producción de PVC se realiza sin riesgos para el medio ambiente. Ver **Tabla 1**. (Textos Científicos, 2016).

Tabla 1

Propiedades químicas del PVC

Propiedades	Valor
punto de ebullición (°C)	-13,9+/-0,1
Punto de congelación (°C)	-153,7
Densidad a 28,11°C (gr/cm ³)	0,8955
Calor de fusión (kcal/mol)	1.181
Calor de vaporización	5,735
Índice de refracción a 15°	1.38
Viscosidad a -10°C (mPoisses)	2.63
Presión de vapor a 25°C (mm)	3,00
Calor específico del líquido (cal/g)	0,38
Calor específico del Vapor	10,8 - 12,83
Calor de combustión a 80°C (kcal/mol)	286

Nota. Esta tabla muestra las propiedades del PVC. PVC-Textos Científicos.

Desecho y Reciclaje de PVC

El PVC puede producir dos clases de desecho: la primera se genera durante la producción, en el proceso de polimerización, y la segunda, al finalizar el ciclo de vida de los productos de PVC (tubos de PVC, botellas, juguetes, tarjetas, etc.). (Rodríguez, Rondón, Vélez y Aguirre, 2006).

En los planes de lucha contra el calentamiento global cobra importancia aplicar la economía circular, que fomenta la reutilización de materiales en lugar de 'tirarlos'. El reciclaje de PVC es un ejemplo perfecto de economía circular.

Los componentes de PVC son 100% reciclables desde el punto de vista físico, químico o energético. Después de que los componentes se separan mecánicamente, el

material se muele, se lava y se libera de impurezas. Luego ingresa nuevamente al proceso de producción en forma de gránulos o polvo para crear nuevos elementos.

Se utilizan dos tecnologías principales para reciclar el PVC:

Mecánica: Reducción de residuos de PVC a fragmentos muy pequeños que pueden fundirse para formar nuevos productos.

Reciclaje de Materias Primas: los residuos de PVC se reconvierten a su composición química básica, lo que permite fabricar nuevos PVC u otros materiales a partir de ellos.

Es muy importante que no se deseche el PVC de ninguna manera. Si no se involucra un proceso de reciclaje, lleva mucho tiempo degradarlo y se pierde la oportunidad de reutilizar el enorme valor del material. Ver **Figura 8**.

Figura 8

Recojo de PVC sobrante



Nota. Proyecto de biodigestores, distrito de Eduardo Villanueva - San Marcos.

Debido a la reciclabilidad del PVC, elegir este material no solo es la solución más ecológica, sino que también tiene otras propiedades que lo convierten en una opción ideal.

Fabricación con Menor Impacto Ambiental. Según investigaciones, el PVC produce menos emisiones y consume menos energía que otras alternativas como el aluminio o la madera.

Durabilidad. la vida útil del PVC puede alcanzar los 100 años y no se oxida ni se corroe, lo que significa que no será necesario reemplazarlo durante mucho tiempo. Esto elimina el desperdicio y la necesidad de fabricar y consumir sustitutos.

Facilidad de Limpieza y Mantenimiento. Esto reduce el uso de productos químicos especiales o contaminantes para mantener el material en buenas condiciones. (Vivienda Saludable, sin fecha).

De la Sub-Base: Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las siguientes Tablas:

Tabla 2

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

TAMIZ	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A*	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 - 65	45 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N°4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2,0 mm (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 μm (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 μm (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Nota: Sección 303 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm. Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 3

Requerimiento Calidad para Sub-Base Granular

Ensayo	Requerimiento	
	< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión los Ángeles	50 % máximo	
CBR de laboratorio	30 - 40 % mínimo	
Limite Líquido	25 % máximo	
Índice de Plasticidad	6 % máximo	4 % máximo
Equivalente de Arena	25 % mínimo	35 % mínimo

Nota. Norma ce.010 pavimentos urbanos - RNE

30% para pavimentos rígidos y de adoquines. 40% para pavimentos flexibles.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del uso del desecho de PVC al 5% y 8% en las características físico mecánicas del material granular de subbase en pavimentos?

1.3. Objetivos

Determinar la influencia en las características físico mecánicas del uso de material granular de subbase con inclusión de desechos de PVC al 5% y 8%.

Objetivos específicos

- Caracterizar el material de cantera sin alterar y alterado con PVC triturado.
- Dosificar el material granular para subbase con la adición de PVC molido o triturado (PVC que pasa malla $\frac{3}{4}$ " y PVC que pasa malla N.º 4) al 5% y 8% del peso total, para determinar sus propiedades físico mecánicas.
- Determinar las propiedades físicas del material granular de subbase. (Peso específico, Granulometría, Límite líquido, Líquido Plástico con y sin PVC).
- Determinar la propiedad mecánica CBR del material granular para subbase de pavimento.
- Analizar la influencia del material granular para subbase con la adición de PVC molido o triturado al 5% y 8% (PVC que pasa malla $\frac{3}{4}$ " y PVC que pasa malla N.º 4).

1.4. Hipótesis

El 5% y el 8% de adición de desechos de PVC en el material granular para subbase, mejorará las características físicas e incrementará características mecánicas (CBR) del material granular de subbase de pavimentos en 15% de su resistencia (CBR) al adicionar 5% de PVC y 20% de su resistencia (CBR) al adicionar el 8% de PVC.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Enfoque

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, según Cristina Ortega (2020) es un método estructurado de recopilación y análisis. El proceso se lleva a cabo utilizando herramientas estadísticas y matemáticas con el objetivo de cuantificar la pregunta de investigación. La investigación cuantitativa tiene como objetivo medir un fenómeno, cuantificar y expresar numéricamente los parámetros estudiados en una población. Estas cifras pueden ser resultados descriptivos o comparativos, o pueden ser objeto de análisis estadístico para determinar si existen vínculos significativos entre algunos de los parámetros estudiados.

Alcance

Esta tesis es una investigación transversal, de acuerdo a Cristina Ortega (2018) un estudio transversal se define como un tipo observacional que analiza datos sobre una variable de una muestra de población o un subconjunto predefinido recopilados durante un período de tiempo. Este tipo de estudio también se conoce como corte transversal, estudio transversal y estudio de prevalencia.

Diseño

El presente trabajo es una investigación experimental, según Javier Murillo (2010) en un estudio de esta índole el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de

una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se hace bajo condiciones estrictamente controladas para que describir cómo o por qué ocurrió una situación o evento específico. Concluyendo que los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba la hipótesis.

VARIABLES DE ESTUDIO

Independiente

- ✓ Material de subbase de una cantera de Cajamarca. Con la adición en peso de PVC en 5% y 8%.

Dependiente

- ✓ Peso específico
- ✓ Granulometría
- ✓ Límite líquido
- ✓ Límite plástico
- ✓ CBR

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

De acuerdo a los formatos que veremos más adelante y que van según las normas del MTC (ver tabla 4), se estableció la cantidad de especímenes por cada tipo de ensayo, se adoptó 1, 2, 3 y 5 especímenes según el ensayo que corresponda; tanto para el material de cantera, es decir muestra patrón, así como para cada muestra con la adición de 5% y 8% de residuos de PVC, realizándose un total de 47 especímenes.

Población y muestra del material de subbase para el estudio

Descripción de ensayo	Norma	N° de muestras por ensayo (especimen)	N° de ensayos a realizar	Total de muestras ensayadas
Contenido de Humedad	MTC E 108/ ASTM D2216	3	1	3
Peso Especifico	MTC E 113/ ASTM D854	2	5	10
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107/ ASTM C136	1	5	5
Abrasión los Ángeles	MTC E 207/ ASTM C131	1	1	1
Límites de Consistencia	NTP E 111/ ASTM D4318	1	5	5
Proctor Modificado	MTC E 115/ ASTM D1557	5	1	5
CBR	NTP E 132/ ASTM D1883	3	6	18
TOTAL				47

Nota. Ensayos que se realizaran para determinar la influencia del PVC al 5% y 8%.

Muestra

Al igual que la población, de acuerdo a lo descrito en la tabla 4 para cada ensayo, así se toma 1, 2, 3, y 5 especímenes según ensayo correspondiente tanto para el material granular proveniente de la cantera o muestra patrón, así como la mezcla del mismo con PVC en porcentajes de 5% y 8%.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la investigación realizada; el método utilizado fue el de la observación directa, el cual consiste en estudiar y tomar datos de cada uno de los ensayos contemplados, siguiendo, primeramente, con los protocolos proporcionados por la Universidad Privada Del Norte, los cuales siguen los lineamientos establecidos en las normas del Manual de Ensayo de Materiales del MTC, edición 2016.

El instrumento o los instrumentos utilizados para dicho estudio son las normas establecidas por el MTC. Estaremos dotados de protocolos en los cuales registraremos y procesaremos los datos, para luego determinar las propiedades físico mecánicas de nuestra muestra patrón; lo mismo aplicara para la adición al material de cantera de desecho de PVC que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " y adición de desecho de PVC que pasa la malla N.º 4. Al final se realizaron los ensayos ya antes mencionados en la tabla 4, siguiendo claro las pautas establecidas en las guías del laboratorio de suelos. A continuación, se describen los instrumentos utilizados para la realización de este estudio.

Propiedades Físicas y Mecánicas:

Contenido de Humedad MTC E 108 – ASTM D 2216. esta norma nos permite saber las pautas básicas para determinar la cantidad de agua contenido en un material; este modo operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Para encontrar el contenido de humedad se utiliza horno, para secar las muestras húmedas de material a una temperatura de 110 ± 5 °C.

Recipientes o taras identificadas, depósitos donde se vertiera el material húmedo para su consecuente secado en el horno, dichos recipientes serán resistentes a la corrosión, herméticos y apropiados para los cambios de peso cuando se someten a temperaturas bajas o altas de manera continua.

Balanza, de capacidad conveniente que nos permite pesar las muestras con aproximaciones de 0.01 g para muestras menores a 200 g y de 0.1 g de aproximación para muestras mayores a 200 g.

Protocolo, es un instrumento elaborado y realizado en una hoja Excel que nos

ayuda a la recolección de datos para cada ensayo que se le realice al material, en definitiva, nos facilita procesar los datos y encontrar los resultados planteados en esta investigación.

Figura 9

Protocolo contenido de humedad

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																																																									
PROTOCOLO																																																									
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE																																																								
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127																																																								
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"																																																								
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)																																																						
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS																																																						
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES																																																						
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO																																																						
Temperatura de Secado		Método																																																							
80 °C / 110 °C / Ambiente		Horno 110 ± 5 °C																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UND</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Identificación del recipiente o Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso del Recipiente</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Recipiente + Suelo Húmedo</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Recipiente + Suelo Seco</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Peso del suelo húmedo (Ww) C - B</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>Peso Suelo Seco (Ws) D - B</td> <td>gr</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W%</td> <td>Porcentaje de humedad (E-F/ F) *100</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>Promedio Porcentaje Humedad</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	A	Identificación del recipiente o Tara					B	Peso del Recipiente	gr				C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr				D	Recipiente + Suelo Seco	gr				E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr				F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr				W%	Porcentaje de humedad (E-F/ F) *100	%				G	Promedio Porcentaje Humedad	%			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3																																																				
A	Identificación del recipiente o Tara																																																								
B	Peso del Recipiente	gr																																																							
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr																																																							
D	Recipiente + Suelo Seco	gr																																																							
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr																																																							
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr																																																							
W%	Porcentaje de humedad (E-F/ F) *100	%																																																							
G	Promedio Porcentaje Humedad	%																																																							
$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$																																																									
OBSERVACIONES:																																																									
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR																																																						
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS		NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA																																																						
FECHA:		FECHA:	FECHA:																																																						

Nota. Protocolo para ensayo de contenido de humedad adaptado de la norma MTC E-108.

Peso Específico Norma MTC E 113 - ASTM D854. esta norma nos permite determinar la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de 4,75 mm (Nº 4). Al igual que el peso específico de piedra. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Para encontrar el peso específico de piedra, se utiliza una balanza hidrostática, esta debe tener una aproximación de 0.1 g. también se utiliza una canastilla para dicha balanza.

Recipientes o taras identificadas, depósitos donde se vertiera la muestra de piedra seca. También se dispondrá de una tina llena de agua.

Para encontrar el peso específico del material fino, se utiliza una balanza con una aproximación de 0.01g, una fiola de 500 ml y bomba de vacíos.

Figura 10

Protocolo peso específico de sólidos

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS	
	NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339.131	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra			
B	peso en el aire	gr		
C	peso sumergido	gr		
D	peso específico $\gamma_s = \left(\frac{B}{B-C}\right)$	gr		
E	Promedio del Peso Especifico " γ_s "	%		

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra			
B	Peso de la Muestra Seca	gr		
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3		
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3		
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3		
F	Peso Especifico ($\gamma_s = ((B)/(D - E))$)	gr/cm3		
G	Promedio del Peso Especifico " γ_s "	gr/cm3		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Nota. Protocolo para ensayo de peso específico adaptado de la norma MTC E-113.

Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Norma MTC E 204 – ASTM

136. el objetivo de este ensayo es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas del suelo, dicha norma nos brinda la guía para efectuar el análisis granulométrico de los suelos finos y suelos gruesos mediante tamizado, donde se describe el método para determinar el porcentaje de suelo que pasa a través de la gama de diferentes tamices de malla cuadrada, hasta 74 mm (No. 200). (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Tabla 5

Pesos mínimos de muestra para ensayo de granulometría.

Diámetro nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la porción (gr)
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 (3")	5000

Nota. Análisis granulométrico MTC E 106

Para hallar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se resta el porcentaje total (100%) con el porcentaje acumulado retenido en cada tamiz.

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

Ecuación 1: Porcentaje retenido sobre cada tamiz.

También es preciso calcular el porcentaje retenido sobre cada tamiz, para ello se utiliza la siguiente fórmula.

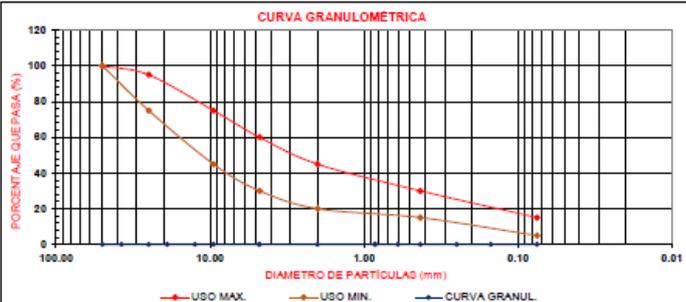
$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Ecuación 2: Porcentaje parcial retenido en análisis granulométrico.

Figura 11

Análisis granulométrico con porcentajes determinados.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (MUESTRA PATRON)						
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012						
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"						
CANTERA:	DON LUCHO I	RETENIDO N° 4(gr):						
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):						
FECHA DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES					
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO					
<input type="text" value="Peso de la muestra seca; Ws"/>								
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00					100	100
2	1 1/2"	37.50						
3	1"	25.00					75	95
4	3/4"	19.00						
5	1/2"	12.50						
6	3/8"	9.50					45	75
7	N° 4	4.75					30	60
8	N° 10	2.00					20	45
9	N° 20	0.85						
10	N° 30	0.60						
11	N° 40	0.43					15	30
12	N° 60	0.25						
13	N° 100	0.15						
14	N° 200	0.075					5	15
15	Fondo	0						
Total								



CURVA GRANULOMETRICA

PORCENTAJE QUE PASA (%)

DIAMETRO DE PARTICULAS (mm)

— USO MAX. — USO MIN. — CURVA GRANUL.

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Nota. Protocolo para ensayo granulométrico adaptado de la norma MTC E-107.

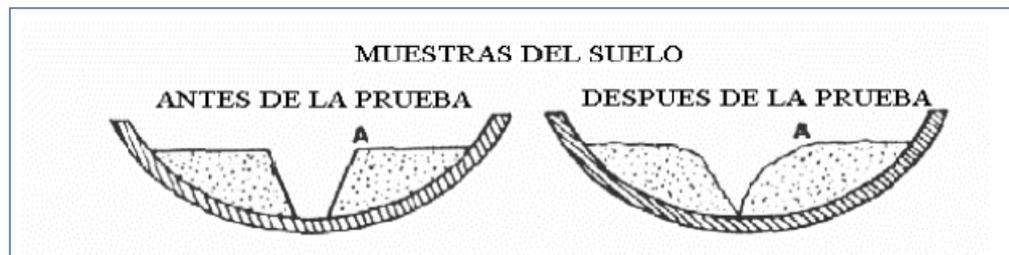
Límites de Consistencia Norma MTC E 110 – 111 – ASTM D 4318. Este método

de prueba se utiliza como componente de varios sistemas de clasificación de ingeniería para caracterizar la fracción de grano fino de los suelos; y especifica la fracción de partículas de los materiales de construcción. El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos se usan ampliamente, solos o en combinación, para relacionarlos con otras propiedades del suelo, como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactación, la contracción-hinchazón y la resistencia al corte. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Límite Líquido de un suelo (L.L.). Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que el suelo se encuentra en el límite entre su estado líquido y plástico. Se especifica arbitrariamente como el contenido de humedad con el que las ranuras de separación de las dos mitades de la pasta se cierran a una distancia de 13 mm (1/2 pulgada) a lo largo de su base cuando se deja caer 25 veces la copa desde una altura de 1 cm. medido a una velocidad de dos veces por segundo. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Figura 12

Ensayo en aparato del límite líquido (o de Casagrande).



Nota. Límite Líquido MTC E 110.

Límite Plástico (L.L.). El contenido mínimo de humedad en tiras de suelo de aproximadamente 1/8" (3,2 mm) de diámetro se puede formar haciendo rodar el suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio, esmerilado) que no se desmorone. El límite plástico es el valor medio de la humedad medida dos veces. Se expresa como porcentaje de humedad, aproximado como un número entero, y se calcula de la siguiente manera: (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

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

Ecuación 3: Límite Plástico

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

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

Ecuación 4: Índice de plasticidad.

Donde:

I.P. = Índice de plasticidad

L.L. = Límite líquido

L.P. = Límite plástico

Cabe tener en cuenta la siguiente información, 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). (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (MUESTRA PATRON)						
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111						
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"						
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)				
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS				
FECHA DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES				
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO				

LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr					
C	Suelo Seco + Recipiente	gr					
D	Peso de Recipiente	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Número de Golpes	N					
H	Contenido de Humedad	%					

LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND					
A	Identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Limite Plástico	%					

LÍMITE LÍQUIDO

CONTENIDO HUMEDAD (%)

N° DE GOLPES

— FLUIDEZ

LL =	LP =	IP =	NP
------	------	------	----

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Nota. Protocolo para ensayo del Límite Líquido y Límite Plástico adaptado de la norma MTC E 110 – E111.

establece un procedimiento para probar la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaño inferior a 37,5 mm (1 ½") utilizando la Máquina Los Ángeles. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Este modo de operación es una medida de la degradación de los agregados minerales que resulta de la abrasi3n o una combinaci3n de las acciones de abrasi3n, impacto y aplastamiento en un tambor de acero giratorio que contiene un n3mero espec3fico de bolas de acero **Figura 14**, seg3n el grado del espec3men. A medida que el tambor gira, las muestras y las bolas de acero son recogidas por las bridas de acero que las transportan hasta que son arrojadas al otro lado del tambor, creando un efecto de aplastamiento por impacto. Este ciclo se repite mientras el tambor gira con su contenido. Despu3s del n3mero establecido de revoluciones, el agregado se saca del tambor y se tamiza para medir su porcentaje de p3rdida por degradaci3n. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Se utilizar3 la m3quina de los 3ngeles, esferas de acero de di3metro entre 46.38 mm y 47.63 mm y un peso comprendido entre 390 g y 445 g".

Tamices de 3/4", 1/2", 3/8" que nos permite seleccionar la muestra seg3n el m3todo para el ensayo **Figura 14**; teniendo en cuenta la granulometr3a del material a ensayar, y tamiz N°12 para determinar mediante tamizado el material pasante esta malla despu3s de haber retirado la muestra de la m3quina de los 3ngeles.

Balanza que permite la determinaci3n del peso con aproximaci3n a 1 g, horno que mantenga una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C para secado de los agregados despu3s de haber sido lavados.

Ensayo Abrasión Los Ángeles (L.A).

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS TAMAÑOS MENORES DE (1 1/2")	
	NORMA:	MTC E 207 / ASTM C 131 / NTP 400.019	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE CANTERA:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM.2.5 CARRETERA A LA COSTA	TIPO DE MATERIAL:	AFIRMADO
FECHA DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

GRANULOMETRÍA DE ENSAYO				
GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	12	11	8	6

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO					
Tamiz (pasa)	Tamiz (retiene)	"A" (gr)	"B" (gr)	"C" (gr)	"D" (gr)
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/4"	N° 4			2500 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1
A	Peso muestra total	gr	
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	
D	Desgaste a la abrasión Los Angeles $D = (A - B) * 100 / A$	%	
	Abrasión	%	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:		FECHA:

Nota. Protocolo para ensayo de desgaste de los agregados menores de 1 1/2", adaptado de la norma MTC E 207.

Proctor Modificado Norma MTC E 115 – ASTM D 157. Esta norma especifica un procedimiento de prueba de Proctor modificado en laboratorio en el que se determina la relación entre el peso unitario del suelo seco y su contenido de agua, y también el diámetro del molde a utilizar, por ejemplo 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulgadas). y un pisón de 44,5 N (10 lbf), caída libre de 457 mm (18 in), con una energía de compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 ft-lbf/ft³)). Esta prueba hace posible que se utilicen diferentes contenidos de agua para determinar el contenido de agua óptimo (w_o) y el peso unitario seco máximo (γ_{max}), seleccionados en orden ascendente, dentro del 2% de cada una de las muestras (w), por encima del contenido de agua óptimo y por debajo de los valores óptimos máximos. Dicho esto, el peso base seco máximo (γ_{max}) se basan en experiencias previas, o investigaciones establecidas con un rango de valores para determinar el porcentaje de compactación necesario. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Consideraremos las siguientes ecuaciones para dicho ensayo:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad \text{Ecuación 5: Densidad Húmeda del Material.}$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda del suelo compactado (g/cm³)

M_t = Masa del suelo húmedo más molde (g)

M_{md} = Masa del molde (g)

V = Volumen del molde (cm³)

$$rd = \frac{pm}{1 + \frac{w}{100}}$$

Ecuación 6: Densidad Seca del Material.

Donde:

ρ_d = Densidad seca del suelo compactado (g/Cm³)

w = Contenido de humedad (%)

Tabla 6

Métodos del Ensayo de Proctor Modificado.

DESCRIPCIÓN MÉTODO	UND	PROCTOR MODIFICADO		
		A	B	C
PARÁMETROS A CONSIDERAR		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8" ≥ 20%
	Tipo de material utilizado	Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
N° DE CAPAS	n	5	5	5
N° DE GOLPES	N	25	25	56
DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	944 ± 0.15	944 ± 0.15	2124 ± 0.25
PESO DEL MARTILLO	kg	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Nota. Elección del método según granulometría obtenida en el estudio, Norma MTC E

115.

Se utilizará un molde proctor de diámetro promedio 152,4 ± 0,7 mm con una altura de 116,4 ± 0,5mm y un volumen de 2 124 ± 25 cm³, donde se coloca la muestra de material humedecido, en 5 capas compactando con 56 golpes cada capa con la

ayuda de un pisón para determinar su densidad húmeda. Dicho pisón o martillo es manual el cual tiene una caída libre desde una altura de $457,2 \pm 1,6$ mm de la superficie de espécimen, la masa del pisón será $4,54 \pm 0,01$ kg.

Tamices de 19,00 mm (3/4"), 9,5 mm (3/8") y 4,75 mm (N° 4), para seleccionar la muestra del ensayo según el método que sea necesario de acuerdo a la granulometría del material según norma MTC E 115.

Balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo, para determinar el peso de los especímenes ensayados.

Diversas herramientas para una mezcla adecuada del material tales como cucharas, bandejas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. o un aparato mecánico apropiado para la mezcla de muestra de suelo con incrementos de agua.

Enrazador o regla metálica, que sea rígida de una longitud considerable pero no menor que 254 mm, que permite enrazar el material compactado de la última capa con el borde superior del molde proctor.

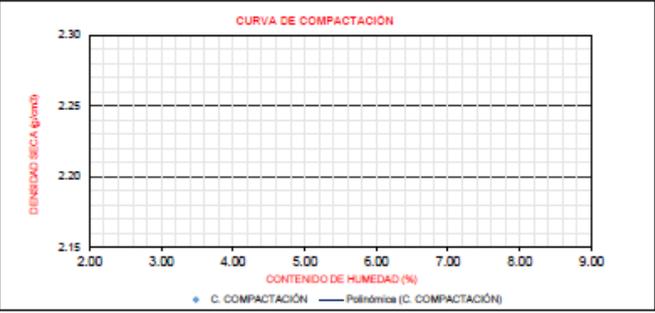
Horno de Secado con control termostático preferiblemente del “tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C a través de la cámara de secado”, donde se secarán las muestras del material que se han humedecido con diferentes porcentajes a razón de 2% o 1 % si es necesario; de diferencia el uno del otro de forma ascendente en un total de 5 especímenes. (Manual de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Figura 15

Proctor Modificado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO									
	NORMA:	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141									
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"									
CANTERA:		DON LUCHO I		TIPO DE MATERIAL:				SUBBASE (AFIRMADO)			
UBICACIÓN:		KM. 2 S CARRETERA A LA COSTA		COLOR DE MATERIAL:				VARIOS			
FECHA DE MUESTRA:		RESPONSABLE:				NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES					
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:				ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO					

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		5		2		3		4	
A	Peso Molde	gr										
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr										
C	Peso Muestra Húmeda	gr										
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³										
F	Densidad húmeda; D _h	gr/cm ³										
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr										
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr										
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr										
L	Peso Muestra Seca	gr										
M	Contenido de humedad W%	%										
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%										
O	Densidad Máxima Seca; D _s	gr/cm ³										



Dens. Max. = Opt. Cont. Humedad =

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE:	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Nota. Protocolo para ensayo de compactación por Proctor modificado adaptado de la norma MTC E 115.

California Bearing Ratio – CBR Norma MTC E 132 - ASTM D 1883. Describe el procedimiento de prueba utilizado para determinar el índice de resistencia del suelo conocido como índice de soporte, conocido como California Bearing Ratio [CBR]. La prueba generalmente se realiza en suelo preparado en laboratorio, cuya humedad y densidad han sido determinadas; pero también se puede realizar de manera similar en muestras inalteradas tomadas del suelo. Este método de prueba se utiliza para evaluar la resistencia potencial de la subrasante, la subbase y los materiales base, incluidos los materiales reciclados, para su uso en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. Los valores de CBR obtenidos en esta prueba forman parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte del suelo de la subrasante y la capa base, la capa de subbase y la capa afirmativa. Consta de tres etapas, ensayo de compactación CBR, hinchamiento y ensayo de carga penetración” (Manuel de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Compactación CBR. Consiste en compactar las muestras dentro del molde, utilizando la fuerza de compactación dinámica del proctor que puede ser estándar o modificada, utilizando la cantidad de agua y el número de golpes por capa necesaria para que el suelo obtenga su máxima densidad en cada muestra. Se utilizarán tres moldes para cada muestra y esto se hará a diferentes rangos de compactación dependiendo del tipo de suelo granular o cohesivo. En suelos granulares se harán 55, 26 y 12 compactaciones por capa, utilizando el contenido de humedad óptimo en las pruebas de Proctor. La humedad de compactación será el porcentaje de agua que debe añadirse al suelo con su humedad natural para conseguir la humedad de compactación óptima. (Manuel de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

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:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \quad \text{Ecuación 7: Porcentaje de agua a añadir. CBR.}$$

Donde:

H = Humedad optima

h = Humedad natural

Hinchamiento o Expansión. La expansión se calcula de acuerdo a la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de introducir los especímenes en agua durante 96 horas. Este valor es el porcentaje que se mide de acuerdo a la altura de la del espécimen en el molde de 127 mm (5") de la siguiente manera. (Manuel de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

$$\% \text{ de expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \quad \text{Ecuación 8: Porcentaje de Expansión CBR.}$$

Donde:

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Índice Resistente CBR. Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al porcentaje de la presión ejercida por un 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. (Manuel de Ensayos de Materiales MTC, 2016).

Tabla 7

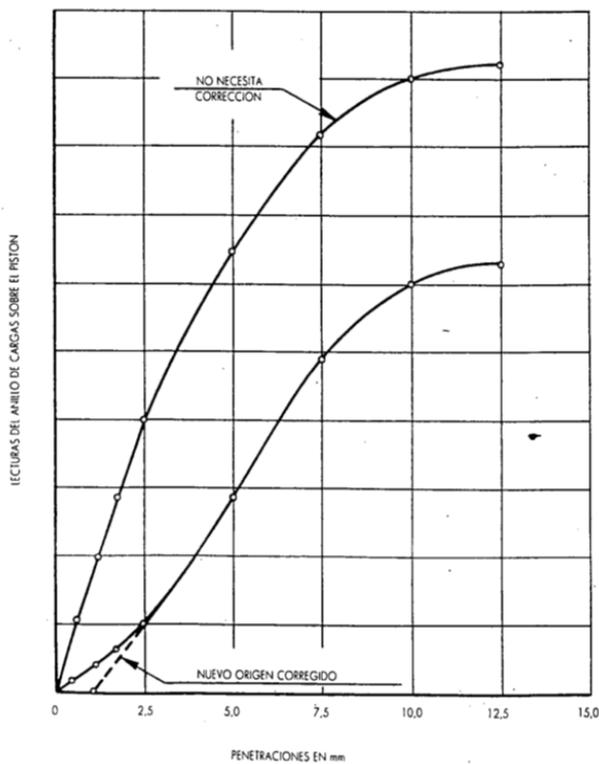
Relación de soporte valor patrón (índice resistente CBR).

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

Nota., Norma MTC E 132.

Figura 16

Curva para cálculo de índice de CBR.



Nota., Norma MTC E 132.

Figura 17

Protocolo para ensayo CBR adaptado de la norma MTC E-132.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA 2)									
NORMA:		MTC E132 / ASTM D1883									
PROYECTO:		"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"									
CALICATA:		DON LUCHO		TIPO DE MATERIAL:			SUBBASE (AFIRMADO)				
UBICACIÓN:		KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA		COLOR DE MATERIAL:			VARIOS				
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:			NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES						
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:			ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO						
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL DE CANTERA 2)											
DESCRIPCIÓN		UND	1		3		5				
N° de Capas			5		5		5				
N° de Golpes por capa			13		27		56				
Condición de muestra			Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			
Peso Molde		gr									
Peso Muestra húmeda + Molde		gr									
Peso Muestra húmeda		gr									
Volumen muestra húmeda		cm ³									
Densidad húmeda; Dh		gr/cm ³									
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo		N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente		gr									
Peso Muestra húmeda + Recipiente		gr									
Peso Muestra seca + Recipiente		gr									
Peso del Agua		gr									
Peso Muestra Seca		gr									
Contenido de humedad ; W%		%									
Promedio Contenido de Humedad		%									
Densidad Máxima seca; D _s		gr/cm ³									
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas		Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	
24		1									
48		2									
72		3									
96		4									
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR				
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS			NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA				NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA				
FECHA:			FECHA:				FECHA:				

Para calcular el índice CBR utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 9: Esfuerzo.}$$

σ = Esfuerzo

P = Carga aplicada

A = Área del pistón de carga

Figura 18

Protocolo para la carga y penetración (CBR), adaptado de la norma MTC E 132.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA 2)							
NORMA:		MTC E132 / ASTM D188							
PROYECTO:		"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"							
CALICATA:		DON LUCHO		TIPO DE MATERIAL:			SUBBASE (AFIRMADO)		
UBICACION:		KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA		COLOR DE MATERIAL:			VARIOS		
FECHA DE MUESTREO:		RESPONSABLE:			NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES				
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:			ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO				

CARGA - PENETRACIÓN (MATERIAL DE CANTERA 2)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000									
0.635	0.025									
1.270	0.050									
1.905	0.075									
2.540	0.100									
3.175	0.125									
3.810	0.150									
4.445	0.175									
5.080	0.200									
6.350	0.250									
7.620	0.300									
8.890	0.350									
10.160	0.400									
11.430	0.450									
12.700	0.500									

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN

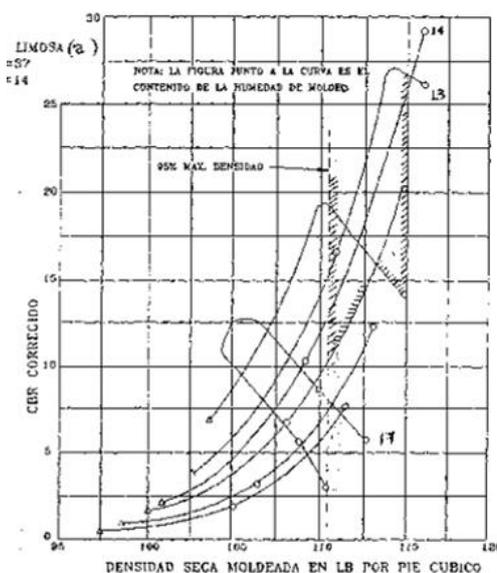
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS		NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo unitario ensayado}}{\text{Esfuerzo unitario patrón}} \times 100 \quad \text{Ecuación 10: Índice CBR.}$$

Debemos considerar la siguiente información necesario para determinar el objetivo de este estudio. Si el CBR se necesita al optimo contenido de agua y algún porcentaje del máximo peso unitario seco, compactar tres especímenes a partir del suelo preparado dentro del porcentaje de más o menos de 0.5% del optimo contenido de agua y usar la compactación especificada, pero utilizando un numero diferente de golpes por capa para cada espécimen. El número de golpes por capa deberá ser variado necesariamente al preparar especímenes que tengan pesos unitarios superiores e inferiores al valor deseado. Típicamente, si el CBR deseado corresponde al 95% (**Figura 19**) del peso unitario máximo seco, es satisfactorio usar especímenes compactados a 56, 25 y 10 golpes por capa. La penetración deberá ser realizada en cada uno de estos especímenes. (NTP 339.145, 1999).

Figura 19

Determinación de CBR.



El índice CBR de diseño será el menor valor obtenido correspondiente al 95% de densidad máxima seca.

Clasificación de Suelos AASHTO y SUCS. Los sistemas de clasificación S.U.C.S y AASHTO nos permiten definir de manera concreta las características generales que presenta un suelo, estos métodos utilizan dos parámetros fundamentales para la clasificación, tales como la granulometría y Límites de Atterberg, los mismos que permiten determinar la distribución de tamaño de las partículas del suelo y los contenidos de humedad. (Juan Arízaga, 2014).

Sistema de Clasificación AASHTO. El Sistema de Clasificación AASHTO fue creado en EEUU Por Terzaghi, basándose en la clasificación realizada previamente por Casagrande. (Juan Arízaga, 2014).

Este método de clasificación considera siete grupos mayores de suelos numerados desde el grupo A-1 hasta el A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz No. 200. Los suelos que contienen más del 35% de partículas que pasan por el tamiz No. 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 formados mayoritariamente por limo y arcilla. Los materiales clasificados en el grupo A-1 son considerados como excelentes para ser usados en la subestructura de las vías, mientras que los clasificados en A-7 son los peores materiales. (Juan Arízaga, 2014).

Clasificación AASHTO

Clasific. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50									
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51							
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10		≤ 35				36	
W_L			≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6	NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$			** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$						
	Si el suelo es NP \rightarrow IG = 0; Si IG < 0 \rightarrow IG = 0									

Nota. Tabla proporcionada en AASHTO M 145.

Método SUCS (ASTM D 2487) El Sistema Uniforme de Clasificación de Suelos (SUCS) fue introducido por Arthur Casagrande en 1942 para clasificar los suelos utilizados principalmente para los aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial, y años más tarde fue ligeramente modificado y adoptado por la ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) adoptado como estándar. método de clasificación.

Para clasificar correctamente los suelos mediante este sistema, se debe conocer el porcentaje de grava, porcentaje de arena, porcentaje de limo y arcilla, coeficientes de uniformidad y curvatura, límite líquido e índice de plasticidad. Los cinco primeros datos se obtienen a partir del análisis del tamaño de partículas. El método SUCS tiene su propia nomenclatura, y para suelos granulares las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). (Das, 2001). Ver **Figura 21**.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487 (94).

DIVISIÓN		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO	
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS	Más de la mitad del material es RETENIDO en la malla número 200	MAS de la mitad de la fracción gruesa es RETENIDA por la malla N°4	GRAVAS	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de tamaños intermedios	GW	Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	Menos del 5% : GW, GP, SV, SP. Más de 12% : GM, GC, SM, SC. De 5% al 12% : Casos de frontera se requiere el uso de símbolos dobles.	Coeficiente de uniformidad Cu : mayor de 4 Coeficiente de curvatura Cc : entre 1 y 3 Cu = D60/D10 ; Cc = (D30) ² /D10*D60
				Fredominio de un tamaño ó un tipo de tamaño , con ausencia de algunos intermedios.	GP	Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		
				Fración fino poco ó nada plástica (para identificarla véase grupo Mh)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.	
				Fración fina plástica (para identificarla véase grupo CL)	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		
				Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de tamaños intermedios	SW	Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos	Coeficiente de uniformidad Cu : mayor de 6 Coeficiente de curvatura Cc : entre 1 y 3 Cu = D60/D10 ; Cc = (D30) ² /D10*D60	
				Predominio de un tamaño ó un tipo de tamaño , con ausencia de algunos intermedios.	SP	Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco ó nada de finos		
Fración fino poco ó nada plástica (para identificarla véase grupo Mh)	SM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.					
Fración fina plástica (para identificarla véase grupo CL)	SC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.						
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material PASA en la malla número 200	LIMOS Y ARCILLAS	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N° 40					<p>CARTA DE PLASTICIDAD</p>
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material PASA en la malla número 200	LIMOS Y ARCILLAS	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (característica al rompiamiento)	Nula ó ligera	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos ó arcillosos ligeramente plásticos.	<p>G = gravas, M = limo, O = orgánicos, W = bien gradadas, S = arenas, C = arcilla, P = mal gradado, L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad.</p>	
			MOVILIDAD DEL AGUA (resaca al agitado)	Rápida alenta	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
			RESISTENCIA EN ESTADO SECO (característica al rompiamiento)	Media a alta	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
			MOVILIDAD DEL AGUA (resaca al agitado)	Nula a muy lenta	MH	Limos inorgánicos, limos maceros ó diatomeos, limos elásticos.		
			RESISTENCIA EN ESTADO SECO (característica al rompiamiento)	Ligera a media	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
			MOVILIDAD DEL AGUA (resaca al agitado)	Lenta a nula	OH	Arcillas orgánicas de media ó alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
			RESISTENCIA EN ESTADO SECO (característica al rompiamiento)	Alta a muy alta	PT	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		
			MOVILIDAD DEL AGUA (resaca al agitado)	Nula a muy lenta				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y, frecuentemente , por su textura fibrosa.							

d Si el límite líquido es de 28 ó menos y el I.P. es de 6 ó menos (caminos y aeropuertos)
u Si el límite líquido es mayor de 28 y el I.P. es mayor de 6 (caminos y aeropuertos)
 LINEA U I.P. = 0,90 (L.L. - 8)
 LINEA A I.P. = 0,73 (L.L. - 20)

Aspectos Éticos

Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo con las pautas establecidas para cada prueba del material, tomando en cuenta los estándares necesarios; garantizando así un adecuado estudio. Además, cabe señalar que los ensayos a los materiales se realizaron bajo la supervisión del asesor de tesis y personal encargado del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, como muestra del cumplimiento de los requisitos antes señalados, los responsables firman los protocolos de los ensayos realizados para garantizar la confiabilidad de los resultados de la prueba.

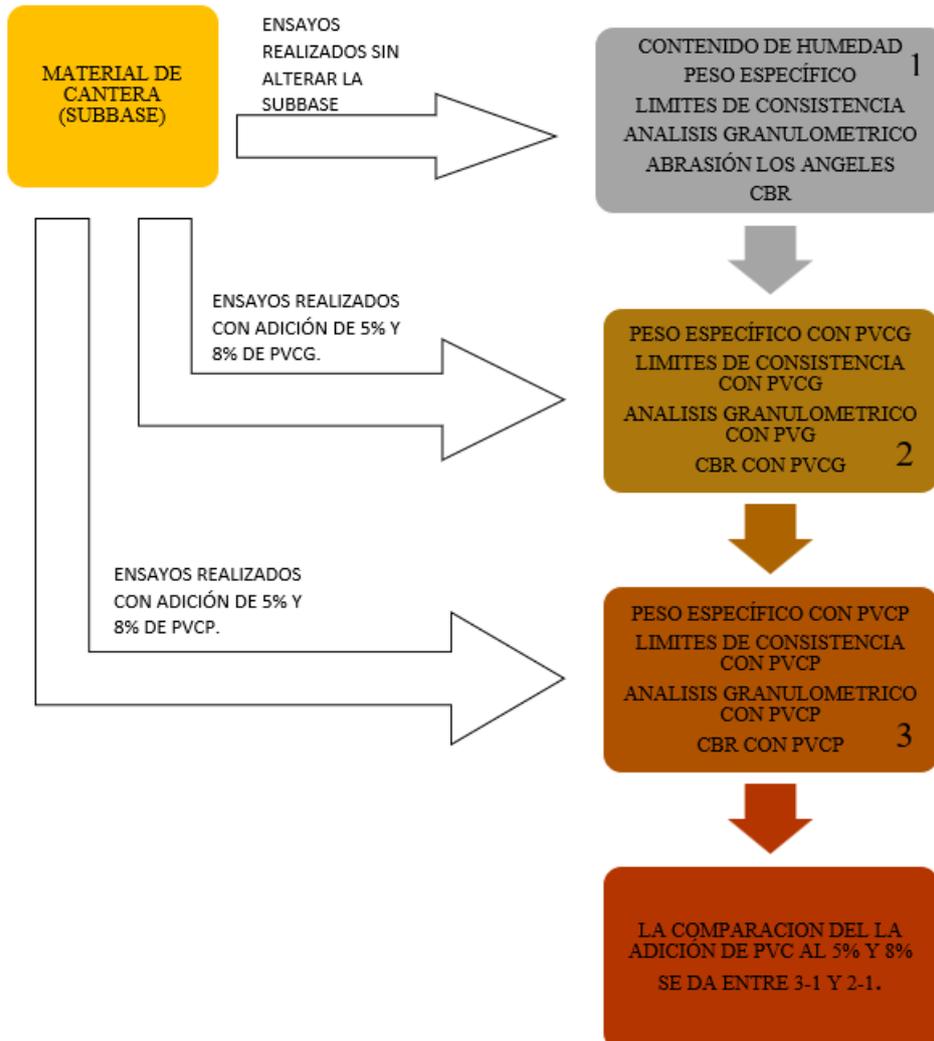
Procedimiento

En la presente tesis se estudió de qué manera influye los desechos de PVC reciclado en las propiedades físicas y el CBR en el material de subbase adicionando 5% y 8% de PVC reciclado (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Agregando en primera instancia desecho de PVC que pasa la malla $\frac{3}{4}$ "; la cual no fue favorable para el CBR, optando en segunda instancia agregar desecho de PVC que pasa la malla N° 4 en los porcentajes antes descritos. La finalidad de todo esto es conocer si el PVC mejora o aporta beneficios a las propiedades físicas como son granulometría, peso específico, límite líquido e índice plástico, y si mejora aporta beneficio al CBR del material de subbase, siendo estos los parámetros que analiza la norma CE. 010 pavimentos urbanos, dicho esto podremos determinar si el PVC es capaz de ayudar a la subbase a poder cumplir las condiciones mínimas para emplearla en una obra civil, o mejorarla aún más si ésta ya cumple con las condiciones mínimas. Para este fin se desarrolló los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Privada Del Norte sede Cajamarca de acuerdo a los instructivos, protocolos, guía del

personal de laboratorio y normas del manual de ensayo de materiales del MTC – 2016 [EM-MTC-2016], procediendo de la siguiente manera:

Figura 21

Esquema del procedimiento del estudio.



Nota. Esquema que nos da a entender de manera general el procedimiento aplicado para este estudio.

Recolección de Material de Subbase de la Cantera

El material de subbase en estudio proviene de la cantera denominada “Don Lucho”, esta se encuentra ubicada al costado de la carretera transversal 8N que comunica la ciudad de Cajamarca con la carretera Panamericana Norte (carretera a la costa). Se identifico el material de subbase disponible de la cantera, de forma proporcional se cuarteo el material asignándole una letra a cada una; al determinar la subbase que se utilizara quedo la diagonal “A” y “C”. se recogió el material en sacos para ser transportada a un lugar de almacén, del cual posteriormente se transportaría al laboratorio para realizarle los ensayos convenientes para este estudio. Ver **Figura 22**.

Cantera: Don Lucho

Ubicación: Cajamarca – Carretera transversal 8N salida a la costa Km. 2.3 desde intersección de Av. Héroes de Cenepa y Av. independencia

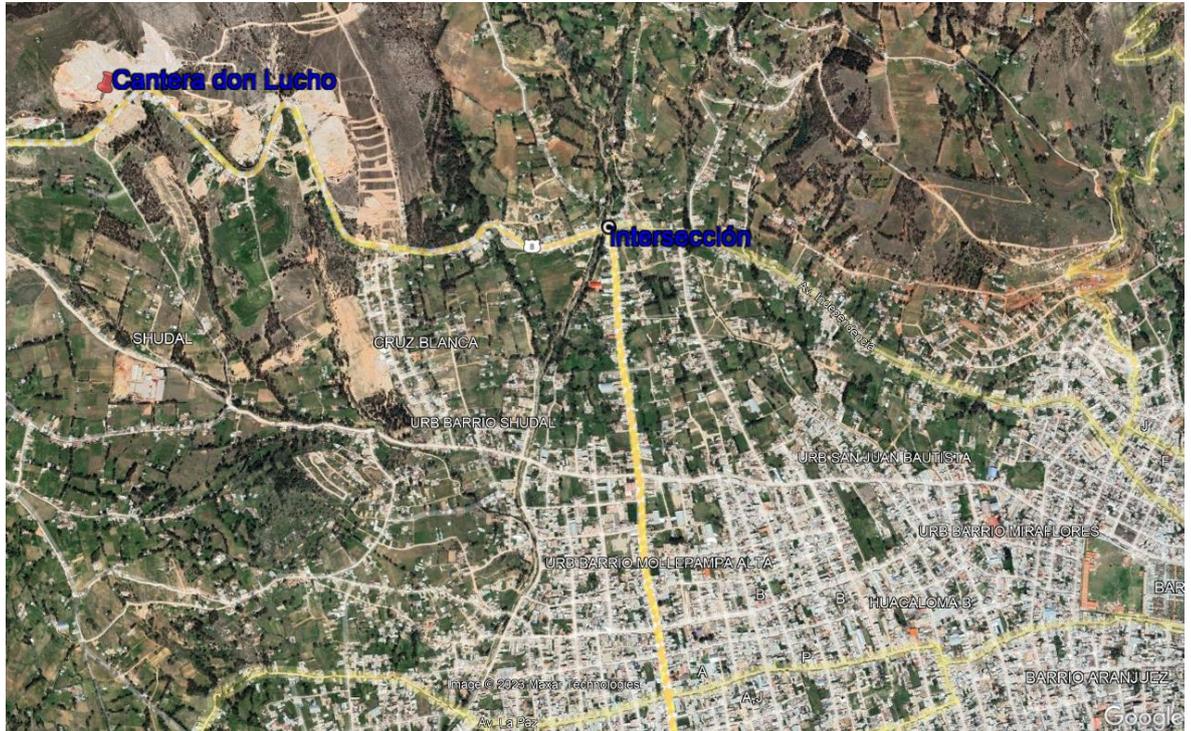
COORDENADA UTM – WGS 84

Este: 775213.00

Norte: 9202924.00

Altitud: 2952.00 m

Ubicación de cantera Don Lucho.



Nota. Se aprecia el lugar de la cantera a 2.3 Km. Desde la intersección de la Av. Independencia y avenida Héroes de Cenepa. Adaptado de Google Earth, 2023.

Recolección de Residuos de Desecho de PVC (RPVC)

La recolección del desecho de PVC se realizó inicialmente en una obra de pistas y veredas ubicada en la provincia de San Marcos, distrito de Gregorio Pita, localidad de Paucamarca. Este desecho o residuo de PVC es resultado de trabajos de instalación de tubería de desagüe, instalaciones domiciliarias de agua y desagüe, etc. Y por último la recolección de RPVC se hizo en una obra de saneamiento rural a través de biodigestores, ubicada en la provincia de San Marcos, distrito de Eduardo Villanueva - la Grama, cabe recalcar que los RPVC está conformado por tubería de ½”, 2”, 4”, 6” y 10”.

Proceso de Trituración de RPVC

Una vez recolectado el RPVC, se identifica un molino en la ciudad de Cajamarca para poder triturarlo, de este proceso se obtuvo el RPVC que pasa la malla 3/4", mientras que para obtener el RPVC que pasa la malla N°4 se viajó a la provincia de san pablo ya que allí se encontró alguien dispuesto a proporcionar su molino para tritura el RPVC.

Procedimiento de Adición de RPVC Triturado

Para la prueba de tamaño de partículas (granulometría), se tomó cuatro muestras de 5000 g del material seco, y se determinó los porcentajes de adición en peso de RPVC triturado mediante la regla de tres simples, es decir, 250 g. para 5% y 400 g. para 8%. Luego se agregó el RPVC triturado y mezcló hasta obtener una mezcla homogénea. Peso específico, aproximadamente 200 g. de material que pasa por la malla N° 4, esta cantidad de material se obtiene de la mezcla de granulometría. Límite líquido, aproximadamente 600 g del material sólido seco pasado a través de un tamiz No. 40, como en el caso anterior se tiene material ya preparado se dispuso para el ensayo. Para el ensayo CBR se pasó la subbase por la malla 3/4" del cual se preparó tres muestras de 6 kg, sabiendo, (esto debido a ensayo de granulometría realizado a más 15 kg de subbase). que para obtener 6000 g. de material se necesita 7348 g. aproximadamente. Por lo tanto, se adicionó 367.4 g. y 587.8 g. de RPVC triturado dosificación al 5% y 8% respectivamente, posteriormente se añade el porcentaje de agua optimo encontrado en el ensayo proctor y se compacta el material en 5 capas una muestra con 13 golpes, otra con 26 golpes y la otra con 56 golpes.

Determinación del Contenido de Humedad de la Subbase

Para encontrar esta propiedad de la subbase proveniente de la cantera Don Lucho se tomó tres muestras inalteradas mayores a 20 g. se depositó el material en taras o recipientes debidamente identificados y se midió el peso de cada uno de ellos. Después de realizar esta primera parte se procedió a colocar las muestras en el horno a 105°C durante un tiempo de 24 horas mínimo, pasado este tiempo las muestras están secas y se pesan las tres muestras; obteniéndose el peso seco del material. Finalmente se calculó el contenido de humedad por diferencia de pesos y expresado en porcentaje. (EM-MTC,2016).

Peso Específico de la Subbase Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

Se realizó a los lineamientos indicados en la norma MTC E 113 / ASTM D854, para ello se tomó dos muestras por cada ensayo con un peso aproximado entre 80 g. y 120 g. de material que pasa la malla N° 4, nos anexamos de un fiola, la cual se llenó de agua hasta la marca 500 ml designada y se procedió a pesar. Teniendo la muestra escogida y pesada se introduce el material en la fiola sin agua, inmediatamente se procede a cubrir la muestra con agua y agitarla, para luego de eso llenara completamente con agua hasta la marca de 500 ml. Finalmente después de haber hecho esto se procede a pesar la fiola con el material y así poder determinar su peso específico. (EM-MTC,2016).

Análisis Granulométrico por Tamizado de Agregados Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

Se procedió de acuerdo a lo indicado en la norma MTC E 204 / ASTM D 422, se tomó cinco muestras de 5000 g de material de subbase, una como muestra patrón (muestra de cantera) y a las otras cuatro restantes se le adicionó RPVC triturado, de 250 g. para un 5% y de 400 g. para una adición de 8%, luego se mezcló cada muestra hasta obtener una mezcla homogénea. Con ayuda del tamiz N°4 se tomó cada una de las muestras de 15855 g.,

5250 g., 5400 g., 5250 g. y 5400 g. respectivamente y se separó el agregado grueso del agregado fino. Luego se procedió con el tamizado del agregado grueso. Para el análisis granulométrico de los agregados finos, aproximadamente 500 g de material fueron lavados con chorros de agua en malla No. 200, luego las muestras retenidas o que no pasaron la malla No. 200 fueron secadas en estufa a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se obtuvo su peso seco, se tamiza la muestra y se pesa el material retenido por cada tamiz, se calcula el porcentaje de retención acumulado y el porcentaje de paso por malla, y finalmente se traza la curva granulométrica en función de la apertura del tamiz. y el porcentaje de material que pasa por el tamiz (EM-MTC, 2016).

Límites de Consistencia sin RPVC y Con RPVC Triturado

Límite Líquido: para este ensayo se pasa el material fino antes obtenido en la separación de finos y gruesos por la malla N° 40. Estas son la muestra patrón y las muestras con adición de RPVC triturado. Seguido se batió el material pasado por la malla N° 40 en una vasija de porcelanato agregándole agua y con la ayuda de una espátula hasta obtener una masa homogénea, dicha pasta se colocó en la copa casa grande distribuyéndola hasta formar una superficie de espesor aproximado de 1 cm, con la ayuda del acanalador se ranuro la superficie por la mitad, y se procedió a girar la manija de la copa de casa grande provocando un golpeo a razón de 2 golpes por segundo, una vez observado que las dos mitades se ponen en contacto a una longitud de 13 mm aproximadamente se anotó el número de golpes y se determinó el contenido de humedad una vez llevada al horno. Finalmente se grafica la curva de fluidez en función del número de golpes y el contenido de humedad, siendo el límite líquido la ordenada correspondiente a los 25 golpes de la curva de fluidez. (EM-MTC, 2016).

Límite Plástico: se utilizó el material preparado en el límite líquido, a la porción se le agrego un poco de material seco para de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad. Se enrolló el suelo con la palma de la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro en la cual los cilindros se desmoronan. (EM-MTC, 2016).

Clasificación AASHTO (ASTM D 3282): se determinó la clasificación de la subbase para la muestra patrón y la subbase con la adición de RPVC triturado con la ayuda de la tabla 8, para lo cual fue necesario realizar los ensayos de granulometría, límite líquido e índice plástico. Además, para ello se determinó el índice de grupo cuyo valor va de 0 a 20 o más, y si la subbase no tiene plasticidad (NP) se considera índice de grupo (0), se calcula con la siguiente ecuación: (AASHTO M 145).

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) \text{ Ecuación 11: Índice de grupo.}$$

Donde

IG = índice de grupo

a = % que pasa el tamiz N° 200

b = % que pasa el tamiz N° 200

c = Límite líquido (%)

d = índice de plasticidad (%)

para los grupos de A-1-a hasta A-2-5, IG=0

Clasificación SUCS (ASTM D 2487): se clasificó el material ingresando a la figura 19, para lo que se tuvo que tener en cuenta el porcentaje de agregado grueso, arena y finos, se tuvo en cuenta los granos de la subbase que se dividen en gravas (G) y

arenas (S). se consideró gravas a las partículas retenidas en la malla N° 4 y como arenas las partículas que pasan el tamiz N° 4, pero son retenidas por la malla N° 200. Se tuvo en cuenta lo siguiente, que tanto las gravas (G) como las arenas (S), se clasifican o dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM, GC y SW, SP, SM, SC, respectivamente. Dependiendo de la cantidad de los finos y la forma de la curva granulométrica, se calculó los coeficientes C_u y C_c , utilizándose las siguientes ecuaciones: (SUCS - ASTM D 2487).

$$C_u = D_{60} / D_{10} \quad \text{Ecuación 12: Coeficiente de uniformidad.}$$

$$C_c = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10}) \quad \text{Ecuación 13: Coeficiente de curvatura.}$$

Donde

D_{60} , D_{30} y D_{10} = Diámetro de partículas correspondientes al 10, 30 y 60 % del material pasante en la curva granulométrica de tamaño de partículas.

Abrasión Los Ángeles al Material de Subbase.

para ello se evaluó la granulometría para elegir el método que se detalla en la figura 13. Se escogió el método “B” que tiene una carga abrasiva de 11 esferas. Este ensayo se realizó con los lineamientos e indicaciones establecidas por el MTC E 207 / ASTM C 131. Se tomó una muestra completa de 2500 g. de agregado grueso retenido en la malla ½” y 2500 g. de agregado grueso retenido en la malla 3/8”. Se realizó este ensayo solo para la muestra matriz. Una vez la muestra compuesta en la máquina de los ángeles se ingresó la carga abrasiva y se hizo girar una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones. Luego de terminadas las 500 revoluciones, se descargó el material y paso por el tamiz N° 12. Para al final pesar el material grueso y se determinó el desgaste del material de subbase. (EM-MTC, 2016).

La norma MTC E 115 / ASTM D1557 nos guía describiendo los lineamientos procediendo de la siguiente manera. Primeramente, se eligió el método de ensayo de acuerdo al resultado encontrado en la granulometría de la subbase, optándose por el método “C”, que nos direcciona a utilizar el material pasante por la malla $\frac{3}{4}$ ”, luego se preparó 5 muestras de 6 kg. Se agrega agua a razón de 3%, 5%, 7%, 9% y finalmente 4%. Se tomó medidas del molde y peso respectivo del mismo y seguido se ensambló el collar de extensión del molde, para luego colocar la primera de 5 capas compactándose con 56 golpes con el pisón de compactación, luego se retiró el collar de extensión y se enrazó el material de subbase con la ayuda de una regla metálica, se pesó y registro el peso del molde más la muestra húmeda, de las muestras ensayadas se determinó el contenido de humedad según norma MTC E 108, para la parte final del ensayo se determinó la densidad húmeda y seca del suelo con las ecuaciones 5 y 6, determinando así el óptimo contenido de humedad (O.C.H.) y la densidad máxima seca (D.M.S.). (EM-MTC, 2016).

CBR (California Bearing Ratio) Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

MTC E 132 / ASTM D1883 de acuerdo a esta norma se procedió de la siguiente manera. Se prepara la muestra humedeciéndola de la misma manera que en el ensayo del Proctor, la cantidad de agua añadida es la óptima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, para realizar el ensayo de CBR se hizo en tres fases (compactación. Hinchamiento o expansión y esfuerzo – penetración).

Compactación Sin RPVC y Con RPVC triturado: se pesó el molde y su base, luego se colocó el collar extensor y disco espaciador junto al papel filtro del mismo diámetro, se procedió a compactar la muestra en 5 capas de 13 golpes por capa, otro de 26 golpes y un tercero de 56 golpes la capa, luego se retiró el anillo extensor enrazándose el material con la ayuda de una regla metálica, posteriormente se

Desmontó el molde, se invirtió el cilindro con la muestra compactada, sin el disco espaciador, y se colocó nuevamente el papel filtro en el fondo, se registró el peso del molde más la muestra húmeda. El contenido de humedad de las muestras ensayadas se determinó según la norma MTC E 108, mismo método que la prueba Proctor se determinó la densidad húmeda y densidad seca de cada molde. Se preparó 18 muestras de 6 kg, 6 de estas muestras correspondientes a material de cantera 1 y 2, tres moldes por cada ensayo, lo mismo se hizo para el material a la cual se añadió RPVC triturado que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " y el RPVC triturado más pequeño que pasa la malla N° 4 para un porcentaje de 5% y 8% de RPVC. (EM-MTC, 2016).

Hinchamiento o Expansión Sin RPVC y con RPVC Triturado: una vez invertidos los cilindros con el material compactado, se colocó el collar de extensión, la sobrecarga y se introdujo los moldes en unas tinas con agua hasta taparlas completamente, seguidamente se colocó el trípode con el dial de expansión, el tiempo de los moldes fueron de 96 horas, tomándose registros de la expansión cada 24 horas. (EM-MTC, 2016).

Ensayo de esfuerzo - penetración sin RPVC y con RPVC triturado: luego de haber sumergido los moldes por 96 horas, se sacó del agua retirándose el trípode y dial, así como la sobrecarga impuesta sobre cada molde, se deja drenar cada muestra por un tiempo de 15 min, después de esto se procede a pesar cada una de ellas sin el collar de expansión. Realizado lo antes descrito se procedió a colocar el collar de expansión y la sobrecarga para acondicionando cada muestra en la prensa de penetración CBR. Se montó el anillo de carga de 6000 lbf de capacidad para ensayar 9 moldes (muestra patrón, material con 5% RPVC triturado y material con 8% RPVC

triturado; que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " y para los otros 9 moldes se montó el anillo de 1000lbf de capacidad (muestra patrón 2, material con 5% RPVC triturado y material con 8% RPVC triturado; que pasa la malla N° 4). Acompañado del dial medidor de penetración, se aplicó la carga de 50N (5kg) con una velocidad de penetración de 1.27 mm (0.05") por minuto. Se registró las lecturas de carga de cada molde, nuevamente se determinó el contenido de humedad y la densidad de saturación de cada molde, se anotó los esfuerzos correspondientes a la penetración de 0.1" y 0.2" y se calculó los índices CBR dividiendo cada valor de esfuerzo correspondiente a la penetración de 0.1" y 0.2", por último se graficó las curvas de densidad seca vs CBR con los datos obtenidos, encontrándose el índice de CBR de diseño correspondiente al 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de 0.1". (NTP 339.145, 1999), (EM-MTC, 2016).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos en el estudio antes expuesto, dichos resultados se determinaron mediante ensayos hechos en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, continuación se presentan los ensayos realizados.

Contenido de Humedad

Se determinó el contenido de humedad solo del material de la cantera Don Lucho, la subbase tiene un promedio de humedad de 3.62%.

Peso Específico Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

Se determinó el peso específico del material grueso (piedra) de la subbase, siendo 2.61 gr/cm³, también del material fino del material de cantera siendo 2.61 gr/cm³, así como el material de subbase con adición de RPVC triturado que pasa la malla N° ¾” [PVCG] y adición de RPVC triturado que pasa la malla N° 4 [PVCP], el peso específico disminuye al adicionar RPVC triturado en la mayoría de ensayos. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en la **Tabla 9** y la **Figura 23**.

Tabla 9

Comparación de los ensayos de peso específico de la subbase sin alterar y alterado con PVC triturado.

ENSAYO	MUESTRA PATRON	5% PVCG	8% PVCG	5% PVCP	8% PVCP
Peso específico gr/cm ³	2.61	2.64	2.56	2.46	2.34

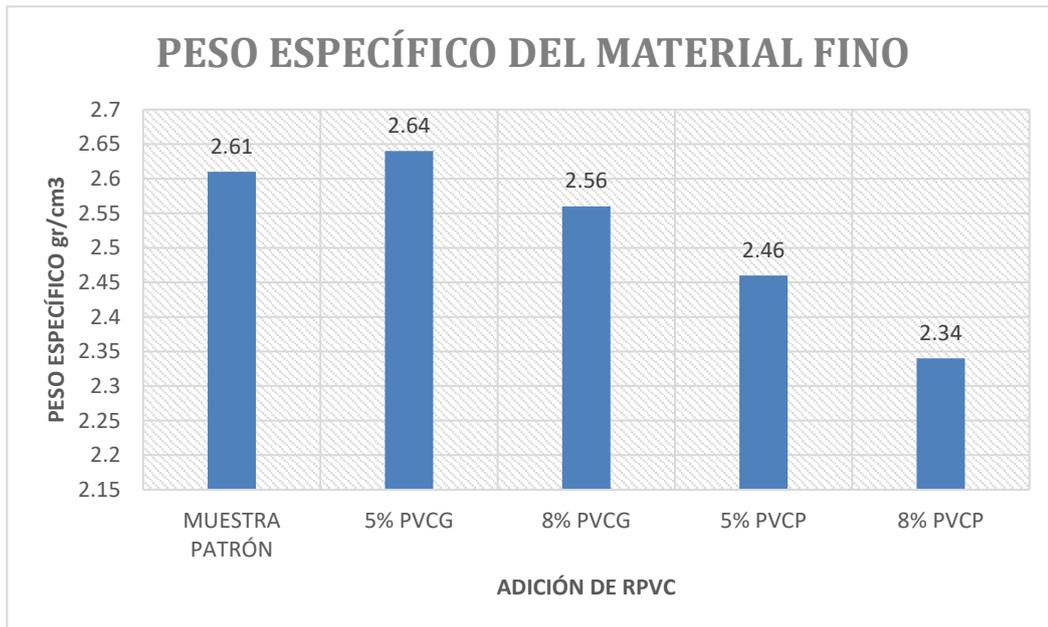
Nota. Se aprecia los resultados obtenidos de 5 ensayos de peso específico.

Donde

PVCG = es RPVC triturado que pasa la malla o tamiz ¾” (grande).

PVCP= es RPVC triturado que pasa la malla o tamiz N° 4 (pequeño).

Comparación del peso específico sin y con RPVC triturado



Nota. Apreciamos un gráfico de barras la cual nos muestra la variación del peso específico sin RPVC triturado y con RPVC triturado.

Análisis Granulométrico por Tamizado de Agregados Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

Se realizó el análisis granulométrico para determinar la cantidad en porcentaje de partículas del agregado grueso y agregado fino. A continuación, se muestran los resultados de la distribución granulométrica del material de cantera y la distribución granulométrica con adición de RPVC triturado en la **Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29.**

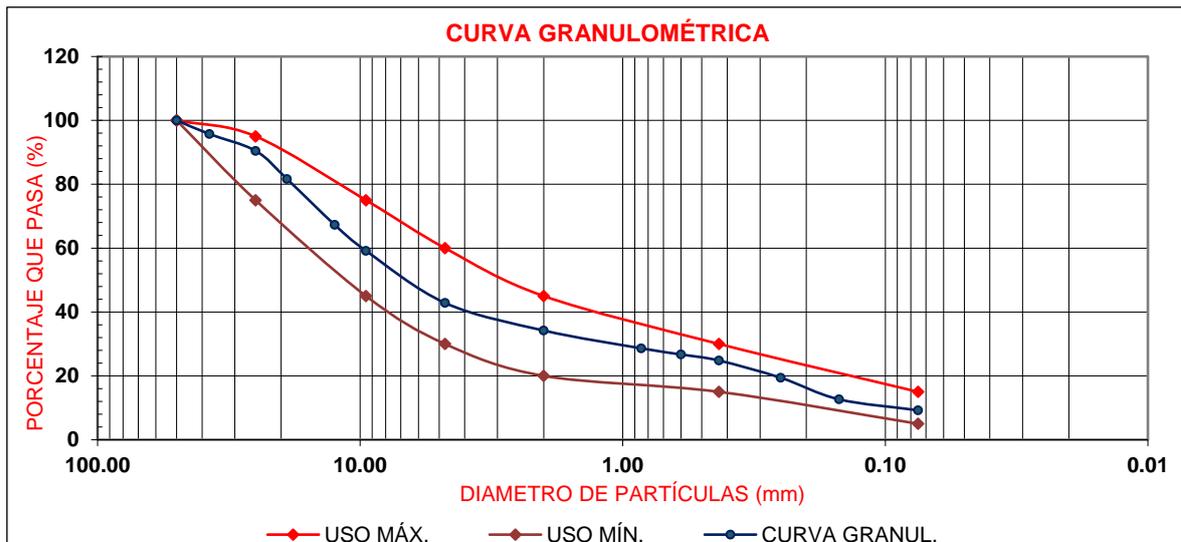
Análisis granulométrico de muestra patrón.

N°	TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)				
1	2"	50.00	0.00	100.00	100	100
2	1 ½"	37.50	4.28	95.72		
3	1"	25.00	9.55	90.45	75	95
4	¾"	19.00	18.35	81.65		
5	½"	12.50	32.71	67.29		
6	3/8"	9.50	40.84	59.16	45	75
7	N° 4	4.75	57.16	42.84	30	60
8	N° 10	2.00	65.80	34.20	20	45
9	N° 20	0.85	71.38	28.62		
10	N° 30	0.60	73.29	26.71		
11	N° 40	0.43	75.20	24.80	15	30
12	N° 60	0.25	80.60	19.40		
13	N° 100	0.15	87.35	12.65		
14	N° 200	0.075	90.78	9.22	5	15
15	Fondo	0	91.27	8.73		
16	Lavado		100.00	0.00		
Total						

Nota. Se aprecia el porcentaje de material de cantera que pasó por cada tamiz.

Figura 24

Curva granulométrica de la muestra patrón.



Nota. Se aprecia la curva granulométrica comparada con el uso mín. y máx.

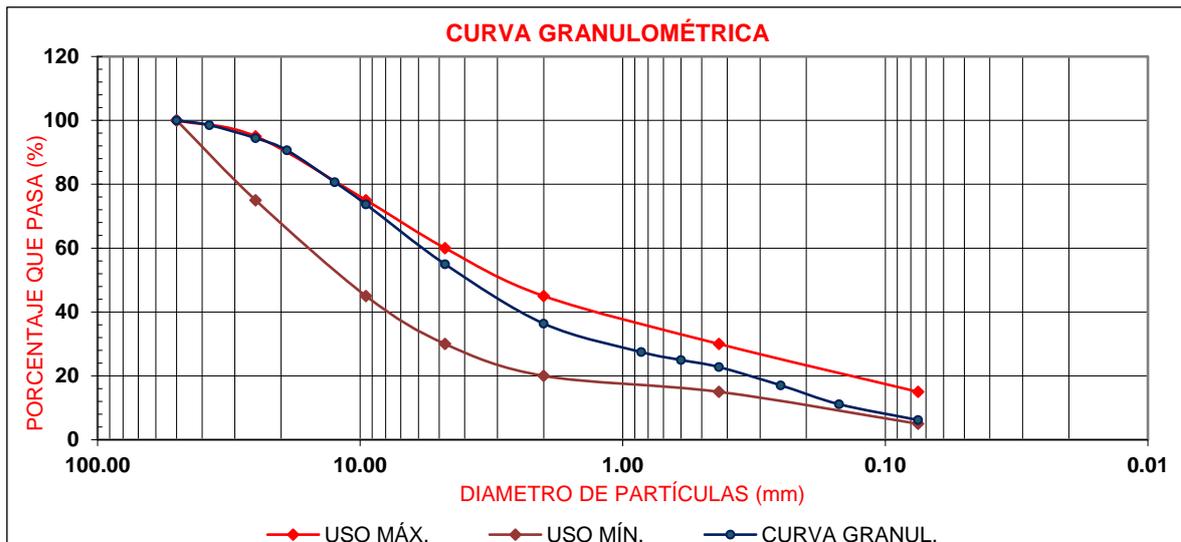
Análisis granulométrico con adición de PVCG al 5%.

N°	TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)				
1	2"	50.00	0.00	100.00	100	100
2	1 ½"	37.50	1.49	98.51		
3	1"	25.00	5.57	94.43	75	95
4	¾"	19.00	9.37	90.63		
5	½"	12.50	19.34	80.66		
6	3/8"	9.50	26.29	73.71	45	75
7	N° 4	4.75	45.03	54.97	30	60
8	N° 10	2.00	63.63	36.37	20	45
9	N° 20	0.85	72.54	27.46		
10	N° 30	0.60	75.03	24.97		
11	N° 40	0.43	77.24	22.76	15	30
12	N° 60	0.25	82.96	17.04		
13	N° 100	0.15	88.87	11.13		
14	N° 200	0.075	93.83	6.17	5	15
15	Fondo	0	94.43	5.57		
16	Lavado		100.00	0.00		
Total						

Nota. Se observa la granulometría de la subbase mezclado con PVCG al 5%.

Figura 25

Curva granulométrica de la subbase con adición de 5% de PVCG.



Nota. Se aprecia la curva granulométrica con PVCG 5% comparada con el uso mín. y máx.

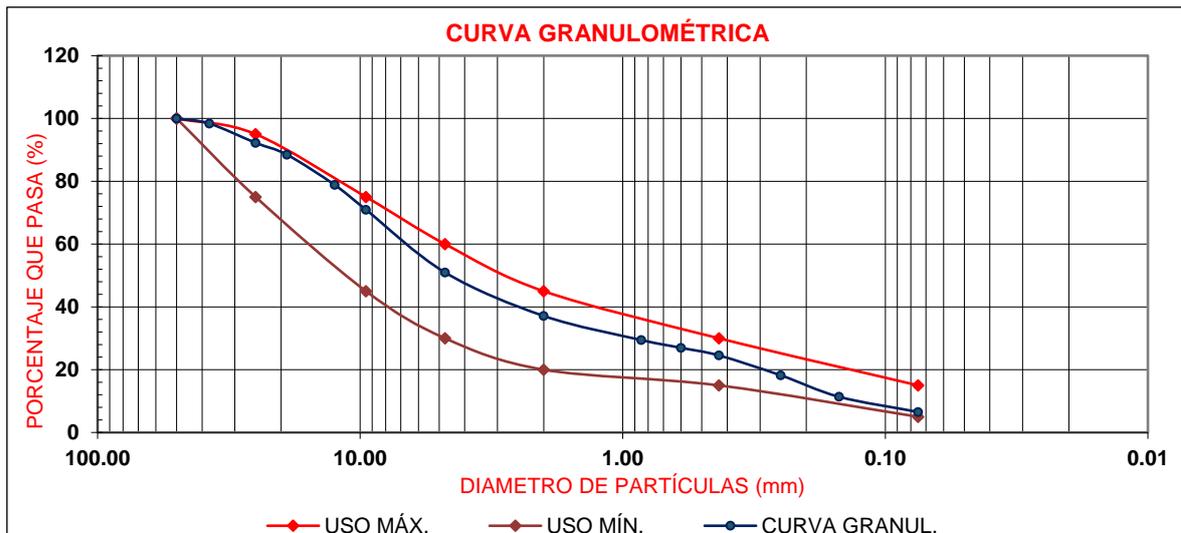
Análisis granulométrico con adición de PVCG al 8%.

N°	TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)				
1	2"	50.00	0.00	100.00	100	100
2	1 ½"	37.50	1.63	98.37		
3	1"	25.00	7.76	92.24	75	95
4	¾"	19.00	11.53	88.47		
5	½"	12.50	21.16	78.84		
6	3/8"	9.50	29.06	70.94	45	75
7	N° 4	4.75	49.04	50.96	30	60
8	N° 10	2.00	62.88	37.12	20	45
9	N° 20	0.85	70.55	29.45		
10	N° 30	0.60	73.04	26.96		
11	N° 40	0.43	75.46	24.54	15	30
12	N° 60	0.25	81.79	18.21		
13	N° 100	0.15	88.63	11.37		
14	N° 200	0.075	93.47	6.53	5	15
15	Fondo	0	93.85	6.15		
16	Lavado		100.00	0.00		
Total						

Nota. Se observa la granulometría de la subbase mezclado con PVCG al 8%.

Figura 26

Curva granulométrica de la subbase con adición de 8% de PVCG.



Nota. Se aprecia la curva granulométrica con PVCG 8% comparada con el uso mín. y máx.

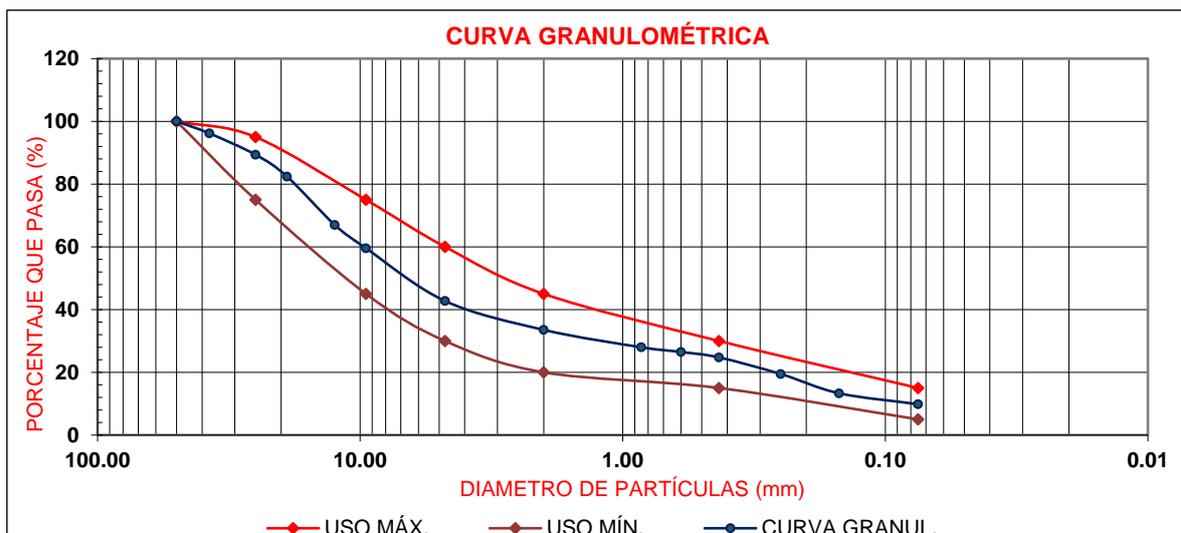
Análisis granulométrico con adición de PVCP al 5%.

N°	TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)				
1	2"	50.00	0.00	100.00	100	100
2	1 ½"	37.50	3.82	96.18		
3	1"	25.00	10.65	89.35	75	95
4	¾"	19.00	17.59	82.41		
5	½"	12.50	33.00	67.00		
6	3/8"	9.50	40.44	59.56	45	75
7	N° 4	4.75	57.26	42.74	30	60
8	N° 10	2.00	66.47	33.53	20	45
9	N° 20	0.85	72.01	27.99		
10	N° 30	0.60	73.51	26.49		
11	N° 40	0.43	75.24	24.76	15	30
12	N° 60	0.25	80.54	19.46		
13	N° 100	0.15	86.68	13.32		
14	N° 200	0.075	90.170	9.83	5	15
15	Fondo	0	90.49	9.51		
16	Lavado		100	0.00		
Total						

Nota. Se observa la granulometría de la subbase mezclado con PVCP al 5%.

Figura 27

Curva granulométrica de la subbase con adición de 5% de PVCP.



Nota. Se aprecia la curva granulométrica con PVCP 5% comparada con el uso mín. y máx.

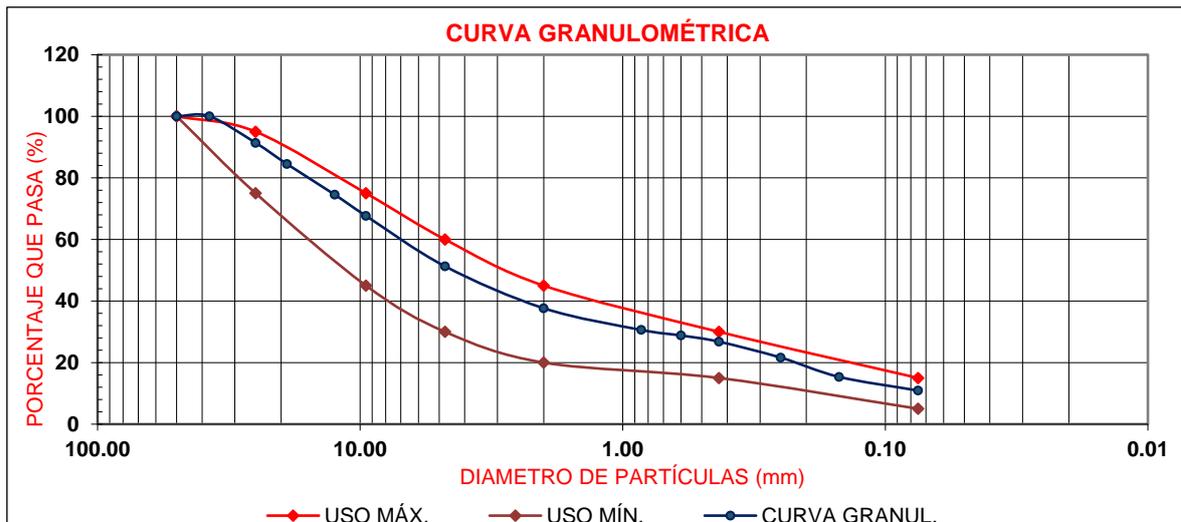
Análisis granulométrico con adición de PVCP al 8%.

N°	TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
	(pulg)	(mm)		
1	2"	50.00	0.00	100.00
2	1 ½"	37.50	0.00	100.00
3	1"	25.00	8.63	91.37
4	¾"	19.00	15.50	84.50
5	½"	12.50	25.45	74.55
6	3/8"	9.50	32.34	67.66
7	N° 4	4.75	48.73	51.27
8	N° 10	2.00	62.35	37.65
9	N° 20	0.85	69.39	30.61
10	N° 30	0.60	71.19	28.81
11	N° 40	0.43	73.21	26.79
12	N° 60	0.25	78.39	21.61
13	N° 100	0.15	84.64	15.36
14	N° 200	0.075	89.09	10.91
15	Fondo	0	89.45	10.55
16	Lavado		100.00	0.00
Total				

Nota. Se observa la granulometría de la subbase mezclado con PVCP al 8%.

Figura 28

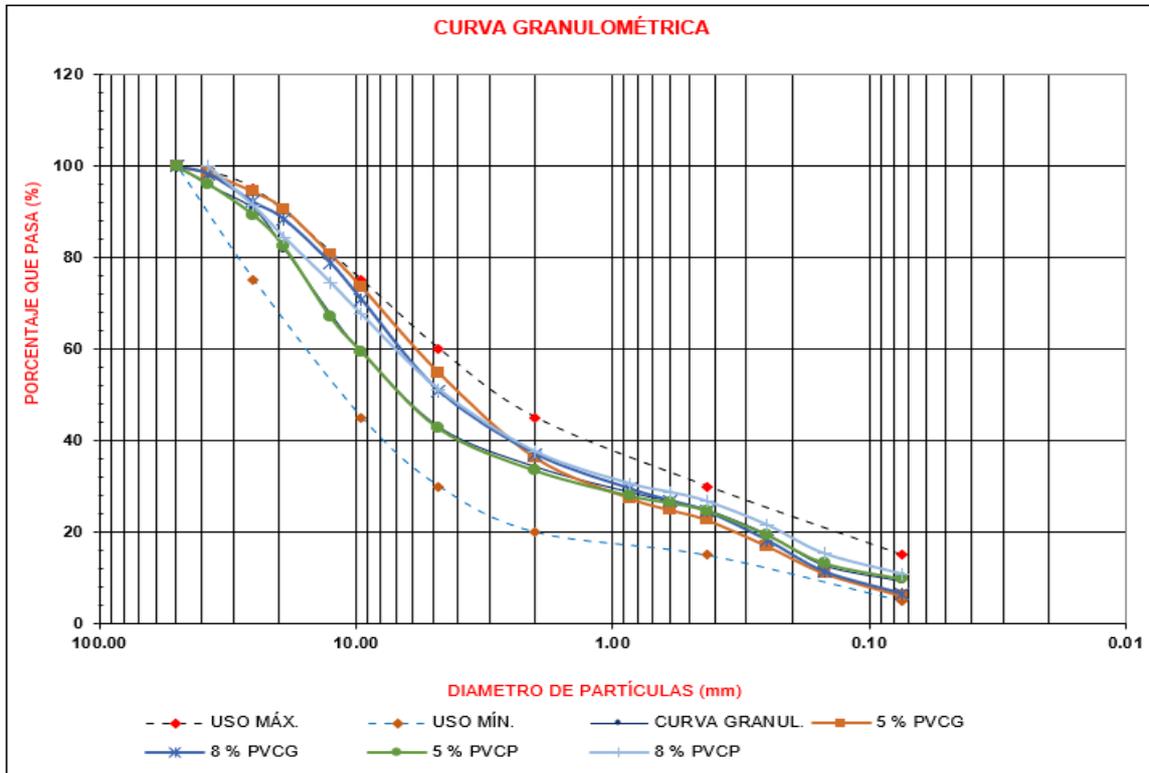
Curva granulométrica de la subbase con adición de 8% de PVCP.



Nota. Se aprecia la curva granulométrica con PVCP 8% comparada con el uso mín. y máx.

Figura 29

Curvas granulométricas de la subbase sin RPVC y con RPVC triturado.



Nota. Se aprecia la variación de las curvas granulométricas (granulometría de subbase sin RPVC y granulometría con RPVC al 5% y 8%), no varía con respecto a la gradación B.

Límites de Consistencia Sin RPVC y Con RPVC triturado

Se determinó el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, como se aprecia en la **Tabla 15**. Se obtuvo un límite líquido para la muestra de subbase de cantera, para subbase con adición de PVCG al 5%, PVCG al 8%, PVCP al 5% y PVCP al 8%, por lo tanto el límite líquido de la muestra patrón es 10.92 %, para la muestra con adición de 5% de PVCG es 7.73 %, para la muestra con adición de 8% de PVCG es 10.71 %, para la muestra con adición de 5% de PVCP es 7.72 % y para la muestra con adición de 8% de PVCGP es 8.10 %, las cinco muestras ensayadas no presentaron plasticidad (NP), por lo tanto, no tienen índice de plasticidad, y el material se considera no plástico (NP).

Tabla 15

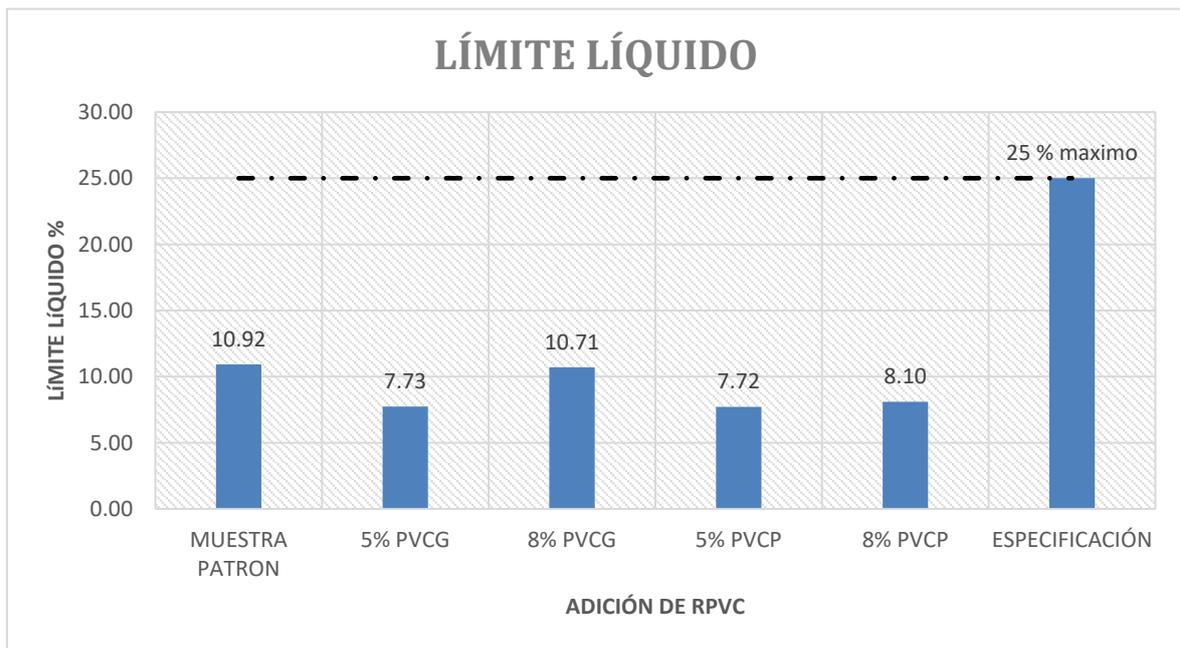
Cuadro comparativo de los ensayos de límites de consistencia del material de subbase sin y con adición de RPVC triturado.

ENSAYO	MUESTRA PATRON	5% PVCG	8% PVCG	5% PVCP	8% PVCP	ESPECIFICACIÓN
Límite líquido	10.92	7.73	10.71	7.72	8.10	25 % máximo
Límite Plástico	NP	NP	NP	NP	NP	
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP	6 % máximo

Nota. Se observa los resultados de los ensayos de límites de consistencia de la muestra patrón y la muestra alterada con adición de RPVC triturado.

Figura 30

Variación del límite líquido de la subbase sin alterar y la subbase alterada con RPVC.



Nota. Gráfico representando la variación del límite líquido para los diferentes ensayos ya descritos.

Clasificación de Suelos (método AASHTO) Sin RPVC y Con RPVC Triturado

se determinó la clasificación de la subbase sin alterar y alterado con RPVC por el método AASHTO, primero se calculó el índice de grupo (IG) de acuerdo a la **Ecuación 11**, siendo cero para los 5 ensayos debido a que no tienen índice de plasticidad, seguidamente se tomaron los porcentajes de material que pasaron las siguientes mallas, N° 10, N° 40, y N° 200, según la **Tabla 10** para la muestra patrón de subbase en la N° 10 es de 34.20 %, N° 40 es de 24.80 % y N° 200 es de 9.22 % y según la **Tabla 15** el límite líquido es 10.92% e índice de plasticidad NP, según la **Tabla 11** para la muestra de subbase con PVCG al 5% en la N° 10 es de 36.37 %, N° 40 es de 22.76 % y N° 200 es de 6.17 % y según la **Tabla 15** el límite líquido es 7.73% e índice de plasticidad NP, la **Tabla 12** nos indica que para la muestra de subbase con PVCG al 8% en la N° 10 es de 37.12 %, N° 40 es de 24.54 % y N° 200 es de 6.53 % y según la **Tabla 15** el límite líquido es 10.71% e índice de plasticidad NP. También la **Tabla 13** nos indica que para la muestra de subbase con PVCP al 5% en la N° 10 es de 33.53 %, N° 40 es de 24.76 % y N° 200 es de 9.38 % y según la **Tabla 15** el límite líquido es 7.72% e índice de plasticidad NP y la **Tabla 14** nos indica que para la muestra de subbase con PVCP al 8% en la N° 10 es de 37.65 %, N° 40 es de 26.79 % y N° 200 es de 10.91 % y según la **Tabla 15** el límite líquido es 8.10% e índice de plasticidad NP, finalmente con estos valores obtenidos se utilizó la **Tabla 8** de clasificación AASHTO obteniéndose un material para los 5 casos tenemos un suelo o subbase de tipo A-1a (0), lo cual nos da a entender que es un buen material donde predomina las gravas y arenas.

Clasificación de Suelos Método SUCS Sin RPVC y Con RPVC Triturado

Se determinó los parámetros según las consideraciones indicadas para este método, se tomó el porcentaje de la fracción gruesa y fina de material; considerándose como la fracción gruesa aquella que es retenida en la malla N° 4 y como fracción fina aquella que

pasa la malla N° 4 y también se tuvo en cuenta el material que pasa la malla N° 200, también se calculó el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc) en base a la granulometría de cada muestra, utilizándose las ecuaciones 12 y 13 respectivamente.

Se determinó los siguientes resultados, primeramente, para la muestra patrón según la **Tabla 10** el porcentaje retenido en la malla N°4 es de 57.16 %, el material fino que pasa la malla N°200 es de 9.22 %, su Cu es 107 y Cc es 1.16 como se indica en la **Tabla 16**, con estos datos entramos a la **Figura 20** y determinamos un suelo GW-GM que es una Grava Bien Gradada con Limo y Arena. Para la subbase con 5% de adición de PVCG la **Tabla 11** nos dice que el porcentaje retenido en la malla N°4 es de 45.03 %, que el material fino que pasa la malla N°200 es de 6.17 %, su Cu es 43 y Cc es 2.01 como se indica en la **Tabla 17**, con estos datos entramos a la **Figura 20** y determinamos un suelo SW-SM que es una Arena Bien Gradada con Limo y Grava. Para la subbase con 8% de adición de PVCG la **Tabla 12** nos dice que el porcentaje retenido en la malla N°4 es de 49.04 %, que el material fino que pasa la malla N°200 es de 6.53 %, su Cu es 45 y Cc es 0.79 como se indica en la **Tabla 18**, con estos datos entramos a la **Figura 20** y determinamos un suelo GP-GM que es una Grava Pobremente Gradada con Limo y Arena.

Para la subbase con 5% de adición de PVCP la **Tabla 13** nos dice que el porcentaje retenido en la malla N°4 es de 57.26 %, que el material fino que pasa la malla N°200 es de 9.83 %, su Cu es 127 y Cc es 2.56 como se indica en la **Tabla 19**, con estos datos entramos a la **Figura 20** y se determinó que es un suelo GW-GM que es una Grava Bien Gradada con Limo y Arena. Y finalmente para la subbase con 8% de adición de PVCP la **Tabla 14** nos dice que el porcentaje retenido en la malla N°4 es de 48.73 %, que el material fino que pasa la malla N°200 es de 10.91 %, su Cu es 140 y Cc es 1.83 como se indica en la **Tabla 20**, con estos datos entramos a la **Figura 20** y se determinó un suelo GW-GM que es una Grava Bien Gradada con Limo y Arena.

Tabla 16

Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la muestra patrón.

CALCULO DE Cu Y Cc			
Muestra patrón			
D10	0.090 mm	Cu	107
D30	1.00 mm		
D60	9.60 mm	Cc	1.16
Resultado			
GW-GM	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA		

Nota. Se aprecia el resultado del suelo según la clasificación SUCS, los coeficientes de D10, D30 y D60 se determinaron de la curva granulométrica correspondiente a la **Figura 24**.

Tabla 17

Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 5% de PVCG.

CALCULO DE Cu Y Cc			
Subbase con 5% PVCG			
D10	0.140 mm	Cu	43
D30	1.30 mm		
D60	6.00 mm	Cc	2.01
Resultado			
SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y GRAVA		

Nota. Se aprecia el resultado del suelo según la clasificación SUCS, los coeficientes de D10, D30 y D60 se determinaron de la curva granulométrica correspondiente a la **Figura 25**.

Tabla 18

Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 8% de PVCG.

CALCULO DE Cu Y Cc			
Subbase con 8% PVCG			
D10	0.150 mm	Cu	45
D30	0.90 mm		
D60	6.80 mm	Cc	0.79
Resultado			
GP-GM	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON LIMO Y ARENA		

Nota. Se aprecia el resultado del suelo según la clasificación SUCS, los coeficientes de D10, D30 y D60 se determinaron de la curva granulométrica correspondiente a la **Figura 26**.

Tabla 19

Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 5% de PVCP.

CALCULO DE Cu Y Cc			
Subbase con 5% PVCP			
D10	0.075 mm	Cu	127
D30	1.35 mm		
D60	9.50 mm	Cc	2.56
Resultado			
GW-GM	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA		

Nota. Se aprecia el resultado del suelo según la clasificación SUCS, los coeficientes de D10, D30 y D60 se determinaron de la curva granulométrica correspondiente a la **Figura 27**.

Clasificación SUCS- coeficientes Cu y Cc de la subbase con 8% de PVCP.

CALCULO DE Cu Y Cc			
Subbase con 8% PVCP			
D10	0.05 mm	Cu	140
D30	0.80 mm		
D60	7.00 mm	Cc	1.83
Resultado			
GW-GM	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA		

Nota. Se aprecia el resultado del suelo según la clasificación SUCS, los coeficientes de D10, D30 y D60 se determinaron de la curva granulométrica correspondiente a la **Figura 28**.

Abrasión los Ángeles de la Muestra Patrón

Se determinó el desgaste del material de subbase de la cantera Don Lucho, este desgaste es debido al impacto y trituración en el tambor de acero en rotación que contiene bolas de acero para medir su degradación como porcentaje de pérdida, siendo el porcentaje de pérdida por abrasión e impacto de 47.25 % de acuerdo a la **Tabla 21**.

Tabla 21

Abrasión del material de subbase

ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS TAMAÑOS MENORES DE (1 ½")			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1
A	Peso muestra total	gr	5005
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	2640.1
Desgaste a la abrasión			
D	Los Ángeles	%	47.25
	D = (A – B) * 100 / A		
	Abrasión	%	47.25

Nota. Se aprecia el resultado de 47.25% de la abrasión del material de la cantera Don Lucho, esta cumple con lo especificado en la norma de 50% máximo **Tabla 3**.

Proctor Modificado Material de Subbase.

Se realizó el ensayo Proctor modificada, seleccionándose el método de prueba de acuerdo al tamaño de partícula del material, y en los tres casos se demostró lo siguiente: para el método “A” que el 20% o menos es retenido en la malla N° 4, para el método “B” que el 20% o menos es retenido en a malla 3/8” y para el método “C” que el 30 % o menos del material es retenido en la mala 3/4”. Con esto en mente ingrese a la **Tabla 6**: se selecciona el método de ensayo para proctor modificado siendo el método “C”, que establece un material que pasa tamiz de 3/4” para todos los casos, con el fin de encontrar el valor asociado a la densidad máxima del material, compactando el material mediante diferentes condiciones de humedad para poder encontrar el optimo contenido de humedad con la que el suelo puede alcanzar su maxima densidad. Según la **Tabla 22** se obtuvo una densidad maxima seca de 2.28 gr/cm³ y un optimo contenido de humedad de 4.19% que corresponde al 4% de agua agrgada al material.

Tabla 22

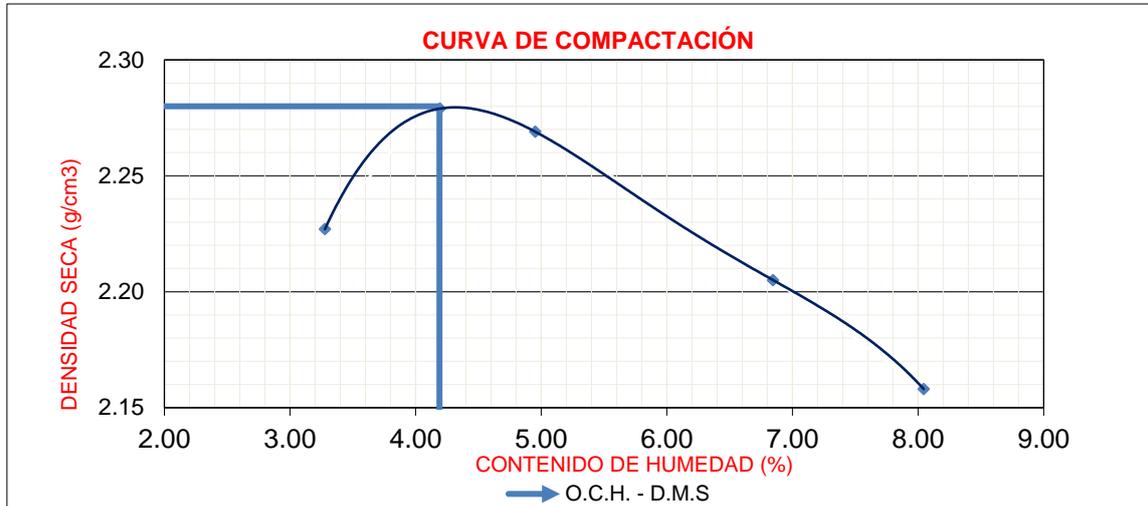
Resultados del ensayo de Proctor Modificado.

PROCTOR MODIFICADO					
Cantidad de agua agregada	3.00 %	4.00 %	5.00 %	7.00 %	9.00 %
Promedio Contenido de humedad Óptimo	3.28 %	4.19 %	4.95 %	6.85 %	8.05 %
Densidad Máxima Seca; D _s	2.23 gr/cm ³	2.28 gr/cm ³	2.27 gr/cm ³	2.21 gr/cm ³	2.16 gr/cm ³

Nota. Se aprecia los resultados de la máxima densidad seca, el grafico de dicha tabla se aprecia en la **Figura 31**.

Figura 31

Grafico para hallar la densidad máxima seca.



Nota. Curva de compactación que forma los 5 ensayos de utilizando en método C.

Ensayo CBR (California Bearing Ratio) Sin RPVC y Con RPVC Triturado

Una vez realizado el ensayo de Proctor Modificado por el método C y encontrado la cantidad de agua para obtener la máxima densidad seca se procedió a realizar los ensayos de CBR, que consistió en la determinación del índice de resistencia o índice CBR del material, el CBR es denominada también como valor de soporte o resistencia del suelo, referido a 95% de su máxima densidad seca para diseños en pavimentos y una penetración de 0,1", el ensayo se realizó con material pasante la malla 3/4" siendo preparado en laboratorio con las condiciones ya antes halladas. Se obtuvo lo siguiente para adición PVCG según **Tabla 30**: un CBR de 47.5% para la muestra patrón 1, CBR de 26% para la muestra con adición de 5% RPVC y 44.5% para la muestra con adición de 8% RPVC. Y para adición PVCP según **Tabla 38**: un CBR de 27.73% para la muestra patrón 2, CBR de 34.04% para la muestra con adición de 5% RPVC y 32% para la muestra con adición de 8% RPVC.

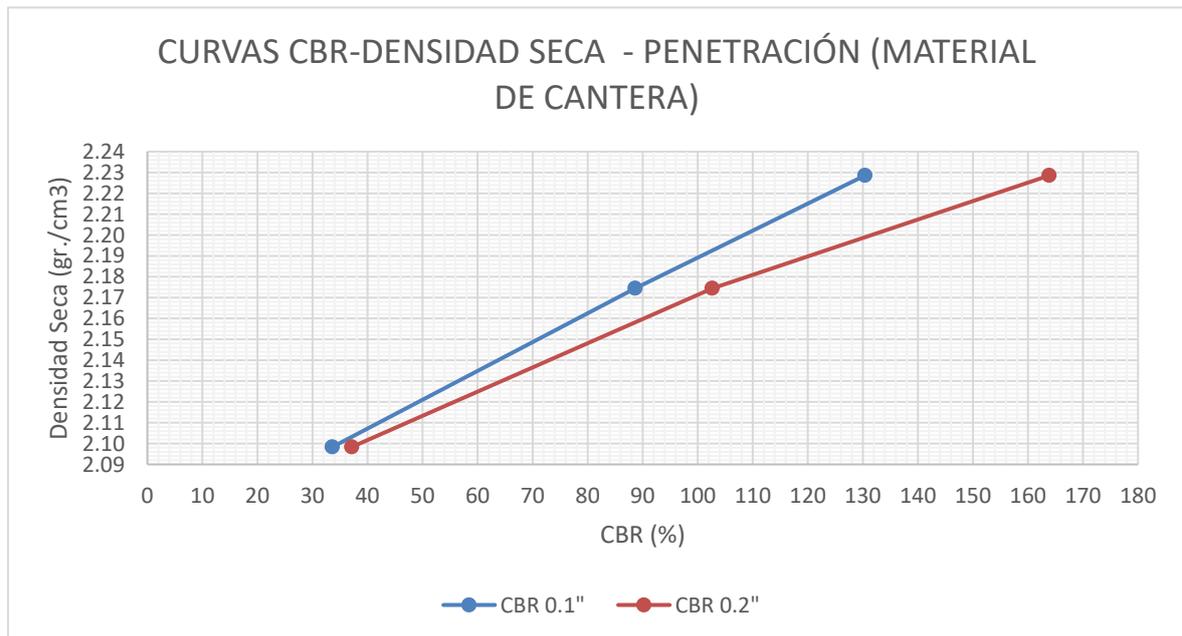
Resultados de ensayo CBR material de cantera muestra 1.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (MATERIAL DE CANTERA)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	336.22	557.07	886.39	1539.69	1303.97	2458.08
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	33.62	37.14	88.64	102.65	130.40	163.87
Ds (gr/cm ³)	2.10		2.17		2.23	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)					2.23	

Nota. Se aprecia los resultados previos, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR % sin considerar aun la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.23 gr/cm³.

Figura 32

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2".



Nota. Se aprecia las curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2" respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas). Ver la **Tabla 24**.

Tabla 24

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca.

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.23
CBR 0.1" (%) 100%	130.40
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	2.12
CBR 0.1" (%) 95%	47.15

Nota. Se aprecia el resultado del CBR 0.1" de diseño al 95% DS máx. siendo de 47.15%.

Tabla 25

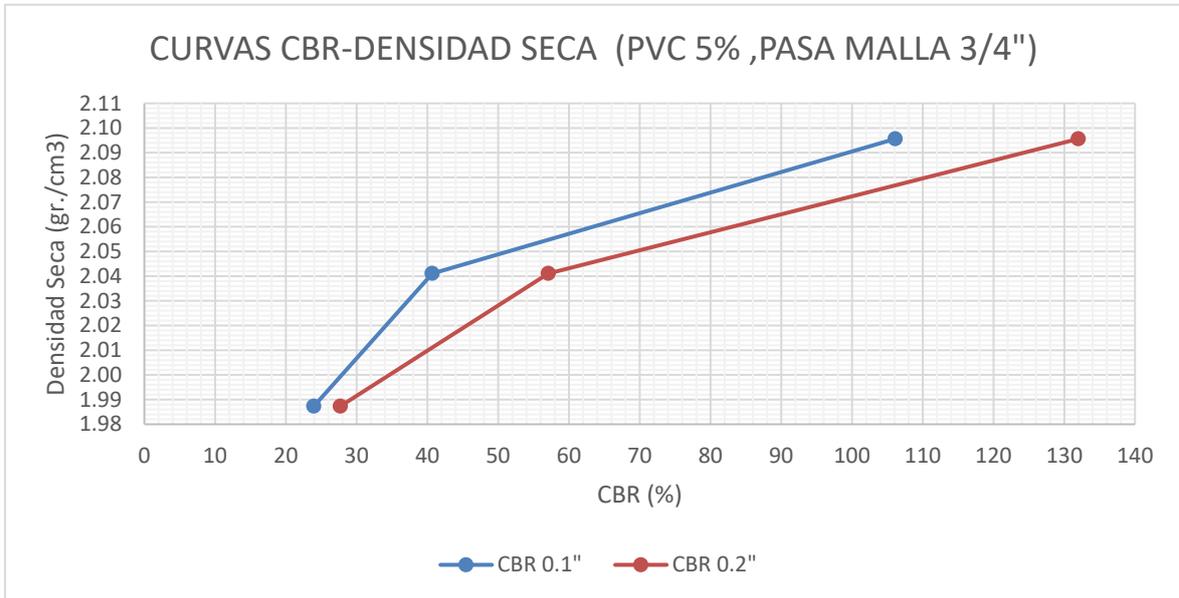
Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 5% de PVCG.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 5% DE PVCG)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg2)	239.57	415.61	407.03	856.50	1061.30	1979.89
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	23.96	27.71	40.70	57.10	106.13	131.99
Ds (gr/cm3)	1.99		2.04		2.10	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm3)	2.10					

Nota. Se aprecia los resultados previos para el material con 5% PVCG, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR % sin considerar aun la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.10 gr/cm3.

Figura 33

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 5% de PVCG.



Nota. Se aprecia las curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde con adición del 5% PVCG (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2" respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas). Ver **Tabla 26**.

Tabla 26

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca.

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.10
CBR 0.1" (%) 100%	106
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	1.99
CBR 0.1" (%) 95%	26

Nota. Se aprecia el resultado del CBR de diseño al 95% DS máx. con 5% de PVCG añadido. Siendo de 26 %.

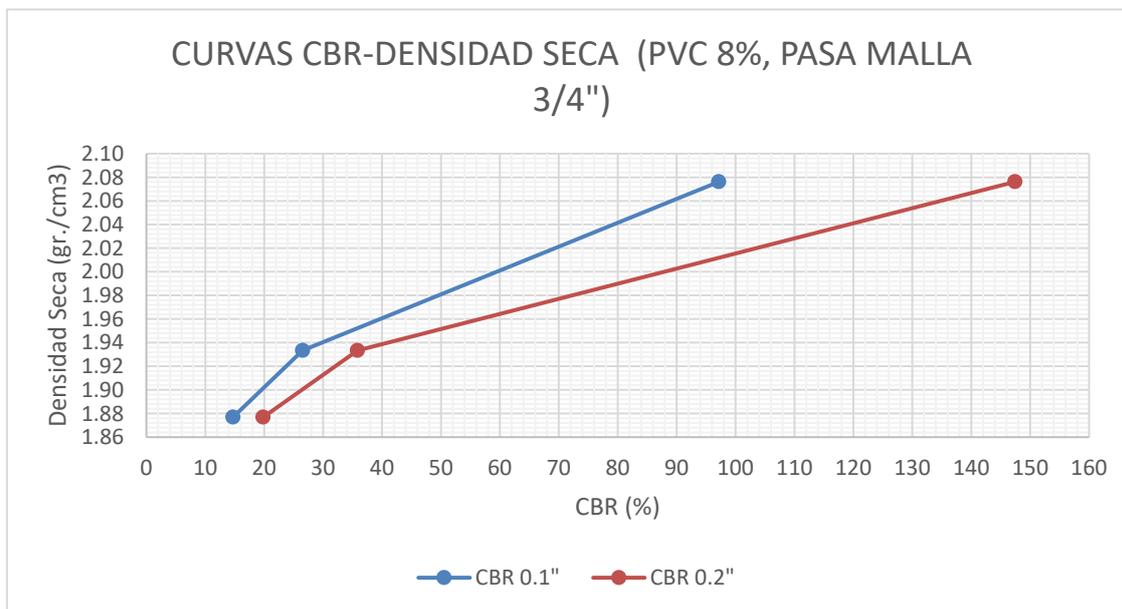
Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 8% de PVCG.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 8% DE PVCG)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	147.14	297.57	265.35	537.79	971.75	2211.90
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	14.71	19.84	26.54	35.85	97.18	147.46
Ds (gr/cm ³)	1.88		1.93		2.08	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)						2.08

Nota. Resultados previos para el material con 8% PVCG, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR sin considerar la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.08 gr/cm³.

Figura 34

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 8% de PVCG.



Nota. Se aprecia las curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde con adición del 8% PVCG (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2" respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas). Ver Tabla 28.

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.08
CBR 0.1" (%) 100%	97.18
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	1.97
CBR 0.1" (%) 95%	44.50

Nota. Se aprecia el resultado del CBR de diseño al 95% DS máx. con 8% de PVCG añadido. Siendo de 44.50 %.

Tabla 29

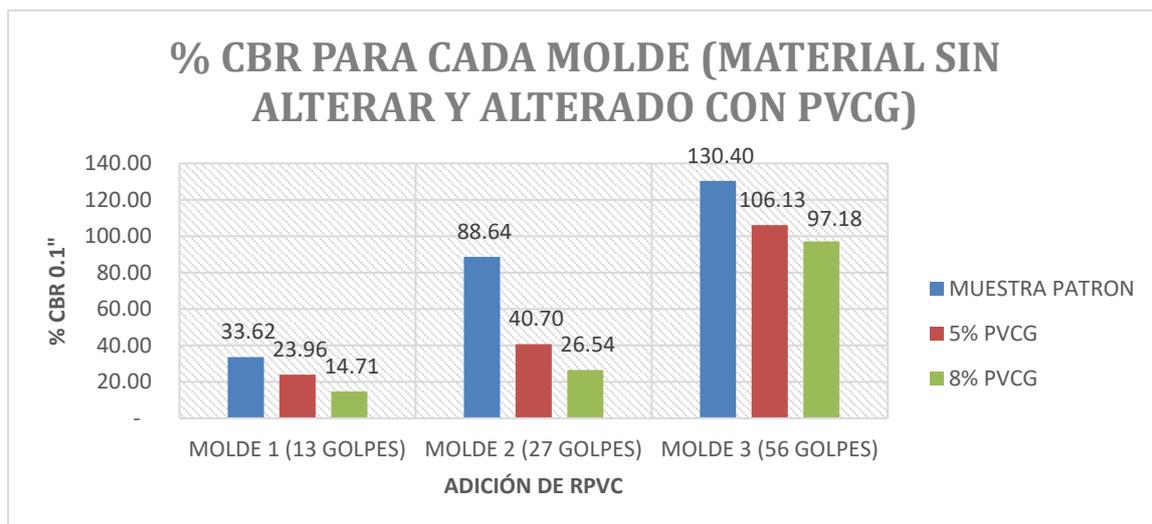
Cuadro comparativo para CBR 0.1" del material de cantera 1 sin PVCG y con PVCG.

CBR 0.1"	MUESTRA PATRON	5% PVCG	8% PVCG
MOLDE 1 (13 GOLPES)	33.62	23.96	14.71
MOLDE 2 (27 GOLPES)	88.64	40.70	26.54
MOLDE 3 (56 GOLPES)	130.40	106.13	97.18

Nota. Se aprecia la variación de CBR 0.1" para los moldes 1, 2 y 3.

Figura 35

Grafico comparativo de %CBR para los tres moldes ensayados.



Nota. Como podemos apreciar en la **Tabla 29** y en esta figura el CBR en cada molde disminuye al añadir PVCG al 5% y 8%.

Tabla 30

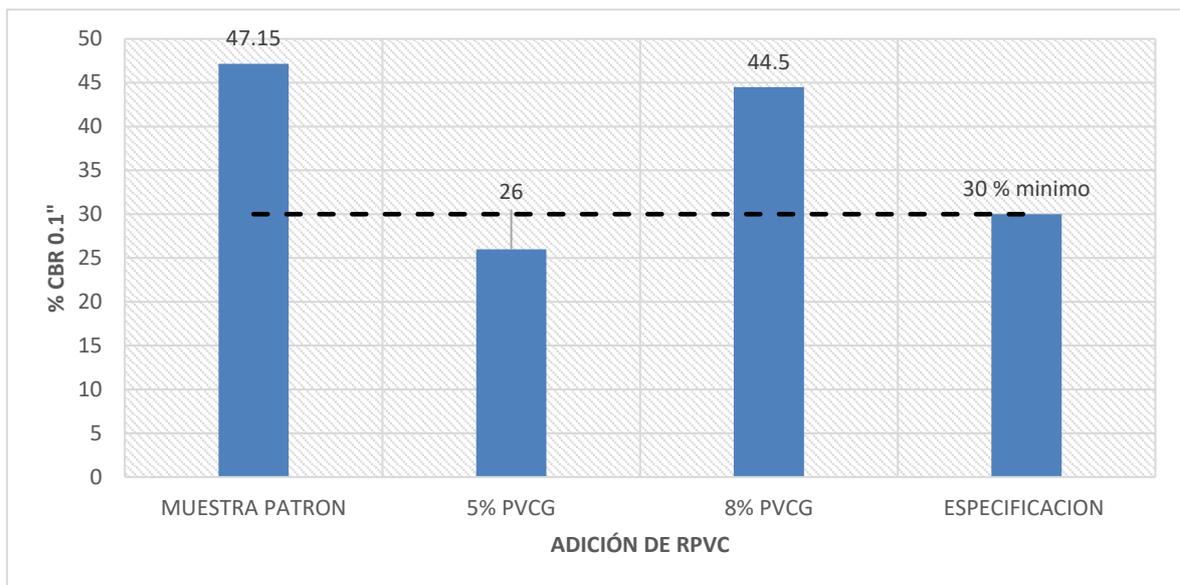
Cuadro comparativo de los ensayos de CBR.

MATERIAL DE CANTERA 1				
ENSAYO CBR	MUESTRA PATRON	5% PVCG	8% PVCG	ESPECIFICACION
CBR al 95% de D.M.S a 0.1” de penetración (%)	47.15	26	44.5	30 % mínimo

Nota. Se aprecia los resultados de CBR considerando el 95 % de densidad máxima seca, junto con la especificación mínima de 30 % de CBR para pavimentos urbanos.

Figura 36

Variación de índice CBR.



Como podemos apreciar en la **Tabla 30** y en la **Figura 36** con respecto a la muestra patrón el índice CBR va disminuyendo en los dos casos de añadir PVCG al 5% y 8% de residuos de construcción.

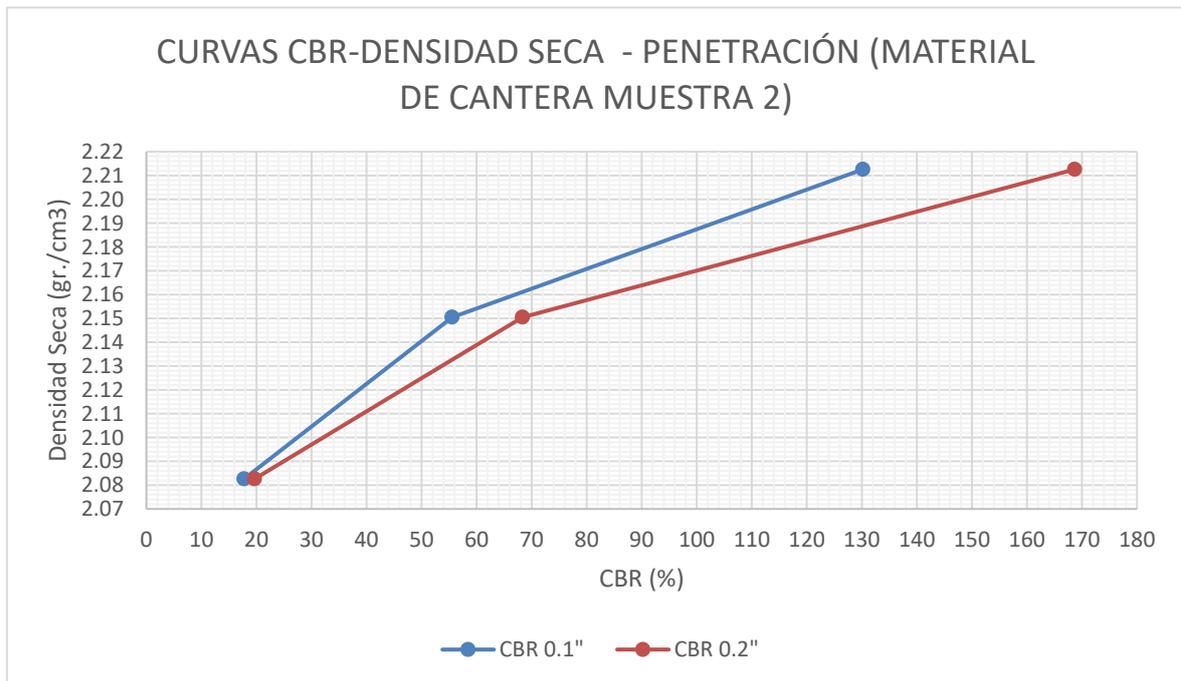
Resultados de ensayo CBR material de cantera muestra 2.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (MATERIAL DE CANTERA 2)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	177.68	295.24	555.73	1025.26	1302.13	2530.20
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	17.77	19.68	55.57	68.35	130.21	168.68
Ds (gr/cm ³)	2.08		2.15		2.21	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)						2.21

Nota. Se aprecia los resultados previos, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR % sin considerar aun la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.21 gr/cm³.

Figura 37

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2".



Nota. Se aprecia las curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2"

respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas). Ver **Tabla 32**.

Tabla 32

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca.

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm³) 100%	2.21
CBR 0.1" (%) 100%	130
Máxima densidad seca (gr/cm³) 95%	2.10
CBR 0.1" (%) 95%	27.73

Nota. Del material de cantera muestra 2, se muestra el resultado del CBR 0.1" de diseño al 95% DS máx. siendo de 27.73 %.

Tabla 33

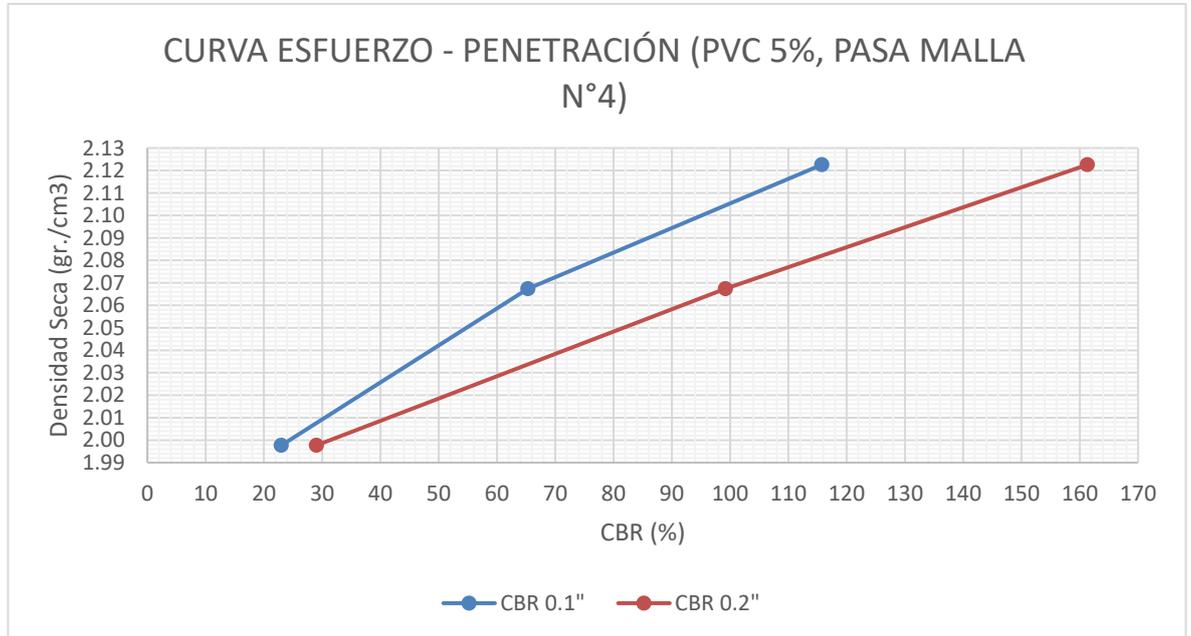
Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 5% de PVCP.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 5% DE PVC, PASA MALLA N°4)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg²)	229.95	435.38	653.15	1488.19	1157.40	2419.84
Esfuerzo patrón (lb/pulg²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	23.00	29.03	65.32	99.21	115.74	161.32
Ds (gr/cm³)	2.00		2.07		2.12	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm³)	2.12					

Nota. Se aprecia los resultados previos para el material con 5% PVCP, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR % sin considerar aun la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.12 gr/cm³.

Figura 38

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 5% de PVCP.



Nota. Se aprecia las curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde con adición del 5% PVCP (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2" respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas). Ver **Tabla 34**.

Tabla 34

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca.

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.12
CBR 0.1" (%) 100%	115
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	2.02
CBR 0.1" (%) 95%	34.04

Nota. Se aprecia el resultado del CBR de diseño al 95% DS máx. con 5% de PVCP añadido. Siendo de 34.04 %.

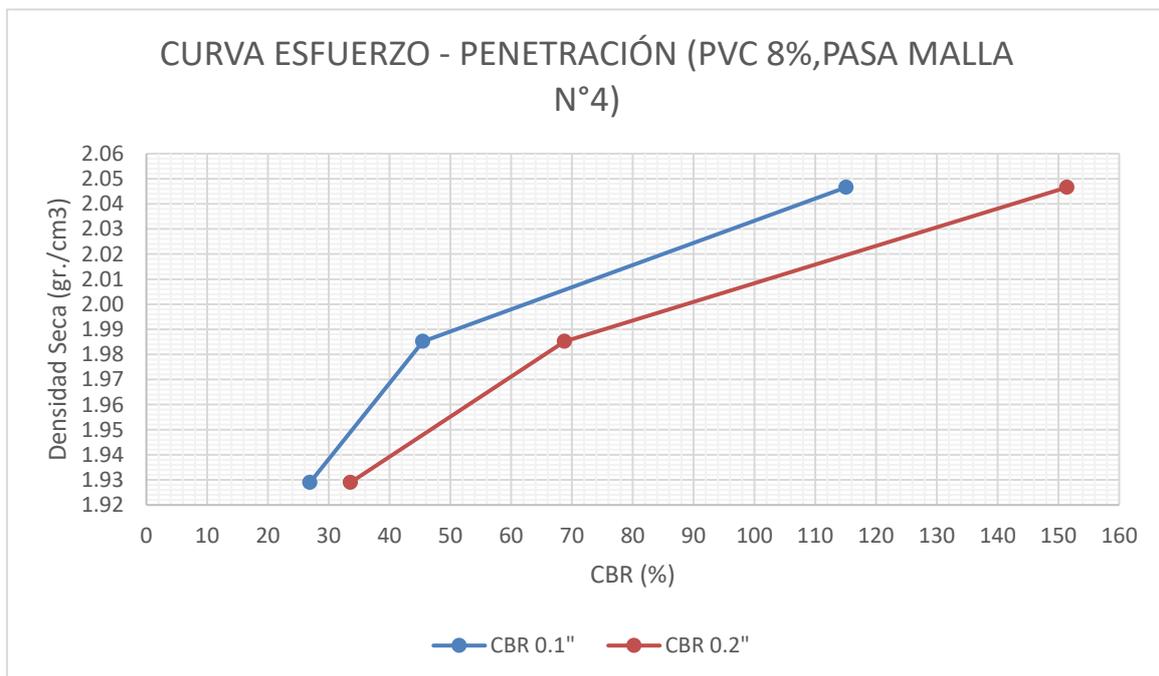
Resultados de ensayo CBR material de Subbase con 8% de PVCP.

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 8% DE PVC, PASA MALLA N°4)							
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3		
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"	
Esfuerzo del suelo (lb/pulg2)	269.13	503.72	454.91	1031.71	1150.96	2271.32	
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	
CBR (%)	26.91	33.58	45.49	68.78	115.10	151.42	
Ds (gr/cm3)	1.93		1.99		2.05		
RESULTADOS							
Máxima densidad seca (gr/cm3)						2.05	

Nota. Resultados previos para el material con 8% PVCP, siendo estos el esfuerzo del suelo, CBR % sin considerar aun la densidad seca, y la máxima densidad seca de 2.05 gr/cm3.

Figura 39

Gráfico de curvas CBR 0.1" y 0.2" con 8% de PVCP.



Nota. Curvas formadas por el CBR 0.1" y 0.2" de penetración y la máxima densidad seca de cada molde con adición del 8% PVCP (se tomará el menor del valor del CBR de 0.1" y 0.2" respecto al 95% de la máxima densidad seca, línea que interseca las curvas).

Resultado del CBR 0.1" considerando el 95% de la máxima densidad seca

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.05
CBR 0.1" (%) 100%	115.00
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	1.944
CBR 0.1" (%) 95%	32.00

Nota. Se aprecia el resultado del CBR de diseño al 95% DS máx. con 8% de PVCP añadido. Siendo de 32 %.

Tabla 37

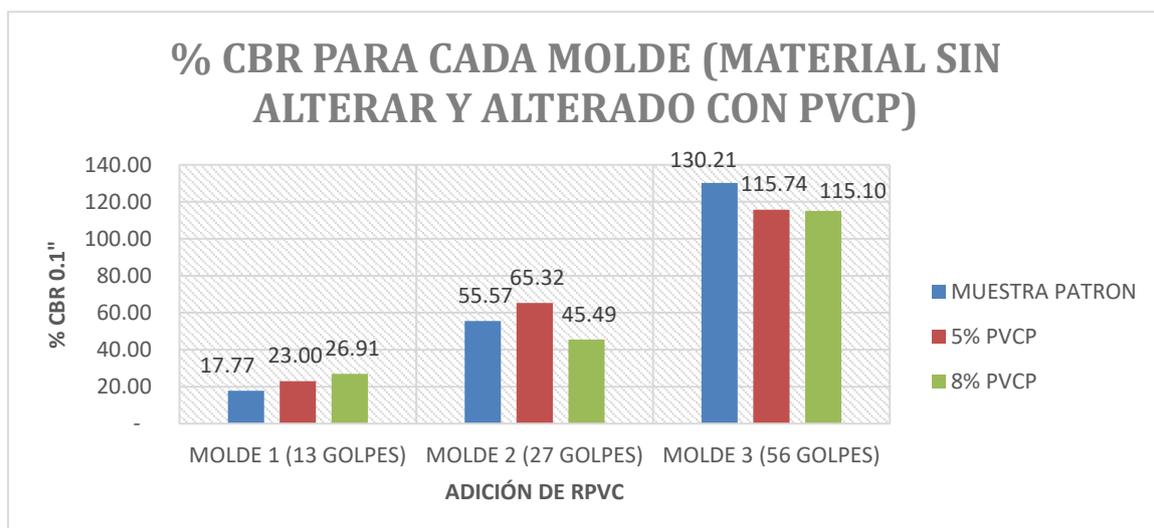
Cuadro comparativo para CBR 0.1" del material de cantera 2 sin PVCP y con PVCP.

CBR 0.1"	MUESTRA PATRON 2	5% PVCP	8% PVCP
MOLDE 1 (13 GOLPES)	17.77	23.00	26.91
MOLDE 2 (27 GOLPES)	55.57	65.32	45.49
MOLDE 3 (56 GOLPES)	130.21	115.74	115.10

Nota. Se aprecia la variación de CBR 0.1" para los moldes 1, 2 y 3.

Figura 40

Grafico comparativo de %CBR para los tres moldes ensayados.



Nota. Como podemos apreciar en la **Tabla 37** y en esta figurade el CBR en el molde 1 y 2 el CBR aumenta y en el molde 3 disminuye mínimamente al añadir PVCP al 5% y 8%.

Tabla 38

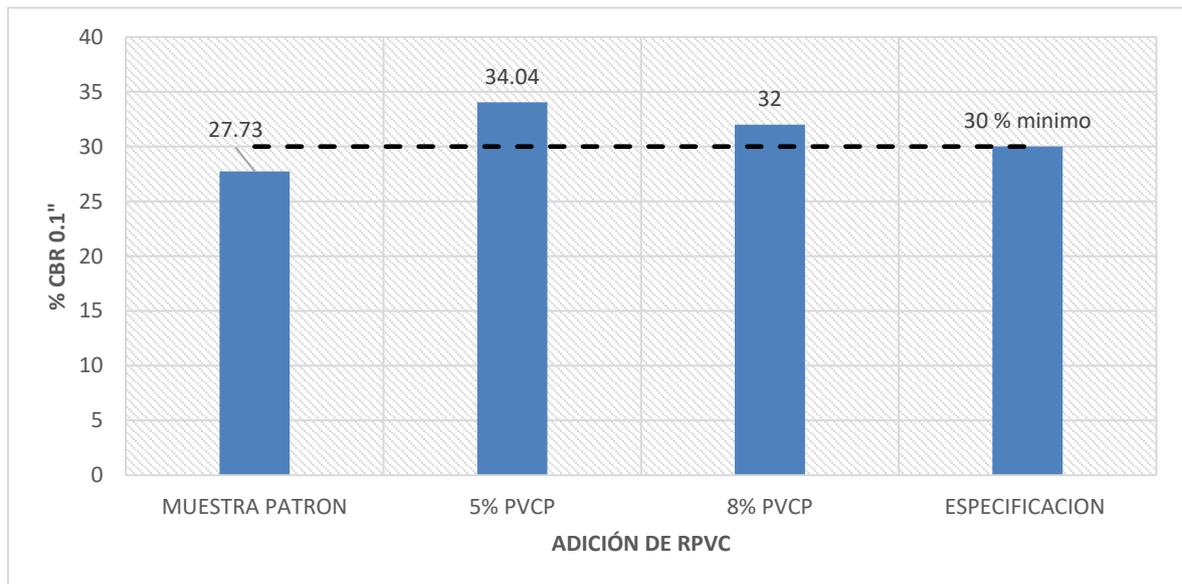
Cuadro comparativo de los ensayos de CBR (segunda muestra).

MATERIAL DE CANTERA MUESTRA 2				
ENSAYO	MUESTRA PATRON	5% PVCP	8% PVCP	ESPECIFICACION
CBR al 95% de D.M.S a 0.1” de penetración (%)	27.73	34.04	32	30 % mínimo

Nota. Se aprecia la los resultados de CBR considerando el 95 % de densidad máxima seca, junto con la especificación minina de 30 % de CBR para pavimentos urbanos.

Figura 41

Variación de índice CBR segunda muestra de cantera.



Como podemos apreciar en la **Tabla 38** y en la **Figura 41** con respecto a la muestra patrón el índice CBR va aumentando en los dos casos de añadir PVCP al 5% y 8% de residuos de construcción.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Limitaciones

En cuanto a las limitaciones que se tuvo en este estudio fue principalmente la trituración de RPVC ya que, en primera instancia, se pasó RPVC por una lijadora obteniéndose un residuo de PVC de pequeños filamentos que al juntarse aumentaban demasiado su volumen, tendiendo a enredarse unas con otras entre filamentos de PVC, luego de ver como se iba comportando este material de PVC en el laboratorio de suelos con el material de subbase, se optó por desechar este material de PVC.

Después de desechar esta opción se logró encontrar una chatarrería en la ciudad de Cajamarca que molería el RPVC, esta se encuentra ubicada por la Av. Nuevo Cajamarca intersección con la Av. Industrial. Al pasar el RPVC por el molino este nos proporcionaba PVC molido con partículas de hasta $\frac{3}{4}$ ", con aproximadamente 12 kilos de RPVC obtenido se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio suelos de la Privada del Norte sede Cajamarca, posteriormente se realizó los ensayos de CBR añadiendo RPVC que pasara la malla $\frac{3}{4}$ ", al comparar los esfuerzos de la subbase sin añadir RPVC y añadiendo RPVC, se vio que este perjudicaba al material acolchonamiento (debido al tamaño del RPVC) en las muestras, disminuyendo la capacidad de subbase.

Por último, al ver lo mencionado en el párrafo anterior se optó por triturar aún más el RPVC, y felizmente se encontró una persona dispuesta a moler el RPVC en la provincia de san pablo, se realizó el viaje aproximadamente 2 horas de ida y 2 horas de vuelta, sin mencionar el tiempo de búsqueda del molino y el tiempo de pasar el RPVC por dicho molino.

Mas ensayos de CBR con adición al 5% y 8% de PVCP para lograr una mayor certeza de la influencia del RPVC triturado en el material granular de subbase.

Peso Específico Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

En lo que respecta a esta propiedad del peso específico, la variación es evidente ya que tenemos un peso específico inicial del material de cantera de 2.61 gr/cm³ y disminuye a 2.56 gr/cm³ para una adición de 8% PVCG, a 2.46 gr/cm³ para una adición de 5% PVCP y a 2.34 gr/cm³ para una adición de 8% PVCP, exceptuando a la adición de PVCG al 5% que nos aumenta el peso específico a 2.64 gr/cm³, esto según la **Tabla 9** y la **Figura 23**. Decimos entonces que el RPVC triturado adicionado al material de subbase beneficia al material haciéndolo menos pesado y ocupando el volumen correspondiente con menos peso en material.

Comparándolo con el trabajo que hicieron Rincón; Rondón; Vélez y Aguirre (2006) en su artículo científico denominado: “Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase”, el peso específico tiene un comportamiento similar al añadirsele RPVC teniendo los resultados siguientes: sin PVC 2.07 gr/cm³, para una adición de 1% el peso específico subió a 2.08 gr/cm³, para una adición de 3% disminuyo a 1.99 gr/cm³ y finalmente para una adición de 5% también disminuyo a 2.04 gr/cm³.

Análisis Granulométrico por Tamizado de Agregados Sin RPVC y Con RPVC Triturado.

En lo que respecta al análisis granulométrico las 5 muestras: muestra patrón, con PVCG al 5%, con PVCG al 8%, con PVCP al 5% y con PVCP al 8% cumplen con la gradación “B” detallada en la **Tabla 2**. Dándose a entender que es desecho de PVC triturado no afecta de manera negativa a la gradación del material.

En cuanto a la determinación si es una grava o una arena y el material de fino que pasa la malla N° 200 tenemos lo siguiente según **Tabla 10**: para la muestra patrón el material retenido en la malla N° 4 es de 57.16% y el material que pasa la malla N° 200 es de 9.22%,

entonces al tener estos valores se determina que la fracción fina o arena es de 33.62%, como el material de la malla N° 4 es mayor que la arena entonces en el material predomina la grava. En la **Tabla 11** tenemos lo siguiente: para la muestra con adición de PVCG al 5% el material retenido en la malla N° 4 es de 45.03% y el material que pasa la malla N° 200 es de 6.17%, entonces al tener estos valores se determina que la fracción fina o arena es de 48.80%, como el material de la malla N° 4 es menor que la arena entonces en el material predomina es la arena. En la **Tabla 12** tenemos lo siguiente: para la muestra con adición de PVCG al 8% el material retenido en la malla N° 4 es de 49.04% y el material que pasa la malla N° 200 es de 6.53%, entonces al tener estos valores se determina que la fracción fina o arena es de 44.43%, como el material de la malla N° 4 es mayor que la arena entonces en el material predomina el material grueso o grava. Para el PVCP tenemos la **Tabla 13** que nos dice lo siguiente: para la muestra con adición de PVCP al 5% el material retenido en la malla N° 4 es de 57.26% y el material que pasa la malla N° 200 es de 9.83%, entonces al tener estos valores se determina que la fracción fina o arena es de 32.91%, como el material de la malla N° 4 es mayor que la arena entonces en el material predomina el material grueso o grava y en la **Tabla 14** tenemos lo siguiente: para la muestra con adición de PVCP al 8% el material retenido en la malla N° 4 es de 48.73% y el material que pasa la malla N° 200 es de 10.91%, entonces al tener estos valores se determina que la fracción fina o arena es de 40.36%, como el material de la malla N° 4 es mayor que la arena entonces en el material predomina el material grueso o grava. Al revisar toda esta información vemos que el PVCP añadido al material, no perjudica a la subbase y esta se mantiene como un buen material grava bien gradada. Mientras que el PVCG añadido al material de subbase tampoco lo perjudica en gran manera ya que con respecto a la muestra patrón que es una grava bien gradada, estos resultaron en arena bien gradada para 5% PVCG y grava para 8% PVCG.

Al considerar el estudio hecho por Ruiz (2017). Sobre la Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo, se aprecia que, al evaluar la granulometría de dicho estudio mencionado, la adición de PVC no perjudica a la granulometría al igual que este estudio; manteniéndose con buena gradación.

Límites de Consistencia Sin RPVC y Con RPVC Triturado

De acuerdo al cuadro comparativo descrita en la **Tabla 15** se determinó el límite líquido de 10.92% para la muestra patrón, para la subbase con adición de PVCG al 5%, el límite líquido disminuye hasta el 7.73%, para la subbase con adición de PVCG al 8%, el límite líquido no disminuye en demasía siendo este 10.71%. Para la subbase con adición de PVCP al 5%, el límite líquido disminuye hasta 7.72%, y para la subbase con adición de PVCP al 8%, el límite líquido disminuye hasta 8.10 %. Entonces podemos ver que los resultados son favorables en cuanto al límite líquido ya que disminuyen, teniendo en cuenta que la norma nos da un tope máximo del límite líquido de un material. Estos están por debajo de 25% del límite líquido permitido.

De la **Tabla 15** también obtenemos la siguiente información: que los límites de consistencia en los 5 casos presentados no tienen límite plástico, por ende, no presenta índice plástico (NP). Para este caso se cumple la especificación de la norma ya que se nos especifica que el máximo índice de plasticidad es 6%.

Al analizar el estudio hecho por Ruiz (2017). Sobre la Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo, se aprecia que el límite líquido disminuye a con respecto adición de PVC de 16.93% a 16.47%, de 16.93% a 16.59% y de 16.93% a 16.90% para 4%,6% y 8% de adición de PVC respectivamente al igual que en esta ocasión que también disminuye.

Abrasión los ángeles de la muestra patrón

De la **Tabla 21** sacamos la abrasión que tiene el material de subbase obtenida de la cantera Don Lucho, esta tiene un valor de 47.25% cumpliendo lo que se especifica en la **Tabla 3** la cual nos dice que la máxima abrasión de un material de subbase debe ser de 50%.

Ensayo CBR (California Bearing Ratio) Sin RPVC y Con RPVC Triturado

De acuerdo a la **Tabla 30**: cuadro comparativo de los ensayos de CBR al 95% de D.M.S y a una penetración de 0.1” (siendo esta la más desfavorable) , se observa una disminución de CBR de diseño comparando la muestra patrón la cual tiene un CBR por encima del mínimo de 47.15%, mientras que al agregar PVCG al 5% ocasiona que este disminuya por debajo del mínimo, teniendo un CBR para este caso de 26% y por ultimo al agregar PVCG al 8% ocasiona también que el CBR disminuya hasta un CBR de 44.5%. entonces vemos que el PVCG al 5% y 8% es perjudicial para el material de subbase.

También analizaremos el CBR a una penetración de 0.1 para el molde 1, molde 2 y molde 3, pero sin la intervención de la densidad seca máxima para ello veremos la **Tabla 29** y **Figura 35** que tiene los siguientes: para una penetración de 0.1” en el molde 1 (13 golpes) el CBR de la muestra patrón es 33.62%, mientras que para un 5% de PVCG el CBR es de 23.96% y para un 8% de PVCG el CBR es de 14.71%. Para una penetración de 0.1” en el molde 2 (27 golpes) el CBR de la muestra patrón es 88.64%, mientras que para un 5% de PVCG el CBR es de 40.70% y para un 8% de PVCG el CBR es de 26.54% y por último para una penetración de 0.1” en el molde 1 (56 golpes) el CBR de la muestra patrón es 130.40%, mientras que para un 5% de PVCG el CBR es de 106.13% y para un 8% de PVCG el CBR es de 97.18 %. Con todo lo descrito en este párrafo podemos ver que en los tres moldes el

CBR disminuye al agregar desecho de PVCG triturado al 5% y 8%, no siendo recomendado para la subbase.

Ahora analizaremos la influencia de PVCP al 5% y 8% añadido al material de subbase. De acuerdo a la **Tabla 38**: segunda muestra para CBR, cuadro comparativo de los ensayos de CBR al 95% de D.M.S y a una penetración de 0.1” (siendo esta la más desfavorable), se observa el aumento de CBR de diseño comparado la muestra patrón la cual tiene un CBR casi alcanzando al mínimo de 27.73%, mientras que al agregar PVCP al 5% ocasiona que este aumente por encima del mínimo, teniendo un CBR para este caso de 34.04% y por último al agregar PVCG al 8% ocasiona también que el CBR aumente, pero en menos proporción hasta un CBR de 32%. entonces vemos que el PVCG al 5% y 8% es favorable para el material de subbase.

Por último, también analizaremos el CBR a una penetración de 0.1 para el molde 1, molde 2 y molde 3, pero sin la intervención de la densidad seca máxima para ello veremos la **Tabla 37** y **Figura 40** que tiene los siguientes datos: para una penetración de 0.1” en el molde 1 (13 golpes) el CBR de la muestra patrón 2 es 17.77%, mientras que para un 5% de PVCP el CBR es de 23% y para un 8% de PVCP el CBR es de 26.91%. Para una penetración de 0.1” en el molde 2 (27 golpes) el CBR de la muestra patrón 2 es 55.57%, mientras que para un 5% de PVCP el CBR es de 65.32% y para un 8% de PVCP el CBR es de 45.49% y por último para una penetración de 0.1” en el molde 1 (56 golpes) el CBR de la muestra patrón es 130.21%, mientras que para un 5% de PVCP el CBR es de 115.74% y para un 8% de PVCP el CBR es de 115.10 %. Con todo lo descrito en este párrafo podemos que para el molde 1 el añadir 5% PVCP aumenta el CBR, para el molde 2 en primera instancia el 5% de PVCP aumenta el CBR, pero el 8% hizo que disminuyera el CBR y finalmente vemos que el molde 3 al añadir PVCP disminuyó un poco el CBR.

Por lo tanto, después de analizar todo lo descrito en los párrafos anteriores vemos que al añadir PVC triturado que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " [PVCG] no es beneficioso para el CBR del material. Mientras que al agregar PVC que pasa la malla N° 4 [PVCP] al material de subbase, este reacciona de manera beneficiosa ya que aumenta el CBR del material, el porcentaje de 5% de PVCP aumenta el CBR de 27.73% a 34.04% y el porcentaje de 8% de PVCP aumenta el CBR de 27.73% a 32%. Siendo la mejor opción el añadir el 5% de PVCP al material de subbase.

Comparándolo con el trabajo que hicieron Rincón; Rondón; Vélez y Aguirre (2006) en su artículo científico denominado: "Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase", su estudio determinó que su CBR aumentaba al agregarle 3% y 5% de aditivo, mientras que si se le agregaba 1% de aditivo el CBR disminuía. Con 3% de RPVC el CBR pasaba de 70.67% hasta 106.67%, con 5% de RPVC el CBR pasaba de 70.67% hasta 129.97% y con 1% de RPVC el CBR disminuía de 70.67% a 40.79%. entonces vemos que el CBR de un material de subbase se puede mejorar añadiéndole RPVC. Pero depende mucho del tamaño del RPVC.

El estudio de Lascano y Narvaez (2010). Sobre mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular por medio de la adición de desechos de PVC, determinó que el CBR con un 3% de desecho PVC paso de 18% a 20%, con un 6% de desecho de PVC de 18% a 23%, con un 9% de desecho de PVC de 18% a 26%, con un 12% de desecho de PVC de 18% a 23%, con un 15% de desecho de PVC de 18% a 20.5%, con un 20% de desecho de PVC de 18% a 18.5%, y con un 25% de desecho de PVC de 18% a 16.5%. Al seguir compararlo con este estudio vemos que el menor porcentaje de adición de RPVC es la mejor opción para mejorar nuestro material granular.

Al considerar el estudio hecho por Ruiz (2017). Sobre la Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de

Trujillo, se aprecia un CBR inicial sin RPVC de 36.8%, 55%, 46.8% para el molde de 12, 25, y 56 golpes. Para una adición de RPVC de 4% se aprecia un CBR de 54%, 76%, 65% para el molde de 12, 25, y 56 golpes respectivamente, Para una adición de RPVC de 6% se aprecia un CBR de 55%, 75%, 70% para el molde de 12, 25, y 56 golpes y Para una adición de RPVC de 8% se aprecia un CBR de 75%, 95%, 88% para el molde de 12, 25, y 56 golpes respectivamente. Estos resultados comparados con el CBR obtenidos adicionando PVCP al 5% y 8% son similares ya tienden a aumentar el valor del CBR en la mayoría de los moldes.

Implicancias

Este estudio sirve como base para futuras investigaciones sobre mejoramiento de subbases o bases para estructura de pavimentos; se puede realizar una investigación adicionando menor porcentaje de RPVC triturado o disminuir el tamaño del PVC triturado utilizado, y así con estas nuevas ideas poder satisfacer los requerimientos de calidad para una subbase granular dada por la norma CE. 010 pavimentos urbanos.

Realizar un estudio de los beneficios de reutilizar el desecho de PVC al cuantificar que tan significativa es la reducción de la contaminación medio ambiental al reutilizar estos recursos.

Llevar esta investigación a una realización en campo, en un tramo de pavimento conformando una capa de subbase con adición de 5% RPVC triturado; del peso del material granular, para determinar cómo se comporta dicho material ante el uso cotidiano de las exigencias del tráfico vehicular, y de esta manera utilizarlo como una alternativa de material de subbase en futuros proyectos de pavimentación.

Otra de las cosas importantes de este estudio es saber que el RPVC obtenido de proyectos de construcción; se puede reutilizar en el material granular de subbase y no tan solo desecharlo en botaderos.

- ✓ Del estudio que se realizó se concluye que la adición del 5% y 8% de PVCP mejora las características físico mecánicas del material granular de subbase. Y también se concluye que la adición del 5% y 8% de PVCG no es beneficioso para el material granular de subbase.
- ✓ Se pudo constatar la hipótesis de este estudio, debido a que uno de los dos desechos de PVC triturado (PVCP) aumentó la característica mecánica CBR con respecto a la muestra patrón en un 22.76 % y en 15.40 % al adicionar 5% de PVCP y 8% PVCP respetivamente. Siendo el 5% PVCP la mejor alternativa ya que mejores resultados.
- ✓ También se pudo constatar lo contrario descrito en la hipótesis de este estudio, debido a que uno de los dos desechos de PVC triturado (PVCG) disminuyó la característica mecánica CBR con respecto a la muestra patrón en un 44.86 % y en 5.62 % al adicionar 5% de PVCG y 8% PVCG respetivamente. No se tiene alternativa que mejore la subbase.
- ✓ Se determinó la abrasión del material de subbase siendo de 47.25% cumpliendo con el desgaste máximo de 50%. También se determinó el CBR de las muestras, muestra patrón 2, siendo 27.73%, muestra con 5% de PVCP siendo 34.04% y muestra con 8% de PVCP siendo 32% los cuales cumplen con los requisitos de calidad mínimos para una subbase granular. También se determinó el CBR de las muestras a continuación descritas, muestra patrón, siendo 47.15%, muestra con 5% de PVCG siendo 26% y para muestra con 8% de PVCG siendo 44.5%, el PVCG al 5% y 8% no es bueno para el material de subbase.
- ✓ Se determinó que el peso específico aumento un 1.15% con la adición de 5% PVCG, disminuyó un 1.92% con la adición de 8% PVCG, disminuyó un 5.75 % con la adición de 5% PVCP y disminuyó un 10.34% con la adición de 8% PVCP.

- ✓ Se determinó que el límite líquido disminuye un 29.21% con la adición de 5% PVCG, un 1.92% con la adición de 8% PVCG, un 29.30 % con la adición de 5% PVCP y un 25.82% con la adición de 8% PVCP. Las 5 muestras no presentan plasticidad.
- ✓ Se determinó la granulometría de las 5 muestras (muestra patrón, muestra con 5% PVCG, muestra con 8% PVCG, muestra con 5% PVCP y muestra con 8% PVCP) todas estas están dentro del uso máximo y uso mínimo considerándose una gradación “B”. además, se determinó su clasificación SUCS para las 5 muestras teniéndose GW-GM (grava bien gradada con limo y arena), SW-SM (arena bien gradada con limo y grava), GP-GM (grava pobremente gradada con limo y arena), GW-GM (grava bien gradada con limo y arena) y GW-GM (grava bien gradada con limo y arena) respectivamente. Se concluye que la adición de desecho de PVC que pasa la malla N° 4 no altera ni perjudica el material ya que mantiene al material como una Grava Bien Gradada con Limo y Arena.

REFERENCIAS

- Aiassa, G. y Arría, P. (2007). *Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes*. En revista EIA, (7) pp.1
- Areizaga, J., Cortazar, M. y Elorsa, J. (1992). *Polímeros. Madrid: Síntesis. Pp.356*.
- Blanco, T., Brango, Y., y Rivera, J. (2012). *Reutilización del desecho de PVC como agente estabilizador de sub-bases granulares (Tesis de Titulación)*. CUC, Barranquilla, Colombia.
- Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (CGAMA), 2022. *Causas del deterioro prematuro de pavimentos de hormigón de la ciudad de bahía blanca y rutas de acceso. su relación con la franja capilar*.
- Cristina Ortega. *Investigación cuantitativa. Qué es y cómo realizarla*. QuestionPro.
<https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-investigacion-cuantitativa/>
- Cristina Ortega. *¿Qué es un estudio transversal?* QuestionPro.
<https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-transversal/>
- DAS, B. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, (1ra ed.). California State University: Sacramento, Editorial Thomson & Learning.
- Del Castillo Ruiz, B. (2017). *Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo*.
- DG-2018. *Manual de carreteras: Diseño geométrico*, MTC.
- Felipe Adrián Hidalgo A. (2007). *Definición moderna de los parámetros para el diseño de pavimentos*.
- Garnica, P., Pérez, A., Gómez, J., y Obil, E. (2006). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres*, (201) pp.VII.
- Instituto Mexicano del Transporte, [imt], 2012. *Pavimentos rígidos ó flexibles*.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes, notas art. n.º 134.

- Jahaira Fiorela Chuzón V. (2019). Pavimento un factor clave para el desarrollo de la sociedad. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/pavimento-un-factor-clave-para-el-desarrollo-de-la-chuz%C3%B3n-villacorta>.
- Javier Murillo (2010). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Escuela de Posgrado Universidad Nacional de Educación.
- Jhonn Mocondino R. (2020). *¿Qué son los pavimentos y cómo se clasifican?* LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-los-pavimento-y-c%C3%B3mo-se-clasifican-jhonn-jairo-mocondino-r>
- Jorge Tosticarelli. (2006). *La ingeniería de pavimentos, esquema conceptual. Simposio Iberoamericano de Pavimentos*, Quito – Ecuador.
- Josefina Bordino. (2021). *Intemperismo: qué es, tipos y ejemplos*. Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/intemperismo-que-es-tipos-y-ejemplos-3273.html>
- Lascano, D. y Narvaez, L. (2010). *Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC*.
- Manual de Carreteras. *suelos geología, geotecnia y pavimentos (sección suelos y pavimentos)*. (2014) (pág. 44).
- Ministerio de Economía y Finanzas (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Pág. 13
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras (2.^a ed.)*. Colombia: Agora.
- Palacios Tovar, C. (2018). *Efecto de la inversión pública en la infraestructura vial sobre el crecimiento de la economía peruana entre los años 2000-2016*.
- Pari Pari, E. (2013). *Influencia de la inclusión de desecho de policloruro de vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo subbase en la ciudad de Juliaca*.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2015). *Norma ce.010 pavimentos urbanos*. Lima: RNE.
- Rodríguez, E., Rondón, H., Vélez, D., y Aguirre, C. (2006). *Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el cbr de un material granular tipo sub-base, 5 (9) pp.22*.
- Sachahuaman, S. (2015). *Reciclaje de los desechos de la construcción residuos áridos pétreos. En revista digital apuntes de arquitectura*.
- Sergio Quispe E. (2020). *Importancia del desempeño de las capas granulares de un pavimento*. [Linkedin.https://es.linkedin.com/pulse/importancia-del-desempe%C3%B1o-de-las-capas-granulares-un-quispe-espinoza](https://es.linkedin.com/pulse/importancia-del-desempe%C3%B1o-de-las-capas-granulares-un-quispe-espinoza).
- Sergio Quispe E. (2020). *¿Qué son los pavimentos y cómo se clasifican?* [Linkedin.https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-los-pavimento-y-c%C3%B3mo-se-clasifican-jhonn-jairo-mocondino-r](https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-los-pavimento-y-c%C3%B3mo-se-clasifican-jhonn-jairo-mocondino-r)
- Sociedad de Comercio Exterior del Perú [COMEXPERU]. *Infraestructura vial: gobiernos subnacionales estancados*. (2020).
- Textos científicos (s.f.). *Policloruro de vinilo – PVC*. [en línea] Recuperado el 15 de mayo de 2016, de <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>.

Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Rosario [UTN]. *Pavimentos.*

Departamento de Ingeniería Civil.

Vivienda Saludable. *Reciclar PVC: el mejor aislamiento con un menor impacto ambiental. [en línea]*, de <https://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente/reciclaje-gestion-residuos/reciclar-pvc#comentarios>

Juan Diego Arízaga M. (2014). *Análisis geotécnico de las causas por las cuales ocurrió el colapso de la losa de piso de la cancha del pabellón de comunidad terapéutica del centro de rehabilitación social (crs) cuenca y solución técnica de la problemática.*

ANEXOS 1: Panel Fotográfico.

Figura 42

Recolección de residuos de PVC (Distrito de Eduardo Villanueva-San Marcos).



Figura 43

Recolección del material de subbase (Cantera Don Lucho).



Figura 44

Peso de la tara más material de cantera-para ensayo de contenido de humedad.



Figura 45

Separación del material fino y grueso para la granulometría, malla N° 4.



Figura 46

Ensayo de peso específico del material de subbase.



Peso específico la piedra, con la ayuda de los encargados del laboratorio.



Figura 48

Preparando el material de subbase para el ensayo limite líquido.



El material no presenta plasticidad (NP).



Figura 50

5% de PVCG para el ensayo de granulometría.



Preparación del material para el ensayo de proctor modificado método "C".



Figura 52

Preparación del material con la adición de RPVC que pasa malla 3/4"-CBR.



Enrasado del molde 1, ensayo CBR con 5% PVCG.



Figura 54

Ensayo de esfuerzo - penetración, prensa CBR.



Preparación de muestra con PVCP triturado, ensayo CBR.



Figura 56

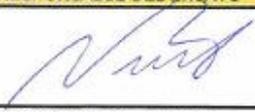
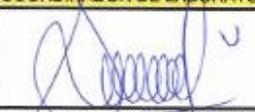
Tamizado del material fino por lavado.



Ensayo de abrasión los ángeles, material de cantera.



ANEXOS 2: Protocolos.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																																																									
PROTOCOLO																																																									
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE																																																								
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127																																																								
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"																																																								
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)																																																						
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS																																																						
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES																																																						
FECHA DE ENSAYO:	24/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO																																																						
<u>Temperatura de Secado</u>		<u>Método</u>																																																							
80 °C / 110 °C / Ambiente		Horno 110 ± 5 °C																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UND</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Identificación del recipiente o Tara</td> <td></td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso del Recipiente</td> <td>gr</td> <td>28.60</td> <td>25.40</td> <td>28.80</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Recipiente + Suelo Húmedo</td> <td>gr</td> <td>177.20</td> <td>210.70</td> <td>184.00</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Recipiente + Suelo Seco</td> <td>gr</td> <td>172.54</td> <td>204.00</td> <td>176.21</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Peso del suelo húmedo (Ww) C - B</td> <td>gr</td> <td>148.60</td> <td>185.30</td> <td>155.20</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>Peso Suelo Seco (Ws) D - B</td> <td>gr</td> <td>143.94</td> <td>178.60</td> <td>149.41</td> </tr> <tr> <td>W%</td> <td>Porcentaje de humedad ((E-F) / F) *100</td> <td>%</td> <td>3.24</td> <td>3.75</td> <td>3.88</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>Promedio Porcentaje Humedad</td> <td>%</td> <td colspan="3">3.62</td> </tr> </tbody> </table>				ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	A	Identificación del recipiente o Tara		A	B	C	B	Peso del Recipiente	gr	28.60	25.40	28.80	C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	177.20	210.70	184.00	D	Recipiente + Suelo Seco	gr	172.54	204.00	176.21	E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	148.60	185.30	155.20	F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	143.94	178.60	149.41	W%	Porcentaje de humedad ((E-F) / F) *100	%	3.24	3.75	3.88	G	Promedio Porcentaje Humedad	%	3.62		
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3																																																				
A	Identificación del recipiente o Tara		A	B	C																																																				
B	Peso del Recipiente	gr	28.60	25.40	28.80																																																				
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	177.20	210.70	184.00																																																				
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	172.54	204.00	176.21																																																				
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	148.60	185.30	155.20																																																				
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	143.94	178.60	149.41																																																				
W%	Porcentaje de humedad ((E-F) / F) *100	%	3.24	3.75	3.88																																																				
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	3.62																																																						
$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} \cdot 100$																																																									
OBSERVACIONES:																																																									
																																																									
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR																																																							
																																																									
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA																																																							
FECHA: 24/01/2023	FECHA: 24/01/2023	FECHA: 24/01/2023																																																							

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (MUESTRA PATRON)		
NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339 131		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	24/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra		A	B
B	peso en el aire	gr	1972.50	1351.70
C	peso sumergido	gr	1216.80	834.40
D	peso específico $\gamma_s = \left(\frac{B}{B - C} \right)$	gr	2.61	2.61
E	Promedio del Peso Especifico "γs"	%	2.61	

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		A	B
B	Peso de la Muestra Seca	gr	100.00	100.04
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3	670.14	670.40
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3	770.14	770.44
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3	731.85	732.06
F	Peso Especifico ($\gamma_s = \left(\frac{B}{(D - E)} \right)$)	gr/cm3	2.61	2.61
G	Promedio del Peso Especifico "γs"	gr/cm3	2.61	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 24/01/2023	FECHA: 24/01/2023	FECHA: 24/01/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339.131		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra		A	B
B	peso en el aire	gr		
C	peso sumergido	gr		
D	peso específico $ys = \left(\frac{B}{B-C}\right)$	gr		
E	Promedio del Peso Especifico "ys"	%		

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		A	B
B	Peso de la Muestra Seca	gr	108.40	93.40
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3	705.40	705.60
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3	813.80	799.00
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3	772.30	763.90
F	Peso Especifico $(Ys = ((B / (D - E)))$	gr/cm3	2.61	2.66
G	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.64	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 17/01/2023	FECHA: 17/01/2023	FECHA: 17/01/2023

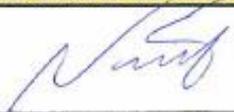
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339 131		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra			
B	peso en el aire	gr		
C	peso sumergido	gr		
D	peso específico $\gamma_s = \left(\frac{B}{B-C} \right)$	gr		
E	Promedio del Peso Especifico "ys"	%		

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		A	B
B	Peso de la Muestra Seca	gr	101.00	92.60
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3	705.30	706.10
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3	806.30	798.70
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3	787.10	762.20
F	Peso Especifico ($\gamma_s = ((B / (D - E)))$)	gr/cm3	2.58	2.54
G	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.56	

OBSERVACIONES.

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 17/01/2023	FECHA: 17/01/2023	FECHA: 17/01/2023

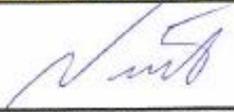
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339 131		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra			
B	peso en el aire	gr		
C	peso sumergido	gr		
D	peso específico $\gamma_s = \left(\frac{B}{B-C}\right)$	gr		
E	Promedio del Peso Especifico " γ_s "	%		

NORMA: MTC E 113 - 1999, ASTM D854, NTP 339 - 131

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		A	B
B	Peso de la Muestra Seca	gr	120.02	100.03
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3	669.54	668.99
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3	789.56	769.02
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3	740.55	728.41
F	Peso Especifico ($\gamma_s = \left(\frac{B}{D-E}\right)$)	gr/cm3	2.45	2.46
G	Promedio del Peso Especifico " γ_s "	gr/cm3	2.46	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023

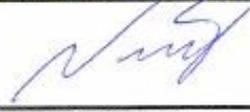
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 113 / ASTM D854 / NTP 339 131		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DÓN LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

PESO ESPECIFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la muestra			
B	peso en el aire	gr		
C	peso sumergido	gr		
D	peso específico $ys = \left(\frac{B}{B-C}\right)$	gr		
E	Promedio del Peso Especifico "ys"	%		

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECIFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		A	B
B	Peso de la Muestra Seca	gr	104.90	90.92
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm3	670.23	669.49
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm3	775.13	760.41
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm3	730.01	721.95
F	Peso Especifico $(Ys = ((B / (D - E)))$	gr/cm3	2.32	2.36
G	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.34	

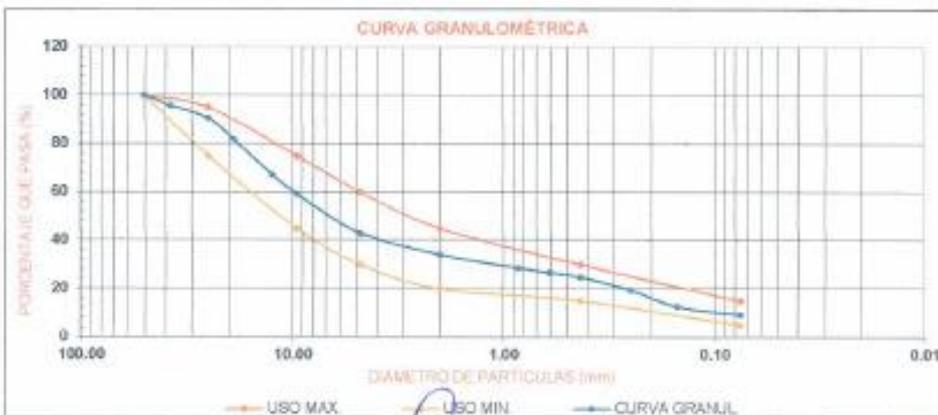
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERÁ CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023

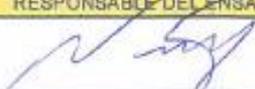
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (MUESTRA PATRON)		
NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012		
TEGÍS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO 1	RETENIDO N° 4(gr):	2588.00
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):	6792.28
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	24/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

Peso de la muestra seca; Ws 15855.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 1/2"	37.50	678.00	4.28	4.28	95.72		
3	1"	25.00	836.00	5.27	9.55	90.45	75	95
4	3/4"	19.00	1396.00	8.80	18.35	81.65		
5	1/2"	12.50	2276.00	14.36	32.71	67.29		
6	3/8"	9.50	1289.00	8.13	40.84	59.16	45	75
7	N° 4	4.75	2588.00	16.32	57.16	42.84	30	60
8	N° 10	2.00	100.87	8.64	65.80	34.20	20	45
9	N° 20	0.85	65.14	5.58	71.38	28.62		
10	N° 30	0.60	22.25	1.91	73.29	26.71		
11	N° 40	0.43	22.27	1.91	75.20	24.80	15	30
12	N° 60	0.25	62.98	5.40	80.60	19.40		
13	N° 100	0.15	78.77	6.75	87.35	12.65		
14	N° 200	0.075	40.07	3.43	90.78	9.22	5	15
15	Fondo	0	5.73	0.49	91.27	8.73		
16	Lavado		101.92	8.73	100.00	0.00		
Total			9562.00					



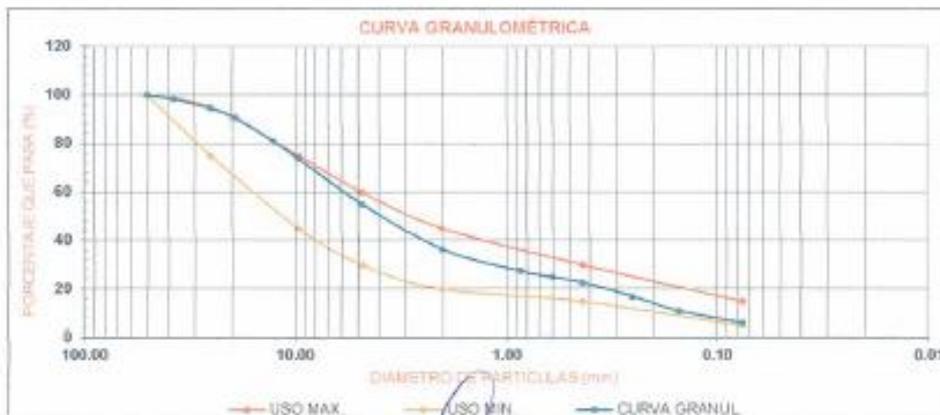
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 24 / 01 / 2023	FECHA: 24 / 01 / 2023	FECHA: 24 / 01 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	RETENIDO N° 4(gr):	984.00
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):	2885.93
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

Peso de la muestra seca; Ws 5250.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 3/4"	37.50	78.10	1.49	1.49	98.51		
3	1"	25.00	214.00	4.06	5.57	94.43	75	95
4	3/4"	19.00	199.30	3.80	9.37	90.63		
5	1/2"	12.50	523.60	9.97	19.34	80.66		
6	3/8"	9.50	365.10	6.95	26.29	73.71	45	75
7	N° 4	4.75	984.00	18.74	45.03	54.97	30	60
8	N° 10	2.00	169.17	18.60	63.63	36.37	20	45
9	N° 20	0.85	81.03	8.91	72.54	27.46		
10	N° 30	0.60	22.83	2.49	75.03	24.97		
11	N° 40	0.43	20.14	2.21	77.24	22.76	15	30
12	N° 60	0.25	52.03	5.72	82.96	17.04		
13	N° 100	0.15	53.77	5.91	88.87	11.13		
14	N° 200	0.075	45.13	4.96	93.83	6.17	5	15
15	Fondo	0	5.43	0.60	94.43	5.57		
16	Lavado		50.67	5.57	100.00	0.00		
Total			2864.10					



OBSERVACIONES:

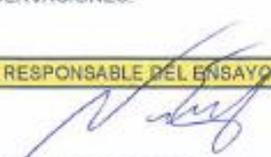
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 06 / 02 / 2023	FECHA: 06 / 02 / 2023	FECHA: 06 / 02 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012		
TEMA:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	RETENIDO N° 4(gr):	1078.99
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):	2751.84
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

Peso de la muestra seca; Ws 5400.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 1/2"	37.50	87.90	1.63	1.63	98.37		
3	1"	25.00	330.84	6.13	7.76	92.24	75	95
4	3/4"	19.00	203.37	3.77	11.53	88.47		
5	1/2"	12.50	519.93	9.63	21.16	78.84		
6	3/8"	9.50	428.60	7.90	29.06	70.94	45	75
7	N° 4	4.75	1078.99	19.98	49.04	50.96	30	60
8	N° 10	2.00	135.76	13.84	62.88	37.12	20	45
9	N° 20	0.85	75.23	7.67	70.55	29.45		
10	N° 30	0.60	24.41	2.49	73.04	26.96		
11	N° 40	0.43	23.74	2.42	75.46	24.54	15	30
12	N° 60	0.25	62.09	6.33	81.79	18.21		
13	N° 100	0.15	67.10	6.84	88.63	11.37		
14	N° 200	0.075	47.50	4.84	93.47	6.53	5	15
15	Fondo	0	3.77	0.38	93.85	6.15		
16	Lavado		60.39	6.15	100.00	0.00		
Total			3147.62					



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ABSOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 06 / 02 / 2023	FECHA: 06 / 02 / 2023	FECHA: 06 / 02 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012		
TEMA:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	RETENIDO N° 4(gr):	883.20
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):	2243.85
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

Peso de la muestra seca; Ws 5250.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 1/2"	37.50	200.70	3.82	3.82	96.18		
3	1"	25.00	356.70	6.83	10.65	89.35	75	96
4	3/4"	19.00	364.60	6.94	17.59	82.41		
5	1/2"	12.50	806.90	15.41	33.00	67.00		
6	3/8"	9.50	390.60	7.44	40.44	59.56	45	75
7	N° 4	4.75	883.20	16.82	57.26	42.74	30	60
8	N° 10	2.00	107.70	9.21	66.47	33.53	20	45
9	N° 20	0.85	64.85	5.54	72.01	27.99		
10	N° 30	0.60	17.49	1.50	73.51	26.49		
11	N° 40	0.43	20.22	1.73	75.24	24.76	15	30
12	N° 60	0.25	62.01	5.30	80.54	19.46		
13	N° 100	0.15	71.81	6.14	86.68	13.32		
14	N° 200	0.075	40.79	3.49	90.17	9.83	5	15
15	Fondo	0	3.72	0.32	90.49	9.51		
16	Lavado		111.31	9.51	100.00	0.00		
Total			3395.29					

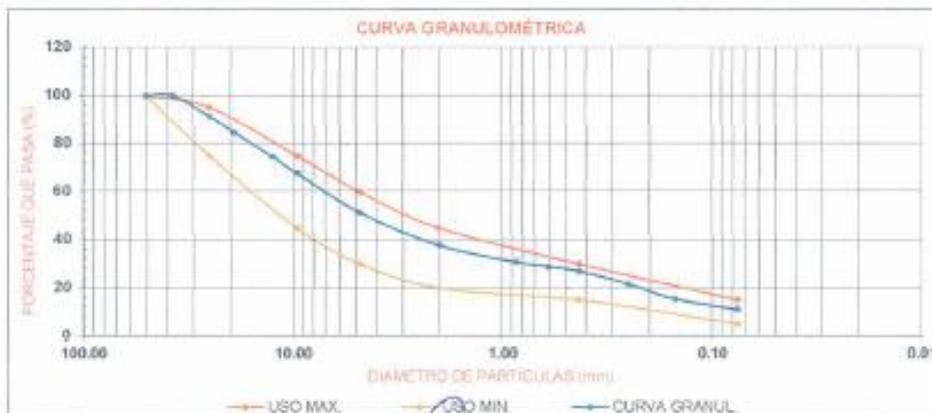


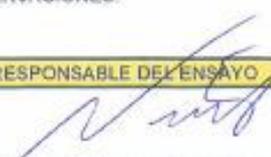
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13 / 02 / 2023	FECHA: 13 / 02 / 2023	FECHA: 13 / 02 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO Y FINO (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 107 / ASTM C136 / NTP 400.012		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	RETENIDO N° 4(gr):	884.90
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	PASA N° 4(gr):	2768.58
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

Peso de la muestra seca; Ws 5400.00 gr

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ESPECIFIC.	
	(pulg)	(mm)						
1	2'	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
3	1"	25.00	485.90	8.63	8.63	91.37	75	96
4	3/4"	19.00	370.90	6.87	15.50	84.50		
5	1/2"	12.50	537.50	9.95	25.45	74.55		
6	3/8"	9.50	372.30	6.89	32.34	67.66	45	75
7	N° 4	4.75	884.90	16.39	48.73	51.27	30	60
8	N° 10	2.00	132.79	13.82	62.35	37.65	20	45
9	N° 20	0.85	68.70	7.04	69.39	30.61		
10	N° 30	0.60	17.60	1.80	71.19	28.81		
11	N° 40	0.43	19.70	2.02	73.21	26.79	15	30
12	N° 60	0.25	50.55	5.18	78.39	21.61		
13	N° 100	0.15	60.98	6.25	84.64	15.36		
14	N° 200	0.075	43.43	4.45	89.09	10.91	5	15
15	Fondo	0	3.53	0.36	89.45	10.55		
16	Lavado		102.92	10.55	100.00	0.00		
Total			3028.78					

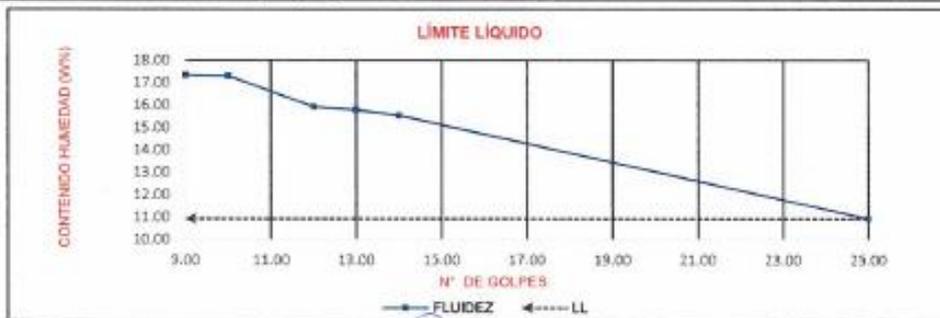


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13 / 02 / 2023	FECHA: 13 / 02 / 2023	FECHA: 13 / 02 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (MUESTRA PATRON)		
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	25/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GA

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	B	A	1	4	5
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	101.80	108.00	51.74	46.79	56.74
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	97.90	103.40	48.60	44.40	53.00
D	Peso de Recipiente	gr	75.40	76.80	28.87	29.26	28.92
E	Peso del Agua	gr	3.90	4.60	3.14	2.39	3.74
F	Peso Suelo Seco	gr	22.50	26.60	19.73	15.14	24.08
G	Número de Golpes	N	9	10	12	13	14
H	Contenido de Humedad	%	17.33	17.29	15.91	15.79	15.53

ID	DESCRIPCIÓN	UND					
A	Identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Límite Plástico	%					



LL = 10.92 LP = 0 IP = NP

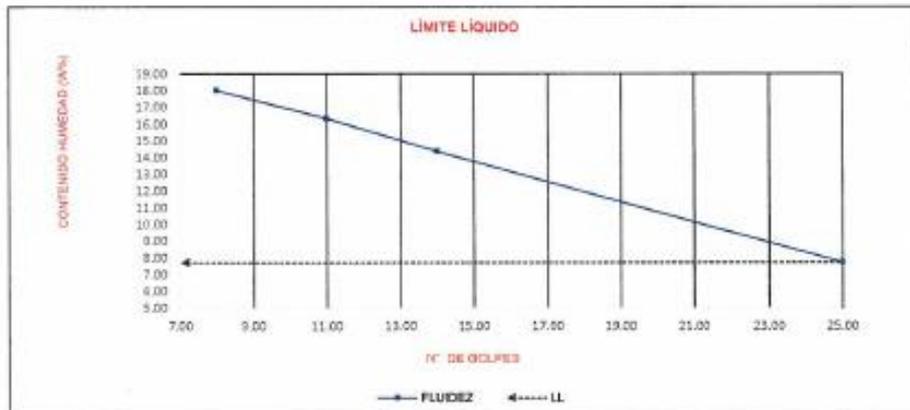
OBSERVACIONES:
El material ensayado no presenta plasticidad (NP)

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CÉSAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 25 / 01 / 2023	FECHA: 25 / 01 / 2023	FECHA: 25 / 01 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2,5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	D	E	C
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	50.50	50.10	51.40
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	46.90	46.90	48.60
D	Peso de Recipiente	gr	26.90	27.30	29.10
E	Peso del Agua	gr	3.60	3.20	2.80
F	Peso Suelo Seco	gr	20.00	19.60	19.50
G	Número de Golpes	N	8	11	14
H	Contenido de Humedad	%	18.00	16.33	14.36

LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND			
A	Identificación de Recipiente	N°			
B	Suelo Húmedo + Tara	gr			
C	Suelo Seco + Tara	gr			
D	Peso de Tara	gr			
E	Peso del Agua	gr			
F	Peso Suelo Seco	gr			
G	Contenido de Humedad	%			
H	Promedio Límite Plástico	%			



LL = 7.73 LP = 0 IP = NP

OBSERVACIONES:
El material ensayado no presenta plasticidad (NP)

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERÁ CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 17 / 02 / 23	FECHA: 17 / 02 / 23	FECHA: 17 / 02 / 23

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA 34")		
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	21/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

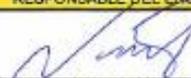
LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	E	D	C
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	58.00	48.40	51.60
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	53.40	45.50	48.50
D	Peso de Recipiente	gr	28.20	29.00	29.00
E	Peso del Agua	gr	4.60	2.90	3.10
F	Peso Suelo Seco	gr	25.20	16.50	19.50
G	Número de Golpes	N	9	11	14
H	Contenido de Humedad	%	18.25	17.58	15.90

LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND			
A	Identificación de Recipiente	N°			
B	Suelo Húmedo + Tara	gr			
C	Suelo Seco + Tara	gr			
D	Peso de Tara	gr			
E	Peso del Agua	gr			
F	Peso Suelo Seco	gr			
G	Contenido de Humedad	%			
H	Promedio Límite Plástico	%			

LÍMITE LÍQUIDO



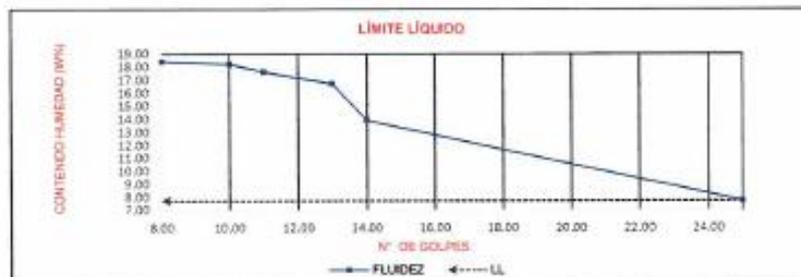
LL =	10.71	LP =	0	IP =	NP
------	-------	------	---	------	----

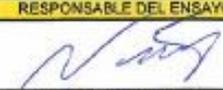
OBSERVACIONES: El material ensayado no presenta plasticidad (NP)		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHÁVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 21 / 02 / 2023	FECHA: 21 / 02 / 2023	FECHA: 21 / 02 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ADICIÓN 5% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 339.130 - NTP E111		
TECIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	11/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	A	B	D	C	E
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	46.10	41.30	40.96	43.80	47.38
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	43.60	36.90	38.84	41.70	44.90
D	Peso de Recipiente	gr	30.00	25.70	26.80	29.10	27.20
E	Peso del Agua	gr	2.50	2.40	2.12	2.10	2.46
F	Peso Suelo Seco	gr	13.60	13.20	12.04	12.60	17.70
G	Número de Golpes	N	8	10	11	13	14
H	Contenido de Humedad	%	18.38	18.18	17.61	16.67	13.90

LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND					
A	Identificación de Recipientes	N°					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Límite Plástico	%					

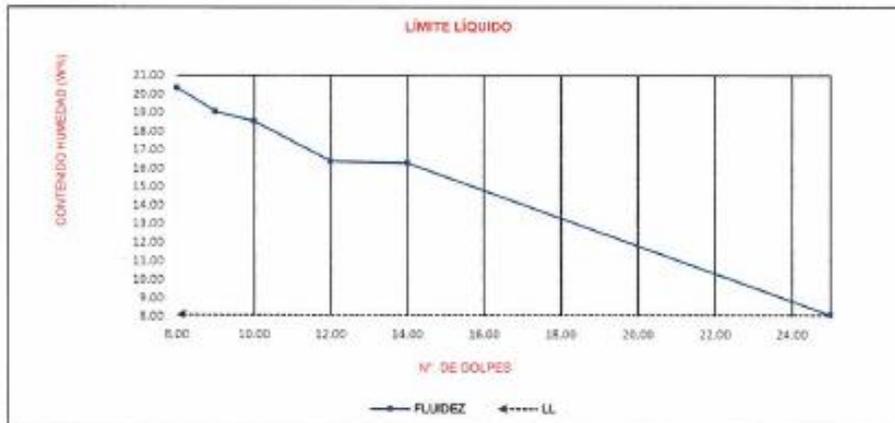


LL =	7.72	LP =	0	IP =	NP
OBSERVACIONES: El material ensayado no presenta plasticidad (NP)					
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
					
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERÁ CHAVEZ		NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA		
FECHA: 11 / 02 / 2023	FECHA: 11 / 02 / 2023		FECHA: 11 / 02 / 2023		

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ADICIÓN 8% PVC QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E 110 / ASTM D4318 / NTP 338.130 - NTP E111		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	25/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	C	E	D	A	B
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	43.48	48.89	39.89	46.72	45.90
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	41.05	45.54	38.18	44.24	43.51
D	Peso de Recipiente	gr	29.10	27.95	28.95	29.10	28.84
E	Peso del Agua	gr	2.43	3.35	1.71	2.48	2.39
F	Peso Suelo Seco	gr	11.95	17.59	9.23	15.14	14.67
G	Número de Golpes	N	8	9	10	12	14
H	Contenido de Humedad	%	20.33	19.04	18.53	16.38	15.29

LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND					
A	Identificación de Recipiente	N°					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Límite Plástico	%					



LL =	8.10	LP =	0	IP =	NP
OBSERVACIONES: El material ensayado no presenta plasticidad (NP)					
RESPONSABLE DEL ENSAYO:		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
					
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS		NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ		NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA	
FECHA: 11 / 02 / 2023		FECHA: 11 / 02 / 2023		FECHA: 11 / 02 / 2023	

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS TAMAÑOS MENORES DE (1 1/2")	
	NORMA:	MTC E 207 / ASTM C 131 / NTP 400.019	
	TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"	
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE CANTERA:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	TIPO DE MATERIAL:	AFIRMADO
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

GRANULOMETRÍA DE ENSAYO				
GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	12	11	8	6

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE AGREGADO PARA ENSAYO					
Tamiz (pasa)	Tamiz (retiene)	"A" (gr)	"B" (gr)	"C" (gr)	"D" (gr)
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N° 4			2500 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

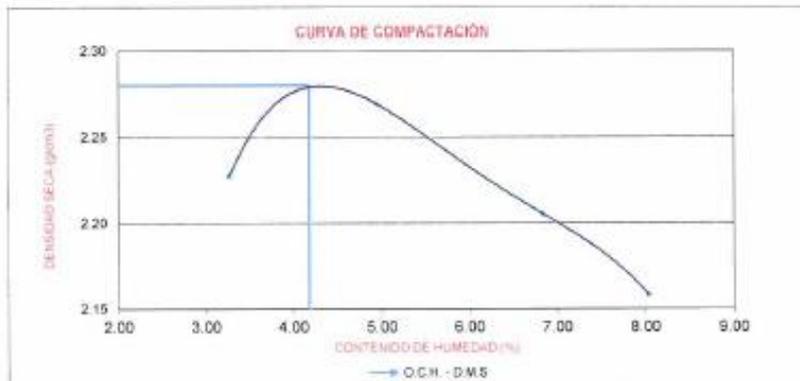
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1
A	Peso muestra total	gr	5005
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	2640.1
D	Desgaste a la abrasión Los Angeles $D = (A - B) * 100 / A$	%	47.25
	Abrasión	%	47.25

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS FECHA: 17 / 02 / 2023	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ FECHA: 17 / 02 / 2023	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA FECHA: 17 / 02 / 2023

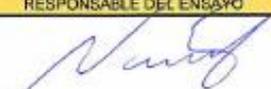
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CANTERA:	DON LUCHO I	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTRA:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	28/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		5		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6574.00		6574.00		6574.00		6574.00		6574.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11404.00		11561.00		11576.00		11579.00		11471.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4830.00		4987.00		5002.00		5005.00		4897.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	2100.04		2100.04		2100.04		2124.00		2100.04	
F	Densidad húmeda, Dh	gr/cm ³	2.30		2.37		2.36		2.36		2.33	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.92	28.98	28.7	29.3	27.2	28.6	29.7	28.7	28.3	25.6
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	210.37	218.51	282.1	280.4	222.2	213.1	234.5	239.1	237.9	211.9
K	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	204.7	212.4	272.4	269.8	213	204.4	221.3	225.7	222.4	198
L	Peso Muestra Seca	gr	175.78	183.42	243.70	240.50	185.80	175.60	191.80	197.00	193.10	172.40
M	Contenido de Humedad W%	%	3.23	3.33	3.98	4.41	4.95	4.85	5.89	6.00	6.03	8.06
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.28		4.19		4.95		6.85		8.06	
O	Densidad Máxima Seca, Ds	gr/cm ³	2.23		2.28		2.27		2.21		2.16	



Dens. Max. = 2.280 Opt. Cont. Humedad = 4.19

OBSERVACIONES:

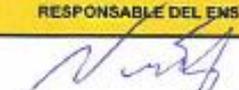
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 28 / 01 / 2023	FECHA: 28 / 01 / 2023	FECHA: 28 / 01 / 2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	30/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL DE CANTERA)							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8024	8024	7219	7219	7976	7976
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13109	13271	12451	12564	13055	13430
Peso Muestra húmeda	gr	5085.00	5247.00	5232.00	5345.00	5377.00	5452.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.18	2.25	2.24	2.29	2.30	2.33

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	28.82	28.95	28.91	28.78	27.17	28.62	29.74	25.56	28.80
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	187.37	193.21	208.70	173.18	159.22	185.52	175.32	156.90	156.50
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	181.47	187.34	197.23	168.93	155.29	176.48	170.11	153.13	150.80
Peso del Agua	gr	5.90	5.87	12.47	4.25	3.93	9.04	5.21	3.77	5.70
Peso Muestra Seca	gr	152.55	188.39	188.32	140.15	128.12	147.86	140.37	127.57	121.00
Contenido de humedad ; W%	%	3.87	3.71	7.41	3.03	3.07	6.11	3.71	2.98	4.71
Promedio Contenido de Humedad	%	3.79		7.41	3.05		6.11	3.33		4.71
Densidad Máxima seca; Ds	gr/cm3	2.10		2.09	2.17		2.18	2.23		2.23

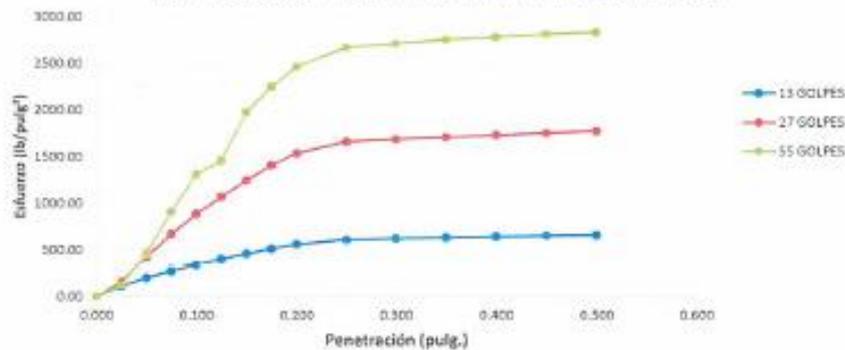
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

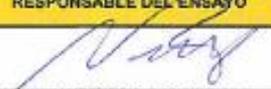
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS			NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ				NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA			
FECHA: 30/01/2023			FECHA: 30/01/2023				FECHA: 30/01/2023			

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	03/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (MATERIAL DE CANTERA)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	157.81	7.78	110.58	221.99	10.85	155.75	179.07	8.84	125.64
1.270	0.050	280.21	13.83	196.59	610.72	30.13	428.48	656.57	32.39	460.64
1.905	0.075	384.34	18.98	269.65	958.78	47.30	672.67	1290.78	63.69	905.60
2.540	0.100	479.22	23.64	335.22	1263.40	62.33	886.38	1858.60	91.70	1303.97
3.175	0.125	567.92	28.02	398.45	1527.90	75.38	1071.96	2070.57	102.16	1452.89
3.810	0.150	650.46	32.09	456.35	1779.79	87.81	1248.68	2812.98	138.79	1973.56
4.445	0.175	729.89	36.01	512.08	2013.06	99.32	1412.34	3203.74	158.07	2247.71
5.080	0.200	794.01	39.18	567.07	2194.57	108.28	1539.69	3503.59	172.86	2458.08
5.715	0.225	867.27	42.79	608.46	2372.83	117.07	1664.75	3802.78	187.62	2667.99
6.350	0.250	882.52	43.54	619.17	2499.06	118.86	1690.17	3859.56	190.42	2707.83
6.985	0.275	897.78	44.29	629.87	2439.24	120.35	1711.35	3822.28	193.52	2751.83
7.620	0.300	909.98	44.90	638.43	2472.44	121.99	1734.64	3961.10	195.43	2779.06
8.255	0.325	925.23	45.65	649.13	2502.61	123.47	1755.80	4006.88	197.84	2810.48
8.890	0.350	934.38	46.10	655.55	2532.77	124.96	1776.96	4035.72	199.11	2831.41

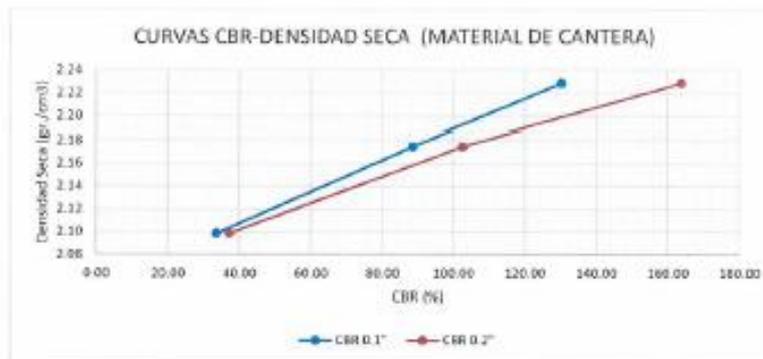
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (MATERIAL DE CANTERA)



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEZA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D168		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	03/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (MATERIAL DE CANTERA)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	336.22	557.07	886.39	1539.69	1303.97	2458.08
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	33.62	37.14	88.64	102.65	130.40	163.87
Ds (gr/cm ³)	2.10		2.17		2.23	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.23					



RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.23
CBR 0.1" (%) 100%	130.40
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.12
CBR 0.1" (%) 95%	47.15
RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.23
CBR 0.2" (%) 100%	163.87
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.12
CBR 0.2" (%) 95%	52.95

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS FECHA: 03/02/2023	NOMBRE: CESAR VALERA CHAVEZ FECHA: 03/02/2023	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	31/01/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE 5% DE PVC QUE PASA 3/4")							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8299	8299	8027	8027	8241	8241
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13086	13309	12937	13115	13284	13414
Peso Muestra húmeda	gr	4787.00	5010.00	4910.00	5088.00	5043.00	5173.00
Volumen muestra húmeda	cm ³	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.05	2.15	2.10	2.18	2.16	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	28.89	28.93	29.29	28.68	27.15	25.55	29.70	25.56	28.98
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	166.43	141.17	162.22	177.95	146.67	183.47	191.31	167.05	193.81
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	162.00	137.76	152.41	173.10	142.50	173.47	186.80	162.50	184.75
Peso del Agua	gr	4.43	3.47	9.81	4.85	4.17	10.00	4.41	4.55	9.06
Peso Muestra Seca	gr	133.11	108.77	123.12	144.42	115.35	147.92	157.20	136.94	155.79
Contenido de humedad ; W%	%	3.33	3.19	7.97	3.38	3.62	6.76	2.81	3.32	5.82
Promedio Contenido de Humedad	%	3.26		7.97	3.49		6.76	3.08		5.82
Densidad Máxima seca; Ds	gr/cm ³	1.99		1.99	2.03		2.04	2.10		2.09

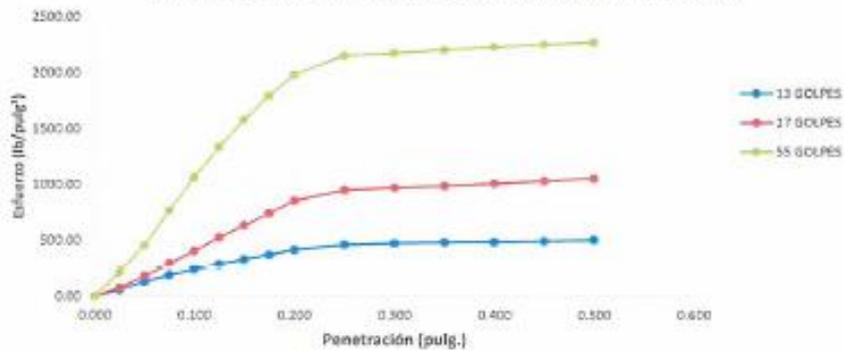
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERRAMA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 31/01/2023	FECHA: 31/01/2023	FECHA: 31/01/2023

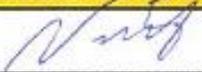
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA 3/4")	
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D198	
	PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"	
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	03/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (ADICIÓN DE 5% DE PVC)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	77.95	3.84	54.53	111.61	5.51	78.30	301.66	14.88	211.64
1.270	0.050	185.20	9.14	129.94	261.83	12.82	183.70	647.40	31.94	454.21
1.905	0.075	267.96	13.22	188.00	421.08	20.78	295.42	1092.89	53.92	756.75
2.540	0.100	341.47	16.85	239.57	580.15	28.62	407.03	1512.71	74.83	1061.30
3.175	0.125	408.83	20.17	286.83	754.32	37.22	529.22	1801.02	93.79	1333.73
3.810	0.150	470.04	23.19	329.78	906.93	44.75	636.29	2248.98	110.96	1577.86
4.445	0.175	528.17	26.06	370.56	1065.47	52.57	747.52	2556.90	126.15	1793.89
5.080	0.200	592.38	29.23	415.61	1220.79	60.23	856.50	2822.01	139.23	1979.89
5.715	0.225	650.52	32.54	462.78	1360.75	67.14	954.68	3065.60	151.25	2150.79
6.350	0.250	677.96	33.45	475.65	1388.11	68.49	973.88	3098.65	152.88	2173.88
6.985	0.275	690.18	34.05	484.22	1412.43	69.69	990.95	3140.70	154.96	2203.48
7.620	0.300	693.23	34.20	486.36	1442.83	71.19	1012.27	3178.73	156.73	2228.76
8.255	0.325	705.45	34.81	494.94	1476.28	72.84	1035.73	3209.75	158.36	2251.92
8.890	0.350	720.73	35.36	505.65	1506.64	74.33	1067.04	3238.76	159.70	2270.87

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (PVC 5%, PASA MALLA 3/4")



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS FECHA: 03/02/2023	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ FECHA: 03/02/2023	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA FECHA: 03/02/2023

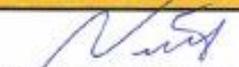
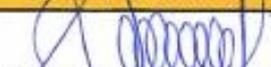
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	03/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 5% DE PVC0)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
	01"	02"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	239.57	415.61	407.03	856.50	1061.30	1979.89
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	23.96	27.71	40.70	57.10	106.13	131.99
Ds (gr/cm ³)	1.99		2.04		2.10	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.10					



RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.096
CBR 0.1" (%) 100%	106.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	1.991
CBR 0.1" (%) 95%	26.00

RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.096
CBR 0.2" (%) 100%	132.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	1.991
CBR 0.2" (%) 95%	29.00

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEZA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 6% QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	04/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE 5% DE PVC)							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8025	8025	7220	7220	7978	7978
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12569	12777	11906	12092	12985	13109
Peso Muestra húmeda	gr	4544.00	4752.00	4685.00	4872.00	5007.00	5131.00
Volumen muestra húmeda	cm ³	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.95	2.04	2.01	2.09	2.14	2.20

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	29.30	28.70	29.28	28.60	29.00	28.69	29.30	29.70	25.51
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	155.30	150.20	175.41	173.70	128.00	189.58	168.10	194.20	150.50
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	150.80	145.80	167.30	168.70	124.20	160.00	163.30	188.50	143.60
Peso del Agua	gr	4.40	4.40	8.11	5.00	3.80	9.58	4.80	5.70	6.90
Peso Muestra Seca	gr	121.60	117.10	138.02	140.10	95.20	130.31	134.00	158.80	118.09
Contenido de humedad ; W%	%	3.62	3.76	5.88	3.57	3.09	7.35	3.58	3.59	5.84
Promedio Contenido de Humedad	%	3.69		5.88	3.78		7.35	3.59		5.84
Densidad Máxima seca; Ds	gr/cm ³	1.88	1.92		1.93		1.94	2.07		2.03

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

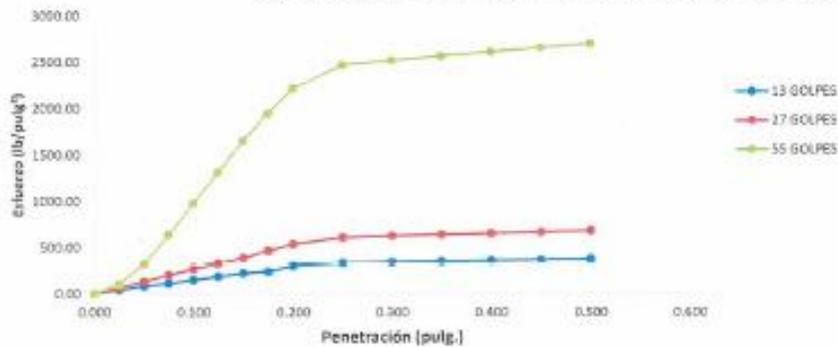
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 04/02/2023	FECHA: 04/02/2023	FECHA: 04/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 8% QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	07/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (ADICIÓN DE 5% DE PVC)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	56.39	2.78	39.58	90.14	4.45	63.24	151.48	7.47	106.28
1.270	0.050	111.51	5.51	78.30	188.27	9.29	132.09	454.74	22.44	319.04
1.905	0.075	157.51	7.78	116.58	289.40	14.28	203.04	903.88	44.80	634.15
2.540	0.100	209.73	10.35	147.14	378.22	18.85	265.35	1385.07	68.34	971.75
3.175	0.125	264.89	13.07	185.85	466.98	23.04	327.63	1864.86	92.00	1308.22
3.810	0.150	313.91	15.49	220.24	555.89	27.42	389.87	2351.69	116.03	1640.92
4.445	0.175	338.41	16.70	237.43	662.88	32.70	464.93	2787.83	136.56	1941.88
5.080	0.200	424.14	20.93	297.57	766.54	37.82	537.79	3152.71	155.55	2211.90
6.350	0.250	473.10	23.34	331.92	870.32	42.94	610.61	3612.87	173.30	2464.38
7.620	0.300	485.34	23.95	340.51	894.73	44.14	627.73	3584.44	176.85	2514.80
8.890	0.350	484.52	24.40	346.95	913.03	45.05	640.57	3653.27	180.25	2563.09
10.160	0.400	506.75	25.00	355.53	928.26	46.80	651.27	3713.10	183.20	2605.07
11.430	0.450	518.99	25.61	364.12	949.53	46.85	666.25	3778.88	186.44	2651.22
12.700	0.500	531.22	26.21	372.70	970.98	47.91	681.23	3841.64	189.54	2695.25

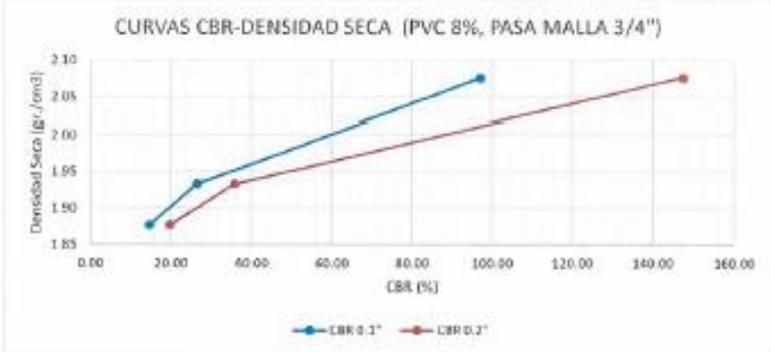
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (PVC 8%, PASA MALLA 3/4")



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 07/02/2023	FECHA: 07/02/2023	FECHA: 07/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 8% QUE PASA MALLA 3/4")		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	20/01/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	07/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 8% DE PVCG)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Penetración (Pulg.)						
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	147.14	297.57	265.35	537.79	971.75	2211.90
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	14.71	19.84	26.54	36.85	97.18	147.46
Ds (gr/cm ³)	1.88		1.93		2.08	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)				2.08		



CURVAS CBR-DENSIDAD SECA (PVC 8%, PASA MALLA 3/4")

RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.08
CBR 0.1" (%) 100%	97.18
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	1.97
CBR 0.1" (%) 95%	44.50

RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.08
CBR 0.2" (%) 100%	147.46
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	1.97
CBR 0.2" (%) 95%	64.00

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALBERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 07/02/2023	FECHA: 07/02/2023	FECHA: 07/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA 2)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1553		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DÓN LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	21/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL DE CANTERA 2)							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8300	8300	8028	8028	8242	8242
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13340	13538	13223	13364	13616	13711
Peso Muestra húmeda	gr	5040.00	5238.00	5195.00	5336.00	5374.00	5469.00
Volumen muestra húmeda	cm ³	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.16	2.24	2.22	2.29	2.30	2.34

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	29.10	29.00	27.86	28.00	29.00	27.60	27.30	28.90	28.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	142.40	151.10	187.49	175.90	191.30	185.79	171.70	171.50	189.13
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	137.90	147.30	174.66	171.20	185.60	175.43	166.10	166.00	179.83
Peso del Agua	gr	4.50	3.80	12.63	4.70	5.70	10.36	5.60	5.50	9.20
Peso Muestra Seca	gr	108.80	120.50	147.00	143.20	158.80	147.80	138.80	137.10	151.73
Contenido de humedad ; W%	%	4.14	3.15	8.59	3.28	3.64	7.01	4.03	4.01	6.06
Promedio Contenido de Humedad	%	3.64		8.59	3.46		7.01	4.02		6.06
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm ³	2.08		2.07	2.15		2.14	2.21		2.21

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

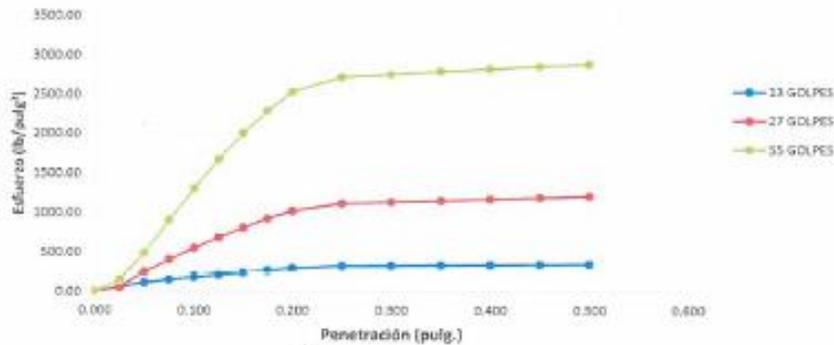
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA 2)		
NORMA:	MTC É132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUB-BASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DÓN LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	09/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	23/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (MATERIAL DE CANTERA 2)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	80.72	3.98	56.64	85.39	4.21	59.91	201.99	9.97	141.72
1.270	0.050	155.37	7.67	109.01	360.34	17.78	252.81	690.15	34.05	484.20
1.905	0.075	211.31	10.43	148.26	583.43	28.79	409.33	1291.02	63.70	905.77
2.540	0.100	253.25	12.49	177.68	782.11	39.08	555.73	1855.98	91.57	1302.13
3.175	0.125	295.17	14.56	207.09	977.20	48.21	685.59	2381.05	117.48	1670.52
3.810	0.150	337.07	16.63	236.48	1157.32	57.10	811.96	2853.28	140.78	2001.83
4.445	0.175	383.60	18.93	269.13	1323.27	65.29	928.39	3259.94	160.84	2287.14
5.080	0.200	420.81	20.76	295.24	1481.33	72.10	1025.26	3606.39	177.93	2530.20
5.650	0.250	458.01	22.60	321.33	1599.19	78.90	1121.98	3870.92	190.98	2715.80
7.620	0.300	467.30	23.06	327.86	1629.74	80.26	1141.30	3920.15	193.41	2750.34
8.890	0.350	471.95	23.29	331.12	1649.89	81.39	1157.40	3976.30	196.28	2791.13
10.160	0.400	481.25	23.74	337.64	1677.22	82.75	1176.72	4023.01	198.49	2822.50
11.430	0.450	490.54	24.20	344.16	1704.75	84.11	1196.03	4072.15	200.91	2856.98
12.700	0.500	495.19	24.43	347.42	1732.26	85.47	1215.34	4112.34	202.90	2885.17

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 23/02/2023	FECHA: 23/02/2023	FECHA: 23/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (MATERIAL CANTERA 2)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D168		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	23/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

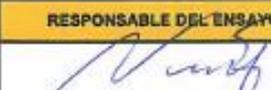
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (MATERIAL DE CANTERA 2)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
	01"	02"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetración (Pulg.)						
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	177.68	295.24	555.73	1025.26	1302.13	2530.20
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	17.77	19.68	55.57	68.35	130.21	168.68
D _s (gr/cm ³)	2.08		2.15		2.21	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.21					



RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.21
CBR 0.1" (%) 100%	130.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.10
CBR 0.1" (%) 95%	27.73

RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.21
CBR 0.2" (%) 100%	168.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.10
CBR 0.2" (%) 95%	32.42

OBSERVACIONES:

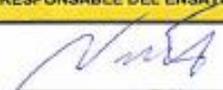
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS FECHA: 23/02/2023	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ FECHA: 23/02/2023	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA FECHA: 23/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	08/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE 5% DE PVC, PASA MALLA N°4)							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8025	8025	7219	7219	7978	7978
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12871	13065	12205	12345	13115	13222
Peso Muestra húmeda	gr	4846.00	5041.00	4987.00	5127.00	5137.00	5244.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	2.08	2.18	2.14	2.20	2.20	2.25

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	28.90	28.60	29.95	29.30	28.90	29.09	28.70	29.40	25.69
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	185.80	190.80	145.34	214.60	199.60	114.35	202.80	215.00	182.81
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	181.10	184.60	135.99	208.80	194.00	108.33	196.60	209.40	152.35
Peso del Agua	gr	5.80	6.20	9.35	5.80	5.60	6.02	6.20	6.50	10.28
Peso Muestra Seca	gr	152.20	156.00	106.04	179.50	185.10	79.24	167.90	180.00	126.66
Contenido de humedad ; W%	%	3.81	3.97	8.82	3.23	3.30	7.60	3.69	3.61	8.10
Promedio Contenido de Humedad	%	3.89		8.82	3.31		7.60	3.65		8.10
Densidad Máxima seca;Ds	gr/cm3	2.00	1.98		2.07	2.04		2.12	2.08	

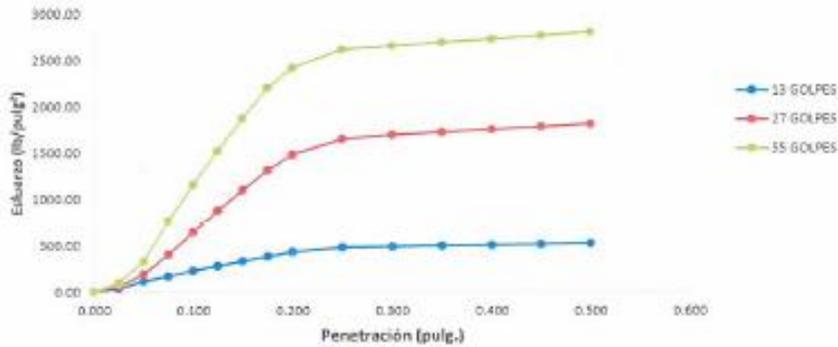
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

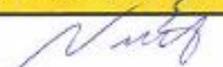
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 09/02/2023	FECHA: 08/02/2023	FECHA: 09/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (ADICIÓN DE 5% DE PVC, PASA MALLA N°4)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/pl ²
0.600	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	43.38	2.14	30.44	85.39	4.21	59.91	141.38	6.98	99.19
1.270	0.050	164.70	8.13	115.55	281.20	13.87	197.29	476.60	23.51	334.38
1.905	0.075	239.27	11.81	167.87	583.43	28.79	409.33	1088.08	53.68	763.39
2.540	0.100	327.76	16.17	229.85	930.96	45.93	653.15	1648.89	81.38	1157.40
3.175	0.125	402.21	19.84	282.19	1254.16	61.88	879.90	2171.38	107.13	1523.42
3.810	0.150	476.60	23.51	334.38	1576.23	77.77	1105.87	2671.95	131.83	1874.61
4.445	0.175	550.93	27.18	386.53	1893.45	92.93	1321.41	3142.85	155.06	2204.86
5.080	0.200	620.57	30.62	435.38	2121.17	104.65	1488.19	3449.08	170.17	2419.84
5.635	0.250	690.15	34.05	484.20	2362.84	116.58	1657.74	3732.03	184.13	2618.35
7.620	0.300	699.42	34.51	490.71	2422.01	119.50	1699.26	3790.30	187.01	2659.23
8.890	0.350	713.33	35.19	500.46	2482.96	121.52	1727.98	3844.06	189.68	2696.95
10.160	0.400	727.24	35.88	510.22	2508.43	123.76	1759.89	3893.31	192.09	2731.50
11.430	0.450	736.51	36.34	516.72	2548.34	125.78	1788.59	3947.00	194.74	2769.17
12.700	0.500	750.41	37.02	526.48	2590.23	127.80	1817.27	4000.66	197.39	2806.82

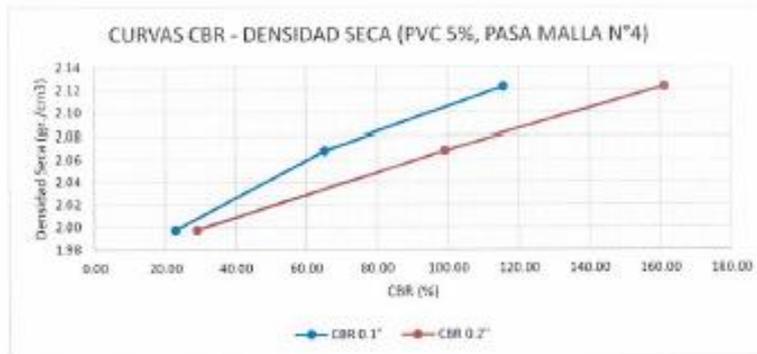
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (PVC 5%, PASA MALLA N°4)



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERRAMA CHAVEL	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 5% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALIGATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

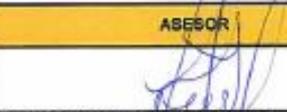
ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 5% DE PVC, PASA MALLA N°4)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Penetración (Pulg.)						
Esfuerzo del suelo (lb/pulg ²)	229.95	435.38	653.15	1488.19	1157.40	2419.84
Esfuerzo patrón (lb/pulg ²)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	23.00	29.03	65.32	99.21	115.74	161.32
Ds (gr/cm ³)	2.00		2.07		2.12	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm ³)					2.12	



RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.12
CBR 0.1" (%) 100%	115.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.02
CBR 0.1" (%) 95%	34.04

RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 100%	2.12
CBR 0.2" (%) 100%	161.00
Máxima densidad seca (gr/cm ³) 95%	2.02
CBR 0.2" (%) 95%	47.78

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDEIRA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 8% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1553		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	09/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	09/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE 8% DE PVC, PASA MALLA N°4)							
DESCRIPCIÓN	UND	1		3		3	
N° de Capas		5		5		5	
N° de Golpes por capa		13		27		55	
Condición de muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde	gr	8309	8300	8242	8242	8028	8028
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12945	13182	13049	13255	12945	13102
Peso Muestra húmeda	gr	4645.00	4882.00	4807.00	5013.00	4917.00	5074.00
Volumen muestra húmeda	cm3	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91	2334.91
Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	1.98	2.09	2.06	2.15	2.11	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	28.90	27.80	29.12	26.90	27.10	28.85	75.60	77.10	28.80
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	186.50	178.70	149.05	213.20	193.50	167.70	280.10	329.30	162.96
Peso Muestra seca + Recipiente	gr	181.80	172.10	139.48	206.60	187.50	158.19	273.70	320.00	154.41
Peso del Agua	gr	4.70	4.60	9.57	6.60	6.00	9.51	6.40	6.30	8.55
Peso Muestra Seca	gr	152.90	144.30	110.36	179.70	180.40	129.34	198.10	245.90	125.61
Contenido de humedad ; W%	%	3.07	3.19	8.67	3.67	3.74	7.35	3.23	2.58	6.81
Promedio Contenido de Humedad	%	3.13		8.67	3.71		7.35	2.90		6.81
Densidad Máxima seca; D _s	gr/cm3	1.93	1.92	1.99	2.00	2.05	2.03			

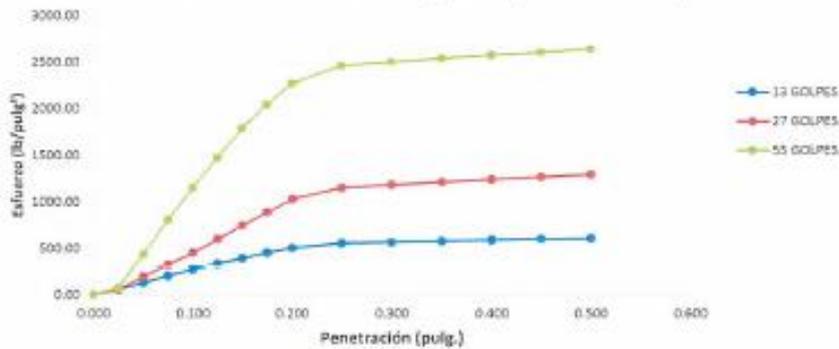
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
24	1	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	2	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	3	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	4	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERRAMA CHAYEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 8% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM. 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

CARGA - PENETRACIÓN (ADICIÓN DE 8% DE PVC, PASA MALLA N°4)										
PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2	Kg	Kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	71.39	3.52	50.09	85.39	4.21	59.91	104.05	5.13	73.01
1.270	0.050	178.68	8.82	125.36	281.20	13.87	197.29	615.82	30.39	432.13
1.905	0.075	285.86	14.10	200.55	467.30	23.06	327.86	1148.09	56.84	805.49
2.540	0.100	383.60	18.93	269.13	648.40	31.99	454.91	1640.51	80.94	1150.95
3.175	0.125	476.60	23.51	334.38	856.93	42.28	601.21	2088.34	103.53	1472.17
3.810	0.150	560.22	27.64	393.04	1069.61	52.77	750.43	2549.34	125.78	1788.59
4.445	0.175	643.76	31.76	451.66	1272.59	62.79	892.84	2916.66	143.90	2048.30
5.080	0.200	717.96	35.42	503.72	1470.63	72.55	1031.71	3237.40	159.73	2271.32
6.350	0.250	792.11	39.08	555.73	1649.69	81.39	1157.40	3507.54	173.06	2460.85
7.620	0.300	801.37	39.54	562.23	1690.99	83.43	1186.38	3565.96	175.94	2501.84
8.890	0.350	819.89	40.45	575.23	1732.26	85.47	1215.34	3619.86	178.60	2539.85
10.160	0.400	838.41	41.37	588.22	1768.94	87.28	1241.07	3669.23	181.03	2574.29
11.430	0.450	852.30	42.05	597.97	1810.18	88.31	1270.00	3714.09	183.25	2605.76
12.700	0.500	861.56	42.51	604.46	1846.82	91.12	1295.71	3763.41	185.68	2640.37

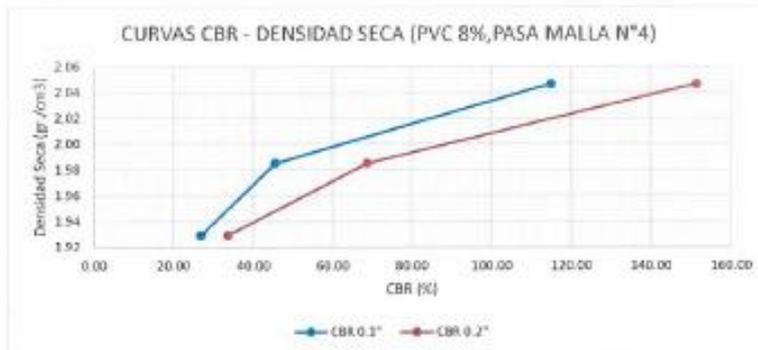
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (PVC 8%, PASA MALLA N°4)



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ADICIÓN DE PVC 8% QUE PASA MALLA N°4)		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188		
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE DESECHOS DE PVC AL 5% Y 8% EN EL MATERIAL GRANULAR DE SUBBASE EN PAVIMENTOS, CAJAMARCA, 2023"		
CALICATA:	DON LUCHO	TIPO DE MATERIAL:	SUBBASE (AFIRMADO)
UBICACIÓN:	KM 2.5 CARRETERA A LA COSTA	COLOR DE MATERIAL:	VARIOS
FECHA DE MUESTREO:	08/02/2023	RESPONSABLE:	NOLBERTO A. OBLITAS TERRONES
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023	REVISADO POR:	ING. LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO

ESFUERZOS PARA 0.1" DE PENETRACIÓN, CBR Y DENSIDAD SECA (ADICIÓN DE 8% DE PVC, PASA MALLA N°4)						
Molde N°	Molde N°1		Molde N°2		Molde N°3	
Penetración (Pulg.)	01"	02"	0.1"	02"	0.1"	02"
Esfuerzo del suelo (lb/pulg2)	269.13	503.72	454.91	1031.71	1150.96	2271.32
Esfuerzo patrón (lb/pulg2)	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00	1000.00	1500.00
CBR (%)	26.91	33.58	45.49	68.78	115.10	151.42
Ds (gr/cm3)	1.93		1.99		2.05	
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (gr/cm3)	2.05					



RESULTADOS CBR 0.1"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.05
CBR 0.1" (%) 100%	115.00
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	1.944
CBR 0.1" (%) 95%	32.00

RESULTADOS CBR 0.2"	
Máxima densidad seca (gr/cm3) 100%	2.05
CBR 0.2" (%) 100%	144.70
Máxima densidad seca (gr/cm3) 95%	1.94
CBR 0.2" (%) 95%	41.63

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: NOLBERTO A. OBLITAS	NOMBRE: CESAR VALDERA CHAVEZ	NOMBRE: ING. MILAGROS MERMA
FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023	FECHA: 13/02/2023