

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande -
Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro – 2022”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Vilchez Bachiao, Miguel Antonio
Código ORCID: 0009-0005-1993-4422

Sanchez Carrasco, Kenny William
Código ORCID: 0009-0004-8055-4704

ASESORA:

Ms. ALVAREZ ASTO, Luz Esther.
DNI N°32968961
Código ORCID: 0000-0001-9050-7611

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande -
Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro – 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. ALVAREZ ASTO, Luz Esther.

DNI N°32968961

Código ORCID: 0000-0001-9050-7611

Asesora

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande -
Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro – 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César.

Presidente

DNI N°32770844

Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

Secretario

DNI N°32942184

Código ORCID: 0000-0003-2948-6591

Ms. Alvarez Asto, Luz Esther

Integrante

DNI N°32968961

Código ORCID: 0000-0001-9050-7611

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 09 días del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, siendo las 10: 00 horas, en el CECOMP 07, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 436-2024-UNS-CFI, con fecha 18.07.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Secretario), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 486-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO FÍSICO – MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022", presentado por los Bachilleres: VILCHEZ BACHIAO MIGUEL ANTONIO con cód. N° 0201613032 y SÁNCHEZ CARRASCO KENNY WILLIAM con cód. 0201613020, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Luz Esther Álvarez Asto según lo establece la T. Resolución Decanal N° 580 -2022-UNS-FI, de fecha 21.09.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:


BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VILCHEZ BACHIAO MIGUEL ANTONIO	18	BUENO

Siendo las 11.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 09 agosto de 2024.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Secretario



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 09 días del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, siendo las 10: 00 horas, en el CECOMP 07, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 436-2024-UNS-CFI, con fecha 18.07.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Secretario), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 486-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO FÍSICO – MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022", presentado por los Bachilleres: VILCHEZ BACHIAO MIGUEL ANTONIO con cód. N° 0201613032 y SÁNCHEZ CARRASCO KENNY WILLIAM con cód. 0201613020, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Luz Esther Álvarez Asto según lo establece la T. Resolución Decanal N° 580 -2022-UNS-FI, de fecha 21.09.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
SÁNCHEZ CARRASCO KENNY WILLIAM	18	BUENO

Siendo las 11.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 09 agosto de 2024.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Secretario


Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Miguel VILCHEZ BACHIAO .
Título del ejercicio: investigacion
Título de la entrega: COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ...
Nombre del archivo: Informe_de_Tesis_REVISION.docx
Tamaño del archivo: 9.41M
Total páginas: 142
Total de palabras: 30,357
Total de caracteres: 155,678
Fecha de entrega: 11-jul.-2024 08:26a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2412870300

 "COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE - VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



"COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE - VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022".

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
Bach. VILCHEZ BACHIAO Miguel.
Bach. SÁNCHEZ CARRASCO Kenny.

ASESORA:
Ms. ALVAREZ ASTO, Luz Esther.

CÓDIGO ORCID:
0000 0001 9050 7611

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2024

Bach. SANCHEZ CARRASCO Kenny Bach. VILCHEZ BACHIAO Miguel

1

COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE - VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022".

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	documentop.com Fuente de Internet	<1%



DEDICATORIA

A mis padres, que siempre me han apoyado sin condiciones y han sido un ejemplo de dedicación y esfuerzo, del cual me siento orgulloso.

A mis tías y tíos, por su apoyo constante en esta etapa universitaria, por todos sus valiosos consejos que fueron de gran utilidad en mi desarrollo profesional.

A los ingenieros, Víctor Herrera y Dalí Herrera, por su respaldo y por compartir sus conocimientos, que fueron esenciales para la realización de este proyecto.

Miguel Vilchez Bachiao.



DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han ayudado a alcanzar este punto en mis estudios, ya que siempre han estado ahí para brindarme su apoyo incondicional.

A mi tía Mardelí y a mis hermanas Melanie y Kathy, por haberme brindado su respaldo para lograr mis metas profesionales.

A mi novia Amelita, por acompañarme a lo largo de toda mi formación académica, brindándome fortaleza y aliento para lograr todas mis metas.

Kenny Sanchez Carrasco.



AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra gratitud a Dios por ser nuestra fuente de orientación y permitirnos avanzar en nuestra carrera profesional.

Agradecidos profundamente con nuestros padres por la confianza y el apoyo continuo a lo largo de nuestra educación.

También agradecemos la orientación y el apoyo constante brindado por nuestra asesora, la Ing. Luz Esther Álvarez Asto, a lo largo de todo el proceso de creación de nuestra tesis.

Los autores.



Índice general

DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	22
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	22
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	23
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	23
1.3 OBJETIVOS.....	24
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	25
1.5.1 TÉCNICA.....	25
1.5.2 ECONÓMICA.....	25
1.5.3 SOCIAL – AMBIENTAL.....	25
1.5.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
2.1.1 INTERNACIONALES.....	28
2.1.2 NACIONALES.....	29
2.2 BASES TEÓRICAS.....	31
2.2.1 DEFINICIÓN DE SUELOS.....	31
2.2.2 TIPOS DE SUELOS.....	31



2.2.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	37
2.2.4	PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y SU DETERMINACIÓN	38
2.2.5	CARRETERAS.....	38
2.2.6	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	40
2.2.7	ENSAYOS QUE DETERMINAN LAS PROPIEDADES DEL SUELO	42
2.2.8	CAL.....	44
2.2.9	VINAZA	50
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	52
2.3.1	AGENTE ESTABILIZADOR.....	52
2.3.2	PROPIEDADES FÍSICAS.....	52
2.3.3	PROPIEDADES MECÁNICAS	53
2.3.4	ARCILLAS	53
2.3.5	CALICATA	53
2.3.6	CARRETERA.....	53
2.3.7	COMPACTACIÓN.....	53
2.3.8	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	53
2.3.9	CONTENIDO DE HUMEDAD	53
2.3.10	DOSIFICACIÓN	54
2.3.11	PERMEABILIDAD.....	54
2.4	MARCO NORMATIVO.....	54
2.4.1	MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	54
2.4.2	N.T.E. CE. 020 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES – MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.....	54
2.4.3	MANUAL DE CARRETERAS – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	55



2.4.4	MANUAL DE SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	55
	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	56
3.1	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	57
3.2	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	57
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	57
3.4	TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.5	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	58
3.5.1	POBLACIÓN	58
3.5.2	MUESTRA	58
3.5.3	UBICACIÓN	59
3.5.4	MUESTREO	59
3.5.5	UNIDAD DE ANÁLISIS	59
3.6	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	59
3.6.1	VARIABLE DEPENDIENTE	59
3.6.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	60
3.6.3	MATRIZ DE CONSISTENCIA	61
3.6.4	MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	62
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
3.7.1	DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO.	64
3.7.2	DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA).	65
3.7.3	IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS	



(CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VIA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES.	66
3.7.4 DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.....	67
3.7.5 COMPARAR LAS VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL.	67
3.7.6 EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.....	67
3.8 PROCEDIMIENTOS	68
3.8.1 DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO.	68
3.8.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA).....	84
3.8.3 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VIA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA	



VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES.	94
3.8.4 DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.	108
3.8.5 COMPARAR LAS VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL.	109
3.8.6 EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.	109
3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados	114
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	116
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	1177
4.1.1 DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO	117
4.1.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA)	122
4.1.3 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE	



CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES	126
4.1.4 DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA	131
4.1.5 COMPARAR LAS VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL	134
4.1.6 EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA	137
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS	140
4.3 DISCUSIONES	142
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
5.1 CONCLUSIONES	147
5.2 RECOMENDACIONES	149
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
CAPÍTULO VII: ANEXOS	155



Índice de tablas

Tabla 1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), incluyendo identificación y descripción	35
Tabla 2 Sistema de Clasificación ASHTO	36
Tabla 3 Rango de cemento requerido en estabilización de suelo – cemento	41
Tabla 4 Clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas	42
Tabla 5 Clasificación de los suelos según el Índice de Plasticidad	43
Tabla 6 Requerimientos de suelos para estabilizar con cal	46
Tabla 7 Matriz de Consistencia	61
Tabla 8 Matriz de Operacionalización de Variables	62
Tabla 9 Análisis granulométrico de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	70
Tabla 10 Contenido de humedad de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	73
Tabla 11 Límite Líquido de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	75
Tabla 12 Límite Plástico de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	77
Tabla 13 Proctor Modificado para CBR de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	79
Tabla 14 CBR de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	82
Tabla 15 Características físico – químicas de la vinaza	85
Tabla 16 Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X de la cal viva y la vinaza	87
Tabla 17 Granulometría de la Cal Viva	89
Tabla 18 Límite Líquido de la Cal Viva	91



Tabla 19 Límite Plástico de la Cal Viva	93
Tabla 20 Análisis granulométrico de la subrasante al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%	96
Tabla 21 Límite Líquido de la subrasante adicionándole Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%	98
Tabla 22 Límite Plástico de la subrasante adicionándole Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%	100
Tabla 23 Proctor modificado para CBR de la subrasante, al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y al sustituir Vinaza de Caña de Azúcar por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%	103
Tabla 24 CBR de la subrasante al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y al sustituir Vinaza de Caña de Azúcar por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%	107
Tabla 25 Proctor modificado de la subrasante, de la calicata 5, al adicionarle el 6% de cal viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza	110
Tabla 26 Densidad de campo de la subrasante y el tramo de prueba al incorporarle la dosificación óptima de cal viva y vinaza	111
Tabla 27 Contenido de humedad in-situ por el método del Carburo de Calcio	113
Tabla 28 Resultados del contenido de humedad de las 8 calicatas	118
Tabla 29 Características físico – químicas de la vinaza de caña de azúcar	123
Tabla 30 Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X de la vinaza de caña de azúcar	124
Tabla 31 Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X de la cal viva	124
Tabla 32 Análisis granulométrico de la cal viva	125
Tabla 33 Límites de consistencia de la cal viva	125
Tabla 34 Selección de calicata 05 para mejora de subrasante de 1m ² con espesor de 15cm	134



Tabla 35 Propuesta de dosificación para mejora de subrasante en 1m ³ con el 25% de vinaza y 4% de cal	134
Tabla 36 Propuesta de análisis de precios unitarios para subrasante por m ² con espesor de 15cm	135
Tabla 37 Costos por metro cuadrado de estabilización con cemento	135
Tabla 38 Costo por metro cúbico de estabilización con cemento	135
Tabla 39 Densidades del suelo seco en 3 puntos distintos del tramo de la calicata 5, al adicionarle el 6% de cal viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza	138
Tabla 40: Contenido de humedad de los 3 puntos distintos del tramo de la calicata 5, al adicionarle el 6% de cal viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza	139
Tabla 41 Resultados del CBR In-situ del terreno natural de la calicata mediante el uso del penetrómetro dinámico de cono	139
Tabla 42 Resultados del CBR al 95% de la M.D.S. al 0.1” de penetración del terreno natural y de las combinaciones con cal viva y vinaza de caña de azúcar	140
Tabla 43 Resultados del análisis de datos de la prueba t parados muestras suponiendo varianzas desiguales	141



Índice de figuras

Figura 1 Clasificación composicional de los suelos	32
Figura 2 Gráfico de plasticidad para el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)	34
Figura 3 Cuadros para utilización en el sistema de clasificación AASHTO	37
Figura 4 Corte transversal de una carretera	38
Figura 5 Ubicación de la carretera en estudio	58
Figura 6 Cuarteo de la subrasante proveniente de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	69
Figura 7 Tamizado del material obtenido de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	72
Figura 8 Lavado por el tamiz N°200 del material pasante del tamiz N°4	72
Figura 9 Pesado y secado de la muestra para hallar su contenido de humedad	74
Figura 10 Proceso del ensayo para hallar el límite líquido del suelo	76
Figura 11 Proceso del ensayo para hallar el límite plástico del suelo	78
Figura 12 Proctor modificado de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	81
Figura 13 Ensayo CBR de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca	84
Figura 14 Determinación de la viscosidad cinemática de la vinaza de caña de azúcar	86
Figura 15 Ensayo de espectroscopía de fluorescencia de rayos X de la cal viva	88
Figura 16 Granulometría de la cal viva	90
Figura 17 Límite Líquido de la cal viva	92
Figura 18 Límite Plástico de la cal viva	94
Figura 19 Granulometría de la subrasante, adicionándole cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%	97



Figura 20 Realizando el ensayo de límite líquido de la subrasante, adicionando cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%99

Figura 21 Hallando el límite plástico de la subrasante, adicionando cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%101

Figura 22 Adicionando cal viva y la combinación de agua con vinaza a la subrasante105

Figura 23 Ensayo de Proctor modificado al añadir cal viva a la subrasante en porcentajes de 4%, 6% y 8% y sustituir vinaza por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%105

Figura 24 CBR de la subrasante al adicionarle cal viva y sustituir vinaza por agua108

Figura 25 Análisis granulométrico del terreno natural117

Figura 26 Límites de consistencia del terreno natural119

Figura 27 Máxima Densidad Seca de las muestras del terreno natural120

Figura 28 Óptimo contenido de humedad de las muestras de terreno natural121

Figura 29 CBR del terreno natural al 95% de su MDS al 01” de penetración122

Figura 30 Curva de fluidez de la cal viva126

Figura 31 Análisis granulométrico del terreno natural al adicionarle cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%127

Figura 32 Límites de consistencia del terreno natural al adicionarle cal viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar128

Figura 33 Máxima Densidad Seca de las muestras del terreno natural al adicionarle cal viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar129

Figura 34 Óptimo contenido de humedad de las muestras del terreno natural al adicionarle cal viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar130

Figura 35 CBR del terreno natural al adicionarle cal viva y sustituir agua por vinaza de caña de azúcar, al 95% de su MDS al 0.1” de penetración131

Figura 36 Comparación del análisis granulométrico de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%132



Figura 37 Comparación de resultados del Proctor modificado para CBR de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva y la sustitución de agua por vinaza de caña de azúcar132

Figura 38 Comparación de resultados del CBR (California Bearing Ratio) de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y la sustitución de agua por vinaza de caña de azúcar en porcentajes de 25%, 50% y 75%133

Figura 39 Costos por metro cúbico de estabilización con otros tipos de tierra para subrasante136

Figura 40 Relación Humedad-Densidad Seca, de la calicata 5, al adicionarle el 6% de Cal Viva y al sustituir 25% de agua por vinaza138



Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Obtención del porcentaje de la muestra que atraviesa el tamiz de 0.074 mm (N°200)	71
Ecuación 2: Obtención del porcentaje retenido en cada tamiz	71
Ecuación 3: Obtención del porcentaje más fino	71
Ecuación 4: Obtención del contenido de humedad	73
Ecuación 5: Obtención del límite líquido	75
Ecuación 6: Obtención del límite plástico	77
Ecuación 7: Obtención del índice de plasticidad	77
Ecuación 8: Obtención de la densidad húmeda del espécimen compactado	79
Ecuación 9: Obtención de la densidad seca del espécimen compactado	80
Ecuación 10: Obtención del peso unitario seco del espécimen compactado	80
Ecuación 11: Contenido de agua para una saturación completa	80
Ecuación 12: Porcentaje de agua para añadir en el ensayo de moldeo de CBR	83
Ecuación 13: Porcentaje de expansión	83
Ecuación 14: Obtención de la viscosidad cinemática	85
Ecuación 15: Cantidad de cal viva para añadir en cada muestra	96
Ecuación 16: Cantidad de vinaza que sustituye al porcentaje de agua	103
Ecuación 17: Volumen del orificio de prueba	111
Ecuación 18: Masa seca el material del hueco del ensayo	112
Ecuación 19: Densidad húmeda del material probado, o su peso unitario húmedo	112
Ecuación: 20 Densidad seca del material probado, o su peso unitario seco	112



Índice de anexos

ANEXO 1: ENSAYOS AL MATERIAL OBTENIDO EN CAMPO	156
ANEXO 2: ENSAYOS AL MATERIAL LUEGO DE SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL.....	197
ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE LA CAL PULVERIZADA	236
ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA VINAZA	239
ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO	242



RESUMEN

El análisis del siguiente trabajo se centró en utilizar la Cal viva (Óxido de Calcio) y la Vinaza de caña de azúcar, suministrada por la Empresa Agroindustrias San Jacinto, como agentes estabilizadores en la capa de subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca. Se llevaron a cabo 8 calicatas de la vía estudiada, para poder utilizar la muestra más desfavorable con nuestras combinaciones de Cal viva y Vinaza. Se desarrollo una investigación de tipo Aplicada – Experimental, en donde se procedió a analizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, de la Cal viva, de la Vinaza de caña de azúcar y su combinación de éstas, siguiendo las normativas NTP, MTC y ASTM, mediante ensayos de laboratorio.

Al realizar la mezcla de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, adicionándole 6% de Cal Viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza de caña de azúcar, se obtuvieron resultados superiores al del terreno natural, especialmente en términos del CBR al 95% de la Densidad Máxima Seca (MDS), con mejora del 2.4% hasta el 54.6%.

Finalmente, se realizó un ensayo con Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), para la determinación de CBR Insitu, tanto en el terreno natural y en la adición del 6% de Cal Viva y sustitución del 25% de agua por Vinaza de Caña de Azúcar, obteniendo resultados superiores al del CBR en laboratorio, comprobando de esta manera que la investigación sirve para lograr una estabilización en suelos cohesivos.

PALABRAS CLAVES: Subrasante, cal viva, vinaza de caña de azúcar, penetrómetro dinámico de cono.



ABSTRACT

The present research study focused on using Quicklime (Calcium Oxide) and Sugarcane Vinasse, supplied by Agroindustrias San Jacinto Company, as stabilizing agents in the subgrade layer of the Vinchamarca Grande – Virahuanca road. Eight test pits were excavated on the studied road to select the most unfavorable sample for our combinations of Quicklime and Vinasse. An Applied - Experimental research was conducted, where the physical and mechanical properties of the subgrade, Quicklime, Sugarcane Vinasse, and their combination were evaluated following NTP, MTC, and ASTM standards through laboratory tests.

When mixing the subgrade of the Vinchamarca Grande – Virahuanca road, adding 6% Quicklime and substituting 25% of water with sugarcane Vinasse, superior results were obtained compared to natural terrain, especially in terms of CBR at 95% of Maximum Dry Density (MDS), with an improvement from 2.4% to 54.6%.

Finally, a Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test was conducted to determine Insitu CBR, both in natural terrain and with the addition of 6% Quicklime and substitution of 25% of water with Sugarcane Vinasse, yielding superior results to laboratory CBR, thus confirming that the research serves to achieve stabilization in cohesive soils.

KEY WORDS: Subgrade, quicklime, sugarcane vinasse, dynamic cone penetrometer.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN



1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

La función de la estructura de un pavimento sobre una base adecuada es facilitar una circulación vehicular altamente segura y confortable a las velocidades operativas deseadas y bajo diversas condiciones climáticas. Sin embargo, cuando se enfrenta a suelos inestables, es fundamental aplicar técnicas mecánicas y añadir tanto sustancias químicas naturales como sintéticas cuya intención es optimizar las características físicas y mecánicas, y con esto garantizar que cumpla su propósito específico.

En Ecuador, especialmente en áreas rurales, persisten vías de cuarta categoría que incluyen suelos GP inapropiados, siendo el tratamiento y asfaltado limitados debido a la escasez de recursos, priorizándose estos trabajos en su mayoría en las vías de primera categoría (Barek, 2019).

De acuerdo con el Registro Nacional de Carreteras (RENAC,2012) del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) de America Latina, nombran a Peru como uno de los países que esta posicionado en el sexto lugar, esta herramienta de gestión, señala que la longitud total de la red vial actual, incluyendo tramos pavimentados y no pavimentados, es de unos 140.672,36 km. En esta red, las vías nacionales constituyen el 17,7%, las vías departamentales el 19,4% y las vías vecinales conformado por el 62,9%. Esta información se basa en el último informe del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de 2012. Cabe destacar que la red vial vecinal, que constituye una parte importante del sistema vial peruano, se encuentra principalmente en las regiones rurales, tiene un mantenimiento deficiente y presenta anomalías superficiales, socavones y fracturas.

Por ejemplo, en el distrito de Moro, la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca muestra deformaciones superficiales debido a suelos cohesivos que no cumplen con los estándares mecánicos mínimos requeridos. Esto podría conducir a incrementos en los hundimientos y a un aumento en los incidentes viales. Por lo tanto, la investigación pretendió incrementar las propiedades del suelo (mecánicas y físicas) mediante la sustitución de Vinaza y la adición de cal viva y observar cómo reacciona la subrasante de esta carretera.



En las zonas rurales, las trochas carrozables, debido a la escasez de recursos, no reciben el tratamiento adecuado e incluso no han sido asfaltadas, ya que no se consideran prioritarias en comparación con las vías urbanas. Por lo tanto, a fin de preparar el suelo para su uso previsto, debe mejorarse mecánica y físicamente utilizando productos naturales y químicos.

El deterioro de las vías debido a sus bajas propiedades físicas impacta negativamente en la agricultura local, ya que unas vías mejoradas permitirían un mayor tránsito de productos. Además, la ausencia de una red de carreteras adecuada contribuye con los bajos niveles de educación en la zona, ya que dificulta el acceso fluido de los estudiantes. Finalmente, el estancamiento económico se atribuye a que, no existen vías apropiadas que fomenten el desarrollo económico local.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro 2022?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las propiedades físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) y mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, del distrito de Moro?

- ¿Cuáles son las características físicas y químicas de la vinaza (Viscosidad y espectroscopia) y de la Cal Viva (Granulometría y espectroscopia)?

- ¿Cuáles son las características mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) y físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, del distrito de Moro, con la sustitución de la Vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75% y la adición de óxido de calcio (Cal viva) en porcentajes de 4%, 6% y 8%?

- ¿Cuál es la dosificación óptima de las combinaciones 25%, 50% y 75% de sustitución de vinaza y 4%, 6% y 8% de adición de óxido de calcio (cal viva), que mejorará las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca?



- ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones económicas en el uso de la vinaza y la cal viva, al incorporarse en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, frente a una estabilización convencional?
- ¿Cuál es el comportamiento de un tramo de prueba de 15 m², al utilizar la combinación óptima de vinaza – cal viva en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro - 2022.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) y mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, del distrito de Moro.
- Determinar las características físicas y químicas de la Vinaza (Viscosidad y espectroscopia) y la Cal Viva (Granulometría y espectroscopia).
- Identificar las características mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) y físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, del distrito de Moro, con la sustitución de la Vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75% y la adición de óxido de calcio (Cal viva) en porcentajes de 4%, 6% y 8%. En total 9 combinaciones.
- Determinar la dosificación óptima de las combinaciones 25%, 50% y 75% de sustitución de la vinaza y 4%, 6% y 8% de adición de óxido de calcio (Cal viva) que mejorará las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.
- Comparar las ventajas y limitaciones económicas en el uso de vinaza y óxido de calcio (cal viva) al incorporarse en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, frente a una estabilización convencional.
- Evaluar el comportamiento de un tramo de prueba de 15 m², al utilizar la combinación óptima de vinaza – cal viva en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.



1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La sustitución de la Vinaza por agua en porcentajes de 25, 50 y 75% y la adición de cal viva al terreno en porcentajes de 4, 6 y 8% mejora el comportamiento físico – mecánico de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, del distrito de Moro.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el ámbito de la ingeniería de carreteras, la subrasante sirve como base fundamental para las capas constituyentes de la estructura de un pavimento. La condición de la subrasante es crucial debido a que es necesario para definir la duración del pavimento, considerando que un índice elevado de CBR (California Bearing Ratio) se traduce en menores gastos de mantenimiento durante toda su vida útil.

1.5.1 TÉCNICA

Desde una perspectiva técnica, la aplicación de la estabilización del suelo, método frecuentemente empleado en suelos con capacidad portante restringida, es lo que hace viable este proyecto, utilizando materiales como cemento y escoria de cobre. No obstante, la implementación de cal y vinaza en este proceso permitiría explorar nuevas metodologías para el diseño estructural de pavimentos.

1.5.2 ECONÓMICA

Desde una perspectiva económica, la justificación de este proyecto radica en el objetivo de aumentar el índice CBR para reducir los costos de mantenimiento, que a menudo son significativos. En muchas ocasiones, surgen problemas que expanden o contraen aquellos suelos cohesivos a causa de, la falta de mejoras en el nivel de la subrasante lo que resulta en daños estructurales. Las deficiencias en la calidad de la subrasante pueden manifestarse en grietas y otros tipos de fallos, por lo que es crucial abordar adecuadamente su mantenimiento para prevenir estos problemas.

1.5.3 SOCIAL – AMBIENTAL

Desde una perspectiva social y ambiental, la razón de ser de este proyecto reside en la solución de los desafíos diarios que impactan a esta vía. Estos problemas incluyen la contaminación ambiental causada por la polvareda generada por la circulación de vehículos, las enfermedades



respiratorias derivadas de la exposición al polvo y el estrés experimentado por los conductores debido al mal estado de la trocha carrozable.

1.5.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución de esta investigación es crucial, ya que, a través de la recopilación de evidencia en el lugar, la aplicación de procedimientos y cálculos adecuados, se podrán obtener datos fundamentales. Estos datos servirán como punto de referencia para las instituciones responsables de llevar a cabo proyectos de pavimentación en la zona estudiada. Los habitantes locales serán los principales beneficiarios, ya que una vía segura y eficiente mejorará notablemente la economía local. Además, la reducción del polvo y una mejor transitabilidad podrían resultar en un aumento de la afluencia de personas en la zona.



CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO



2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 INTERNACIONALES

García (2022), realizó un estudio titulado: “Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia”.

El propósito del estudio fue examinar cómo el uso de la cal como alternativa puede estabilizar el suelo y mejorar la condición de las carreteras terciarias y rurales de nuestro país. La muestra estuvo constituida por el suelo excavado con dimensiones de 1.00 m x 1.00 m y la adición de cal en caminos rurales en Colombia. El diseño que se utilizó fue experimental. Los equipos utilizados para las pruebas granulométricas de materiales, límites de consistencia, pruebas Proctor modificadas así como pruebas de presión confinada fueron diseñados de acuerdo con los criterios técnicos de las normas actuales estableció al agregar cal a los suelos expansibles no aptos como base para carreteras mejora considerablemente sus características físico-químicas y reduce significativamente su plasticidad; adicionalmente, la adición de cal, aunque sea en pequeñas cantidades, a la estructura del suelo aumenta su capacidad portante; y, finalmente, acotó que el suelo estabilizado con cal no sólo disminuye notablemente los costos de construcción (incluyendo ejecución, administración e imprevistos), sino que también, reduce drásticamente los costos de mantenimiento. Esto se debe a que una estructura más robusta y en mejores condiciones es menos costosa al momento de realizar: limpieza, reparación (puntos críticos), daños estructurales, asentamientos, y demás fallas que puedan presentarse. Por lo tanto, la investigación sugiere a las instituciones responsables de la administración de la red vial nacional, establecer regulaciones que promuevan la adopción de esta técnica de construcción para mejorar la serviciabilidad en las carreteras secundarias del territorio peruano.

Loaiza (2017) realizó un estudio que se propuso mejorar un suelo GP agregando vinaza. El objetivo principal fue alterar la resistencia y la capacidad de suelos GP inapropiados por lo cual utilizó vinaza en la construcción de carreteras y autopistas. Se incluyó en la muestra suelo excavado de un metro por un metro, junto con vinaza al 25, 50 y 75%. Se trataba de un diseño experimental. Para las pruebas de granulometría del material, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, se eligieron los instrumentos empleados de acuerdo con las especificaciones técnicas de las normas más recientes. Basándose en los resultados, se determinó que la proporción ideal para la vinaza es de 50% de vinaza y 50% de agua. También

se determinó que la vinaza se disuelve rápidamente en agua, lo que facilita su combinación y aplicación.

2.1.2 NACIONALES

Castro (2023), investigó sobre la aplicación de residuos de melaza y vinaza como materiales estabilizantes para cohesivo. Para lo cual trabajó un diseño que utilizó una metodología experimental, con un enfoque cuantitativo y donde se describe así como se correlaciona los datos obtenidos. En cuanto a la muestra no probabilística se encontró constituida (7 calicatas) dentro de la vía caserío La Pared – caserío Juanita (Prog. 0+000 hasta 3+000) al cual se incorporó melaza (2%, 3%, 4% y 5%) y vinaza (2.5%, 5%, 7.5% y 10). Se observó que los resultados en cuanto al CBR alcanzaron valores más alto al combinar vinaza y melaza; 7.5% y 4%. Sin embargo, al trabajarlo de forma individual, la melaza logra un incremento máximo al incorporar 4% mientras que la vinaza logra con el 10%. Por lo tanto, la investigación sugiere utilizar una dosis del 10% de vinaza, dado que resulta mayor capacidad de carga en contraste con las otras muestras, (CBR: 15.81% y 10.83%; MDS: al 100% y 95%) Además, se recomienda aplicar esta mezcla para estabilizar la subrasante de carreteras y terraplenes, mejorando así la durabilidad, comodidad y seguridad de las vías de tránsito.

Calderón (2022), realizó un estudio para ver qué efectos que resulta en las propiedades de la subrasante, carretera Caracoto – Suches, al estabilizar con cal viva y ceniza de cañihua esto se desarrolló en Puno, La finalidad fue conocer los impactos al estabilizar suelos con cal (C) y ceniza de cañihua (CC) a nivel subrasante de la vía Caracoto. La muestra estuvo constituida por 1.00 m × 1.00 m de suelo excavado que había sido dosificado con 5% C + 4% CC, 5% C + 7% CC, y 5% C + 10% CC. Este estudio empleó un enfoque cuantitativo, y un tipo de investigación aplicada con un corte causal por otro lado, el diseño considerado fue cuasiexperimental. Para los ensayos (límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR) se elaboraron considerando los criterios técnicos de las normas actuales del MTC. Según los resultados, se encontró que el índice de plasticidad disminuye (1,12%, 2,65% y 3,35%,) con forme se aumenta los porcentajes de CC. De igual forma la MDS se incrementa (0,011, 0,036 y 0,056 gr/cm³) al aumentar los porcentajes de CC. A demás el CBR (al 95% de la densidad seca máxima) aumentó en un 1%, 2,3% y 3%, respectivamente. Se concluyó que, la cal de igual forma la ceniza de cañihua son aptos para estabilizar la subrasante ya que aumentan la MDS, la capacidad portante de la subrasante.

Alegre y Gallarday (2022), realizaron un estudio en la cual se evaluó la estabilización de suelos con Vinaza en la trocha carrozable tramo Motocachy – Macracancha. Se planteó definir cuál es la repercusión de la vinaza como estabilizante del suelo a lo largo de la trocha Motocachy-Macracancha. Con el fin de aumentar la resistencia del lecho de la carretera, se aplicó 25%, 50% y 75% de vinaza en tres fosas con una altura de 1,50m. cada una. Se trataba de un diseño experimental. Los equipos utilizados para las pruebas (granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, Proctor modificado y CBR) se seleccionaron en base a las especificaciones técnicas de los requisitos más recientes del MTC. Los resultados muestran que al agregar el 25%, 50% y 75% de vinaza al suelo produjo valores Proctor de 2,118, 2,074 y 2,055 gramos por centímetro cuadrado, respectivamente, con contenidos óptimos de humedad de 11,68%, 12,44% y 13,76%, y valores CBR de 6,90%, 4,15% y 3,65%. Cabe destacar que la mayor mejora de las cualidades mecánicas del suelo se consiguió cuando se incorporó un 25% de vinaza. Así pues, para comprender mejor el comportamiento de la vinaza, se aconseja que los futuros investigadores investiguen su uso en diversos climas y tipos de suelo.

Rios y Solano (2021), realizaron una investigación que estudió de forma exploratoria la estabilización del suelo arcilloso del A.A.H.H. Las Colinas, calle Lagunas – San Juan Bautista al agregar cal viva. Para lo cual, evaluaron las características mecánicas y físicas de la alteración de la subrasante de la zona en estudio utilizando cal viva como ingrediente estabilizante. La muestra estuvo conformada por 1.50 m de suelo que había sido excavado y se le aplicó cantidades de 1%, 3% y 5% de óxido de calcio. Se trataba de un diseño experimental. Los instrumentos utilizados para realizar granulometría, determinar la plasticidad, Proctor, y el CBR del material tanto en estado natural como con la incorporación de con cal viva estuvieron validas mediante las normas vigentes del MTC. En cuanto a los resultados se halló que; el CBR al agregar cal viva (1%, 3% y 5%) incrementa (de 4,82%; al 11,20%, 17,60% y 19,30%) conforme se agrega mayor porcentaje de material estabilizante. Concluyeron que la resistencia y la capacidad portante del método California mejoran significativamente y que son directamente proporcional, sin embargo, proponen que en el futuro se exploren pequeñas variaciones en el contenido de cal viva aplicado al suelo, sin superar el límite del 8% establecido en la norma (CE. 020).

2.2 BASES TEÓRICAS

Cáceres (2014), indica que la disciplina conocida como Mecánica de Suelos se enfoca en analizar cómo las fuerzas afectan la materia que compone los suelos. Es decir, la ejecución de los principios de la mecánica y la hidráulica enfocados a las dificultades de la ingeniería que guardan relación con materiales sedimentados y otras concentraciones que se conforman de partículas sólidas sueltas procedentes por descomposición mecánica y química de las rocas, según el Dr. Karl Terzaghi.

Para facilitar la comprensión de este trabajo, resulta esencial establecer un conjunto de términos específicos, con el fin de asegurar que los conceptos presentados por el autor y entendidos por el lector sean consistentes a lo largo del texto

2.2.1 DEFINICIÓN DE SUELOS

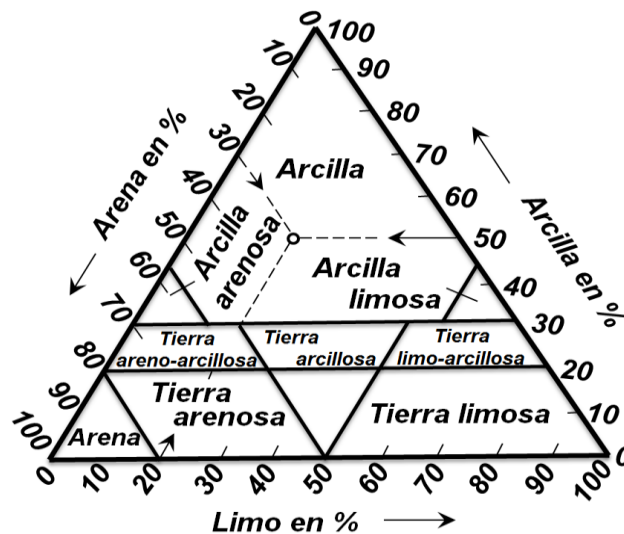
Cáceres (2014) nos dice que, el término “suelo” es familiar para la mayoría, pero su significado es multifacético y varía según la perspectiva desde la cual se aborde. Por ejemplo, para un geólogo, la capa superficial de la Tierra integrada por componentes orgánicos y minerales se conoce como suelo, mientras que, para un agrónomo, el suelo puede ser visto como el medio en el cual crecen plantas, considerando su composición química y física para el cultivo. Por otro lado, un ingeniero civil puede conceptualizar el suelo en términos de su capacidad para soportar cargas y servir como cimiento para estructuras. En resumen, la definición de suelos es relativa y contextual, influenciada por el campo de estudio y las necesidades específicas de quienes la abordan.

2.2.2 TIPOS DE SUELOS

Cáceres (2014) manifiesta que el tipo de suelo puede variar debido a una serie de factores, aunque inicialmente se puede categorizar considerando la composición de las partículas y su tamaño. Esta idea se puede visualizar en la figura 1, que muestra de manera gráfica la clasificación de los suelos según su composición.

Figura 1

Clasificación composicional de los suelos.



Nota. Obtenido de “Manual de carreteras: construcción y mantenimiento (Chile)” Sección 15 (p.2), por Ministerio de Obras Públicas, 2020.

Cáceres (2014) demuestra cómo tres líneas -una a cada lado del triángulo- representan el porcentaje de limo, arcilla y arena presentes en el suelo en el diagrama triangular de categorización de suelos que desarrolló la Comisión del Río Mississippi. Esto se puede ver en la figura anterior. La clasificación del suelo viene dada por la unión de estas líneas.

Esta metodología de clasificación tiene la ventaja de ser simple y permitir una rápida identificación del tipo de suelo. El tamaño del grano es sólo una de las muchas variables que afectan a algunas de las cualidades físicas del suelo, por lo que tiene la ventaja de guardar una relación indirecta con las características físicas primarias del suelo.

Aunque los distintos tipos de suelo son poco comunes en la naturaleza, existen básicamente cuatro tipos primarios de suelo que pueden identificarse:

- **Gravas:** Las gravas, a veces denominadas suelos agregados o piedras, son subproductos de la descomposición natural o provocada por el hombre del material pétreo que se formó originalmente cuando se rompieron las rocas de la corteza terrestre. El tamaño de este tipo de tierra varía entre 2,0 mm y 76,2 mm (3 pulgadas). Las gravas presentan una amplia gama de formas y frescura mineralógica en función de la historia de su creación. Pueden tener forma esférica o poliédrica, lo que indica una variedad de procesos y condiciones geológicas. Cáceres (2014).
- **Arenas:** las arenas tienen un tamaño que oscila con diámetros comprendidos entre 2.00 mm y 0.05 mm y comparten un proceso de formación similar al de las gravas. Con regularidad se

suelen encontrar juntas en los mismos yacimientos. Cuando las arenas están libres de impurezas, no son plásticas, no se encogen al secarse y tienen una compresibilidad mucho menor que la arcilla. Además, tienen tendencia a comprimirse de forma relativamente instantánea cuando se aplica una carga sobre su superficie. Cáceres (2014).

- **Limos:** Las partículas de limo están formadas por material suelto que se encuentra entre los tamaños de grano de la arena fina y la arcilla, con un diámetro que oscila entre 0,05 mm y 0,005 mm. Estos materiales sedimentarios clásticos desorganizados son transportados en suspensión por el viento y/o las corrientes de agua, donde acaban en el suelo de zonas inundadas o en las áreas por donde fluyen los ríos y arroyos. Cáceres (2014).
- **Arcillas:** las arcillas consisten en partículas de tamaño menor a 0.005 mm y están compuestas principalmente de silicato de alúmina hidratado, aunque algunas veces pueden contener silicatos hidratados de hierro o magnesio, aunque esto es poco común. La propiedad más destacada de las arcillas radica en su potencial de volverse altamente moldeables en presencia de agua. Esto se debe a su estructura molecular, que permite la absorción de agua y la consiguiente expansión de las partículas, lo que les otorga plasticidad y maleabilidad, características que las hace adecuadas para una diversidad de aplicaciones en la industria y construcción. Cáceres (2014).

a. **Clasificación de Suelos**

Cáceres (2014) indica que, El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS o USCS), también conocido como sistema de clasificación ASTM (American Society for Testing Materials), y el sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Ambos sistemas son ampliamente usados dentro de la ingeniería civil en cuanto a clasificar un suelo se refiere. Estos métodos ofrecen un marco uniforme para clasificar los suelos, facilitando su análisis y uso en proyectos de ingeniería civil.

– **Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos SUCS**

Según Cáceres (2014); En la Tabla 1 se muestra la categorización del Sistema Unificado de Categorización de Suelos (SUCS). Esta categorización utiliza el tamiz N°200 para separar el material en categorías de suelos gruesos y finos. Los suelos que atraviesan esta malla son suelos finos, y los que se quedan retenidos son suelos gruesos. Por consiguiente, si más del 50% de las partículas de un suelo se mantienen en la malla N°200, se considera grueso; si más del 50% de las partículas del suelo son más pequeñas que esta malla, se considera fino.

El gráfico de Casagrande de suelos cohesivos, creado por Casagrande, muestra cómo se relacionan el límite líquido y el índice de plasticidad de un suelo. Se muestra en la figura 2.

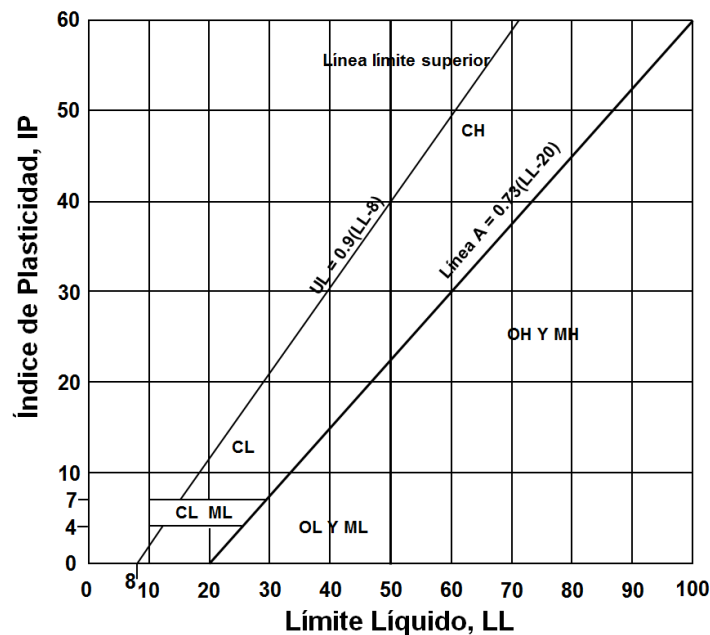
En la figura 3, vemos el método complementario para clasificar al suelo en el laboratorio de la SUCS, que permite una clasificación más rápida de los suelos examinados.

La Tabla 1, ilustra el proceso de agrupación de los suelos. Para cada grupo se utiliza un símbolo compuesto por un prefijo y un sufijo. Como ilustra la Tabla 1, los prefijos consideran las iniciales de las denominaciones en inglés de 06 tipos principales de suelos siendo estos: grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba. Por otro lado, los sufijos representan divisiones dentro de esas agrupaciones.

Cabe destacar que, para completar la clasificación del suelo, siempre debe incluirse una descripción visual del mismo, similar al Sistema de Clasificación AASHTO.

Figura 2

Gráfico de plasticidad para el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS



Nota. Obtenido de “Mecánica de suelos y cimentaciones” (p. 84), por Crespo C.

Tabla 1

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), incluyendo identificación y descripción

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLOS DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso Si menos del 50% del material pasa el tamiz N° 200	Gravas Si menos del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4	Gravas limpias (pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_C = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava, arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < IP < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 7$	
	Arenas Si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_C = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena - limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 4$	Si el material está en la línea sombreada con $4 < IP < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 7$	
		Limos y arcillas (Límite Líquido $LL < 50$)		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. Dependiendo del porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% --- GW, GP, SW, SP Más del 12% --- GM, GC, SM, SC De 5 a 12% --- Casos de frontera que requieren doble símbolo.
				CL	Limos inorgánicos, de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	
Limos y arcillas (Límite Líquido $LL > 50$)	OL		Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	MH		Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
Suelos altamente orgánicos		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		PI	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

FUENTE: Obtenido de “Mecánica de suelos y cimentaciones” (p. 89), por Crespo C.

– Sistema de Clasificación de los Suelos AASHTO

Cáceres, AJT (2014). Para clasificar un suelo dentro de un grupo específico, se realizan pruebas dentro del laboratorio, tales como: pruebas granulométricas y los límites de plasticidad. Además, para una evaluación más exhaustiva se utiliza el índice de grupo (IG), que ofrece detalles sobre la plasticidad del suelo en relación con el tamaño de malla estándar y la distribución granulométrica. Los ingenieros pueden utilizar este índice, que denota como un número entero (0 y 20), para comprender mejor las cualidades del suelo y juzgar cómo utilizarlo en la ejecución de carreteras.

Tabla 2

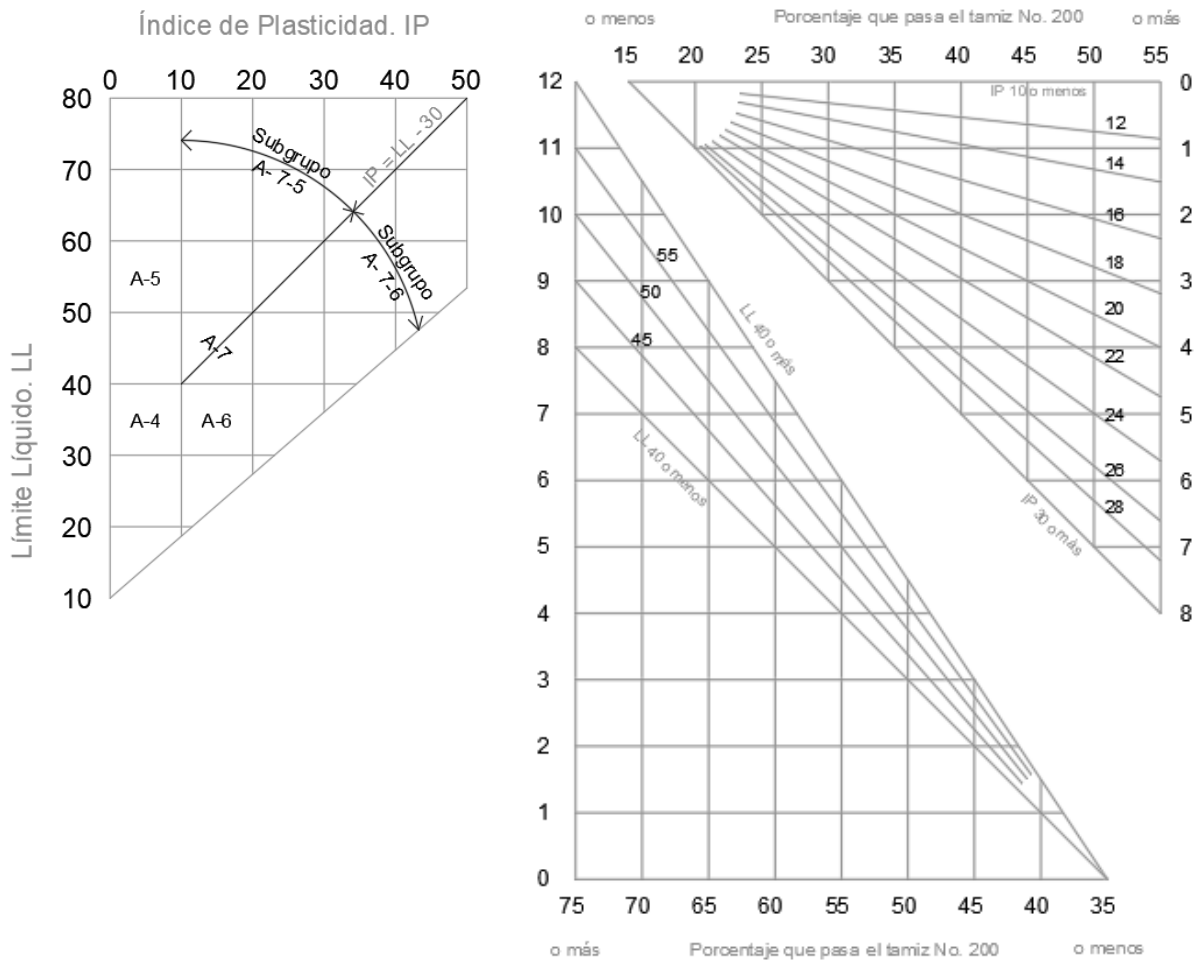
Sistema de clasificación AASHTO

SUELOS ARCILLOSOS Y LIMOSOS	A-7	A-7-5*	A-7-6*	36 MIN	41 MIN	20 MÁX	SUELOS ARCILLOSOS	REGULAR A MALA	*A-7-5: IP MENOR O IGUAL A LL - 30
S: MÁS DE 36% MALLA # 200		A-6		36 min	40 máx 11 min	6 máx			
		A-5		36 min	41 min 10 máx	12 máx	Suelos Limosos		*A-7-6: IP QUE LL - 30
		A-4		36 min	40 máx 10 máx	8 máx			ÍNDICE DE
Suelos granulares: 35% o menos pasa malla # 200	A-2	A-2-7		35 min	41 min 11 min	4 máx	Grava y/o Arena arcillosa		GRUPO = (F200 - 35)
		A-2-6		35 min	40 máx 11 min			Excelente a buena	(0.2+0.005(LL-40)+0.01)(F200 - 15)*(IP - 10)
		A-2-5		35 min	41 min 10 máx	0	Grava y/o Arena limosa		
		A-2-4		35 min	40 máx 10 máx				
		A-3		51 min 10 máx	NP	0	Arena Fina		
	A-1	A-1-b		50 máx 30 máx	6 máx	0	Fragmentos de piedra, grava y arena		
		A-1-a		50 máx 30 máx 15 máx					
Grupo Sub-Grupo				Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 10 N°40 N° 200	Plasticidad Pasa la malla # 40 LL IP	Índice de Grupo*	Materiales Constructivos	Calidad (Subrasante)	

FUENTE: Obtenido de “Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil” (p. 70), por Bowles J.

Figura 3

Cuadros para utilización en el sistema de clasificación AASHTO



(b) Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6 y A-7

(c) Cuadro para obtener el índice de grupo del suelo. El índice de grupo es igual a la suma de las dos lecturas en las escalas verticales.

FUENTE: Obtenido de “Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil” (p. 70), por Bowles J.

2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Cáceres (2014), nos afirma que el conocimiento acerca de las propiedades físicas básicas del suelo es crucial para quienes se dedican al ámbito de la mecánica del suelo. Esto se debe a que permite anticipar cómo reaccionará un terreno ante distintos niveles de humedad cuando esté sometido a cargas. Esta interpretación precisa de las propiedades del suelo resulta crucial para

prever su comportamiento y tomar decisiones adecuadas en diversas aplicaciones, desde la ingeniería civil hasta la agricultura y la geología.

De las características que más destacan en los suelos tenemos:

- Peso volumétrico.
- Densidad (absoluta, aparente y relativa)
- Absorción.
- Granulometría.
- Estructura.

2.2.4 PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y SU DETERMINACIÓN

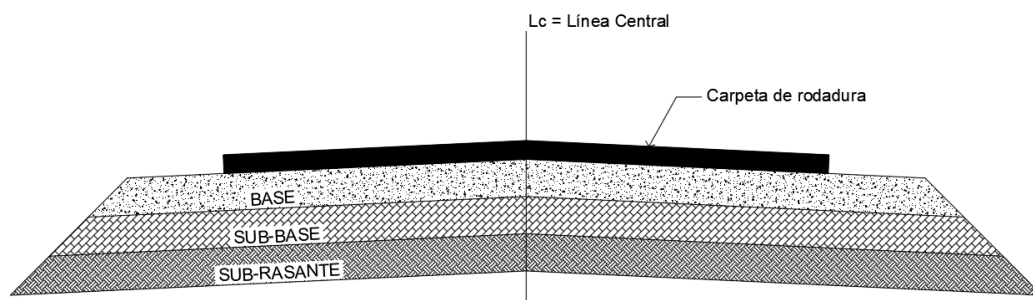
Según Cáceres (2014), una serie de procedimientos normalizados, como granulometría, los límites de Atterberg, el equivalente de arena, los ensayos de Proctor (normal y modificado), así como evaluación de la capacidad portante por medio de índice CBR (California Bearing Ratio), se encuentran entre los ensayos más pertinentes para identificar las propiedades esenciales del suelo que se utilizan en proyectos de carreteras. Estos ensayos proporcionan a los ingenieros información vital sobre la composición, compactación, plasticidad y capacidad portante del suelo, que pueden utilizar para planificar y construir carreteras duraderas y seguras.

2.2.5 CARRETERAS

Cáceres (2014) establece que una carretera se refiere a una estructura diseñada para permitir el desplazamiento de vehículos sobre una franja específica de terreno. Además de establecer la disposición básica de la carretera, es crucial considerar factores como el tráfico promedio diario anual (TPDA) al planificar su diseño. Esto implica determinar el ancho adecuado, el alineamiento preciso y la pendiente apropiada para garantizar un tránsito seguro y eficiente.

Figura 4

Corte transversal de una carretera





FUENTE: Obtenido de la tesis titulada *“Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos friccionantes utilizados en subrasantes en carreteras”* (p. 17), Toledo A., Guatemala, 2014.

a. Subrasante

Cáceres (2014), explica que la subrasante de una carretera se refiere a la capa que constituye el suelo natural del área donde se construye la vía, lo que implica que el suelo no es seleccionado específicamente y puede requerir estabilización en algunos casos. Esta capa define el perfil inicial de la carretera y sirve como base sobre la cual se colocan las demás capas, ajustándose a las particularidades del terreno y a los requisitos del proyecto.

b. Subbase

Cáceres (2014), explica que la capa en cuestión se coloca encima de la subrasante y que su objetivo principal es la rentabilidad, ya que ayuda a preservar el material de la base garantizando la segregación adecuada entre los materiales de la subrasante y la base. Además de su función económica, esta capa también desempeña un papel crucial en la gestión del agua, al prevenir que el agua subterránea ascienda por capilaridad hacia la base. Esto es fundamental para evitar cambios volumétricos que podrían reducir la resistencia de la base y comprometer la estabilidad de la carretera.

c. Base

Cáceres (2014), señala que la capa mencionada es la que absorbe gran parte del peso originado por los vehículos. La superficie de rodadura o pavimento se coloca directamente sobre la base debido a que esta última tiene una capacidad de carga insuficiente en su superficie, lo que requiere que se le proporcione un refuerzo adicional.

d. Rasante o Superficie de Rodadura

Cáceres (2014) expresa que se eligen diversas superficies de rodadura para regular el tráfico, y la elección de estas depende del tipo de vía y el presupuesto estimado para su construcción.

- Carreteras pavimentadas.
- Terracería.

2.2.6 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Cáceres (2014) demuestra que la finalidad al estabilizar el suelo implica la optimización de las características mecánicas y físicas que no satisfacen los requisitos necesarios para su aplicación. Este proceso busca aumentar la resistencia mecánica del suelo a través de la interconexión física o química de las partículas del suelo, maximizando la compactación y ampliando su densidad.

a. Forma de Estabilización de Suelos

Cáceres (2014) revela que la elección del método de estabilización está ampliamente determinada por las cualidades particulares del suelo que hay que potenciar. No obstante, la decisión sobre qué tipo de estabilización emplear también está influenciada significativamente por el criterio y expertiz del ingeniero responsable del proyecto.

- Estabilización mecánica.

Cáceres (2014) demuestra que la estabilización mecánica implica mezclar materiales diversos al suelo natural, con el objetivo de transformarlo en un suelo con características adecuadas para el propósito deseado. En general, este proceso busca mejorar tanto la plasticidad como la granulometría del suelo.

- Estabilización física.

Según Serigos (2009), la estabilización granulométrica, cuyo objetivo pretende mejorar la distribución de los granos del suelo, es el enfoque de estabilidad física más ampliamente aplicado. Para alcanzar la granulometría adecuada, este método añade materiales cohesivos, materiales granulares o una combinación de ambos. Mientras que las partículas más finas sirven de aglutinante o cohesivo que se ve favorecido por la humedad circundante, las partículas más gruesas ofrecen resistencia al desgaste, la fricción y los impactos.

- Estabilización química.

Según Serigos (2009), la interacción iónica entre el agente estabilizador y los granos de suelo produce la estabilización química. Esta técnica utiliza sales neutras, como el cloruro cálcico o sódico, para modificar la presión de vapor y la tensión superficial de las soluciones. Esto facilita el mantenimiento del contenido ideal de humedad mientras se compacta el suelo.

- Estabilización con cemento.

Para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), el suelo-cemento se crea combinando íntimamente cemento, agua y una cantidad adecuada de tierra molida, para luego

comprimir y curar la mezcla. Mediante este proceso, el material suelto se transforma en una sustancia endurecida con una resistencia mucho mayor.

Además de ello, indican que la prueba Proctor comparable a la utilizada al compactar al suelo determina el contenido ideal de agua. Una serie de variables afectan a las propiedades de las mezclas de suelo-cemento, incluyendo el tipo y la proporción de suelo, cemento y agua; también, el tiempo de la mezcla y el método de aplicación afectan a las cualidades de la mezcla. Cabe señalar que tanto la edad de la combinación como la cantidad de cemento utilizada mejoran la resistencia del suelo-cemento.

Tabla 3

Rango de cemento requerido en Estabilización de Suelo – Cemento

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

FUENTE: Obtenido de “*Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*”, por MTC, 2014.

- Estabilización de suelo con cal.

Montejo (2002) señala que, al potenciar las cualidades inherentes del suelo, la cal se utiliza para estabilizarlo y hacerlo más resistente al tráfico y a las fluctuaciones volumétricas provocadas por los distintos climas. La cal suele considerarse apropiada por sus efectos favorables, su precio asequible, su fácil manejo y su abundante producción. La cal disminuye las características plásticas de los suelos, elevando su fragilidad y, lo que es más importante, incrementando notablemente su capacidad portante, una propiedad que se mantiene a lo largo del tiempo. La cal también disminuye la susceptibilidad de los suelos cohesivos al agua, lo que reduce su propensión a hincharse. Estos elementos han fomentado el uso de la cal en proyectos de infraestructuras viarias, como la construcción de autopistas.

Según Huevo y Orellana (2009), El tipo de suelo o mineral arcilloso presente afecta inmediatamente a los efectos beneficiosos de la estabilización con cal, que no sólo se limitan a la reducción de la plasticidad, sino también a la adquisición de resistencia. El papel esperado de la cal determina el método utilizado para construir combinaciones suelo-cal en el laboratorio como:

La variación de plasticidad o humedad.

Proveedor de resistencia.

2.2.7 ENSAYOS QUE DETERMINAN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Los métodos de ensayo mencionados a continuación están minuciosamente explicados en la Norma ASTM, y se han ajustado para su uso en el Manual de Ensayo de Materiales-2016 del MTC.

a. Granulometría

La granulometría, se define en el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC Test E 204 (2013), como la gradación de tamaños de partículas de áridos obtenida a través del tamizado. El objetivo del estudio de granulometría del suelo es agrupar las proporciones distintas estas a su vez clasifican en función del tamaño. En función de las dimensiones de los granos del suelo, se explican en el siguiente vocabulario:

Tabla 4

Clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas

<i>Tipo de Material</i>		<i>Tamaño de partículas</i>
Arena	Grava	75 mm - 4.75 mm
	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

FUENTE: Obtenido de “*Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*” (p.36), por MTC, 2013.

b. Contenido de Humedad

Conforme al Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016), es un porcentaje de peso de agua en una cantidad específica del suelo con respecto al peso de las partículas sólidas. Al secar

el suelo en un horno hasta que tenga un peso estable, lo que la prueba pretende es eliminar cualquier resto de agua del suelo. Este peso de los fragmentos sólidos del suelo que queda después de que se haya secado en el horno se determina midiendo su peso; y este se encuentra midiendo la pérdida de peso como resultado del secado. El MTC E 108 proporciona un proceso detallado para esta prueba.

c. Límites de Atterberg

- Límite Líquido.

Se establece en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) que, es el punto de transición entre los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje, se conoce como Límite Líquido (LL). El MTC E 110 proporciona detalles sobre cómo llevar a cabo este ensayo específicamente.

- Límite Plástico.

En concordancia con el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016), el Límite Plástico (PL) se refiere a la cantidad de humedad más bajo al que se puede hacer rodar el suelo entre la palma de la mano y una superficie pulida (como vidrio molido) para formar cilindros de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro sin que los cilindros se colapsen.

- Índice de Plasticidad.

Además del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2014) menciona un atributo adicional que tiene el suelo denominado Índice de Plasticidad (PI), que resulta deduciendo LL de LP ($PI = LL - LP$). Esta característica permite clasificar el suelo según lo establecido en la Tabla 5.

Tabla 5

Clasificación de los suelos según el Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
7 < IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos por arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

FUENTE: Obtenido de “*Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*” (p. 37), por MTC, 2013.



d. Compactación de suelos – Proctor Modificado

MTC (2016) describe un método para evaluar la compactación del terreno en un entorno de laboratorio mediante el Proctor Modificado, un nivel de energía ajustado. El objeto del ensayo es hallar la curva de compactación, que representa la relación existente del peso unitario seco de un suelo entre el contenido de agua. El MTC E 115 contiene los detalles exactos de este proceso.

e. California Bearing Ratio – CBR

MTC (2016) describe cómo utilizar el ensayo MTC E 132 el cual nos permite calcular la capacidad portante de un suelo, o CBR. Por lo general, son muestras del suelo ensayadas en laboratorio bajo parámetros particulares de humedad y densidad. Este dato es trascendental en cuanto al diseño de pavimentos (flexibles, rígido, articulado, etc.) se refiere, estos valores medidos durante esta prueba se utilizan para conocer la posible capacidad de carga de subrasantes, subbases y materiales de base.

f. Densidad y Peso Unitario del suelo Insitu mediante el método del Cono de Arena

Según el MTC (2016), el método mide el valor de densidad y el peso unitario del suelo in situ para lo cual hace uso de un cono de arena como herramienta de medición para encontrar la densidad del suelo en condiciones naturales. Utilizando este método, la densidad y el peso unitario del suelo (estado natural) se calculan llenando el cono de arena con tierra in situ, midiendo la cantidad de suelo llenado en el cono y pesando el material excavado. A la hora de diseñar y construir infraestructuras, las decisiones pueden tomarse con conocimiento de causa gracias a la información vital que este proceso proporciona sobre las propiedades del suelo en el emplazamiento de ingeniería.

2.2.8 CAL

Angulo y Zavaleta (2020) sugieren que, los principales componentes de la cal, que es un subproducto del proceso de quemado de rocas calizas son; el óxido de calcio (CaO), MgO y otros elementos. Las normas establecidas en Perú regulan su uso en la construcción de pavimentos y carreteras. La NTP 334.125 (2017) especifica qué clase de cal están permitidos únicamente para ser usados al estabilizar un suelo.



a. Tipos de Cal

- Cal Viva (Óxido de Calcio)

A veces denominada óxido de calcio/magnesio, se produce de primera mano durante la de calcinación, como explican Vásquez y Marín (2020). Este componente puede micronizares y se encuentra en forma de polvo o gránulos; esto sugiere que el producto de la calcinación aún no se ha hidratado.

- Cal Hidratada (Hidróxido de Calcio)

Para Vásquez y Marín (2020) afirman que; la cal apagada está compuesta por hidróxidos de calcio y magnesio, es el producto de la hidratación de la cal viva. Este tipo de cal puede ofrecerse en diversas formas como: una mezcla pastosa, lechada o polvo seco

b. Aplicación de la Cal

De acuerdo con la Revista Española (2010) afirma que, la optimización de suelos para carreteras y otras estructuras que tienen suelos inestables el uso más destacado es la cal. Por otro lado, la estabilización con cal es particularmente importante para un sin fin de proyectos, de los cuales se incluyen: aparcamientos, laderas estabilizadas, carreteras rurales, vías de ferrocarril, pistas de aeropuertos, recuperación de muelles abandonados, remediación de suelos contaminados y rellenos estructurales. Tres componentes son cruciales para este proceso de estabilización: la cal, los suelos y la mezcla de cal y suelo.

c. La mezcla Cal y Suelo

Según La revista Española (2010), subraya como la cal ofrece respuestas prácticas y asequibles a estos problemas. La aplicación de cal viva ya sea en forma de lechada, cal apagada o polvo ayuda a secar al exceso de humedad que tienen los suelos. Cuando la cal se añade a suelos arcillosos, tiene dos efectos principales: mejoras inmediatas en las cualidades geotécnicas del suelo y su trabajabilidad (minutos a horas) y mejoras a más largo plazo (semanas a meses) que en última instancia resultan en la estabilización a través de la cementación.

- Mejoras por la Modificación Inmediata

Huezo & Orellana (2009), explican que la cantidad de cal a utilizar varía dependiendo de las necesidades específicas y las características del suelo que se está estabilizando. Por lo general, los porcentajes de cal empleados en la estabilización suelen oscilar entre el 2% y el 8% en peso. Para que la cal tenga una reacción efectiva, es fundamental que el suelo presente plasticidad ($IP > 10$), lo que permite la acción puzolánica para una adecuada aglomeración de las partículas

del suelo. A diferencia del suelo cemento, que se fortalece rápidamente debido a la hidratación del cemento, el suelo tratado con cal experimenta una lenta interacción química entre los iones de calcio y los minerales arcillosos. El suelo estabilizado con cal tiene la ventaja de tener un periodo de curado más tardío que el suelo-cemento, que debe producirse de inmediato.

Es crucial recordar que todos los insumos para la estabilización con cal deben satisfacer las especificaciones mínimas establecidas en el Manual de Carreteras, particularmente en EC 020 y EG 2013 sección 301.B, que tratan de suelos y pavimentos.

Tabla 6

Requerimientos de suelos para estabilizar con cal.

<i>% Pasa el tamiz de 3" (75 um)</i>	<i>100%</i>
% pasa el tamiz N°200 (75 um)	Mínimo 30%
Índice de plasticidad	Mínimo 10%
Materia orgánica	Máximo 3% en peso
Contenido de sulfatos	Máximo 0.2%

FUENTE: Obtenido de “Reglamento Nacional de Edificaciones – CE. 020” (p. 110), 2018.

Esta tabla sugiere que todas las arcillas que satisfacen los requisitos del suelo para la estabilización con cal son apropiadas para este uso, según lo establecido por Lime (2004). Los certificados de ensayo de cada muestra recogida en el pozo de ensayo también proporcionan la verificación de los porcentajes de retención en malla # 3, malla # 200, y el Índice de Plasticidad (IP). Los anexos contienen los resultados de las pruebas de contenido de sulfatos, que atestiguan que los componentes de la fosa de prueba están libres de sulfatos.

"Reducción del índice de plasticidad por disminución del límite líquido y aumento del límite plástico" es como resume la National Lime Association las mejoras conseguidas tras la estabilización o mejora con cal son:

- La aglomeración de las partículas del suelo provoca un descenso significativo del aglutinante natural del suelo.
- Reducir la cantidad de agua existente en suelos para crear un material más controlable y fiable (grumos fáciles de deshacer).
- La cal facilita el secado de suelos húmedos, acelerando su compactación.
- Una notable disminución de la capacidad de contracción y expansión.

- Un aumento notable de la resistencia a la compresión de la mezcla tras la fase de curado, que a menudo supera el 40% de aumento.
- Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
- Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
- Construir barreras de impermeabilidad para impedir que las aguas subterráneas suban por capilaridad o por la lluvia.

d. Influencia de la Cal en las características de los Suelos

Según lo investigado por Montejo (2002), señala que cuando se aplica cal a los suelos, la densidad suele disminuir, junto con cambios en la flexibilidad, la capacidad portante y la resistencia al cizallamiento, al tiempo que se reduce la propensión al hinchamiento. Tres procesos fundamentales suelen ser responsables de esta acción de la cal.

e. Influencia de la Cal sobre las constantes físicas del Suelo

- Límite Líquido – Límite Plástico – Índice Plástico

En cuanto a este punto Montejo (2002), destaca que la cal repercute mucho en la modificación de la flexibilidad del suelo. La cal tiende a aumentar el límite líquido en suelos con índices plásticos menores a 15, lo que hace que el índice plástico aumente ligeramente. Sin embargo, la cal tiende a minorar el límite líquido y a aumentar el límite plástico en suelos con índices plásticos más altos ($PI > 15$), lo que provoca una reducción notable del índice plástico.

- Límite de Contracción

Según Montejo (2002), al incorporar cal provoca la aglutinación de las partículas de arcilla del suelo, el cual modifica su composición fundamental. Esto repercute en el límite de contracción del suelo estabilizado, lo que a su vez provoca un descenso perceptible del coeficiente de contracción y de la contracción lineal.

f. Influencia sobre la textura elemental

Montejo (2002) señala que, mediante la floculación de los granos de arcilla con la incorporación de cal se consigue alterar la composición fundamental del suelo. El examen mecánico por sedimentación demuestra claramente este cambio, con una disminución del porcentaje de arcilla y un aumento de la cantidad de granos de limo y arena fina, estas últimas con cantidades más bajas.

g. Influencia sobre la densidad seca

Montejo (2002) indica que, en condiciones idénticas de compactación, al compactar una combinación de suelos con cal se obtiene generalmente una densidad seca inferior a la del suelo no tratado. Esta disminución puede alcanzar un máximo del 5%.

h. Influencia sobre la resistencia de los suelos

La investigación de Montejo (2002) señala que, si se añade cal al suelo, no sólo lo hace más resistente, sino que también disminuye su densidad de compactación. La granulación de las partículas de arcilla y las alteraciones de las películas que las rodean son responsables de este aumento instantáneo de la resistencia. Además, la resistencia de las muestras aumenta aún más una vez transcurrido un tiempo determinado de curado. En la mayoría de las situaciones, la prueba del valor portante de California en suelos tratados con cal demuestra un notable acrecentamiento de la estabilidad en comparación con los suelos no tratados.

i. Determinación del porcentaje óptimo de Cal

De igual forma, Montejo (2002) sostiene que la cantidad ideal de cal para consolidar un suelo es la que modifica sus propiedades al mínimo exigido para cumplir con los requerimientos del proyecto, desde una perspectiva técnica y económica. Este objetivo suele constar de dos partes: disminuir el hinchamiento y aumentar la resistencia al cizallamiento y a las cargas normales. Para evaluar lo primero pueden utilizarse pruebas como la compresión confinada, la prueba triaxial, el valor de soporte de California, el estabilómetro y el cohesiómetro de Hveem. La cantidad óptima de cal será la que proporcione las cualidades deseadas con el menor porcentaje añadido al suelo. Los resultados deben compararse entre el suelo sin modificar y el suelo incorporado con diferentes porcentajes de cal. Se aconseja añadir entre un 0,5% y un 1% adicional una vez establecido este porcentaje para tener en cuenta los desechos que se producen durante la construcción.

j. Ventajas del Suelo – Cal

Hernán y Bill (2021), apuntan que este material, una vez estabilizado con cal, exhibe una serie de ventajas significativas. Además de ser más impermeable, lo que ayuda a proteger la estructura subyacente de la infiltración de agua, presenta una mayor durabilidad, lo cual amplía la vida útil de la infraestructura vial. Su resistencia a la erosión lo hace ideal para áreas

propensas a este tipo de daño. Además, al no experimentar cambios significativos de volumen con variaciones en la humedad, se evitan problemas como la contracción y expansión del suelo, lo que puede causar daños a la superficie de la carretera.

Hernán y Bill (2021), expresan que este suelo estabilizado también muestra una mayor capacidad de soporte, lo que lo hace más adecuado para soportar cargas pesadas y tráfico intenso. Su facilidad para ser trabajado facilita los procesos de construcción y mantenimiento, lo que puede reducir los costos asociados con estas actividades. Además, al contribuir a reducir la humedad natural del suelo, se mejora la estabilidad general de la carretera y se minimizan los riesgos de deterioro prematuro.

Además, Hernán y Bill (2021), revelan que otra ventaja importante es su capacidad para mejorar las transferencias de cargas en las juntas entre las diferentes secciones de la carretera, lo que ayuda a prevenir el desgaste desigual y amplía la vida útil de la superficie. Además, puesto que alcanza mayor resistencia y durabilidad, utilizando este material estabilizado con cal, se puede reducir la anchura de la capa de rodadura necesaria para soportar igual cantidad de tráfico, lo que puede traducirse en ahorros adicionales tanto en costos de construcción como de mantenimiento a largo plazo.

k. Desventajas del Suelo – Cal

Hernán y Bill (2021) sugieren que las desventajas de la cal son las siguientes:

- Requiere un proceso prolongado de mezclado y curado: El procedimiento para estabilizar el suelo con cal demanda un tiempo considerable destinado al adecuado mezclado y al posterior curado del material, lo cual puede alargar la duración global del proyecto.
- Impacto ambiental: El empleo de cantidades considerables de cal puede conllevar un impacto ambiental desfavorable, especialmente si no se maneja de manera apropiada. La producción y el traslado de la cal pueden originar emisiones de carbono y otros contaminantes.
- Restricciones climáticas: Determinadas condiciones climáticas, como la lluvia o la humedad excesiva, podrían afectar adversamente la eficacia del proceso de estabilización del suelo con cal. Esto podría ocasionar retrasos en el avance del proyecto y un incremento en los costos.
- Problemas de durabilidad: En ciertos casos, el suelo tratado con cal podría presentar problemas de durabilidad a largo plazo, sobre todo si la forma de mezclado y curado no se

realizan correctamente. Esto podría traducirse en la necesidad de futuras reparaciones o mantenimiento adicionales.

I. Estabilización de subrasante con cal

- Escarificación y pulverización inicial

Según Lime (2004), se aconseja escarificar la subrasante hasta el tamaño requerido antes de pulverizarla parcialmente. Deben retirarse los troncos, raíces, césped y piedras que midan más de cinco centímetros y no estén relacionados con el suelo. Cuando se aplica cal, una subrasante escarificada o triturada aumenta la superficie de contacto con el suelo.

- Aplicación de la cal viva

Según Lime (2004), hay 02 maneras de utilizar la cal viva seca. En la primera, la cal viva puede esparcirse mecánica o neumáticamente por toda la anchura del vehículo mediante camiones o remolques autodescargables. Con frecuencia se emplean camiones con aplicadores integrados, ya que es más sencillo gestionar el flujo de gránulos de cal viva sin triturar que el de cal hidratada.

- Mezcla preliminar y aplicación de agua

Según Lime (2004), antes de añadir agua para iniciar la reacción química necesaria para la estabilización, la cal debe mezclarse primero a fondo en el suelo para esparcirla y pulverizarla parcialmente. La escarificación es el primer paso en esta primera mezcla, y puede realizarse sin el uso de mezcladoras contemporáneas. Se debe suministrar agua al suelo durante o inmediatamente después de esta operación.

2.2.9 VINAZA

Bustamante Salazar (2021) señala que la vinaza, además de ser el subproducto líquido resultante de la filtración del jugo de caña de azúcar, desempeña un rol primordial para mejorar las propiedades del suelo. Con su composición rica en calcio, nitrógeno y fósforo, este residuo se convierte en un valioso agente en la agricultura, promoviendo la fertilidad del suelo y contribuyendo al crecimiento de cultivos saludables. Su acción como aglutinante natural también ofrece beneficios adicionales al facilitar el retenido de humedad y mejorar la composición del suelo, lo que puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

a. Tipos de Vinaza

- Vinaza de caña de azúcar.

Larreátegui (2017), expresa que el residuo líquido que queda tras la destilación de la caña de azúcar para producir etanol se conoce como vinaza de caña de azúcar. Este subproducto no solo contiene una variedad de nutrientes y compuestos orgánicos e inorgánicos, sino que también presenta una elevada proporción de agua. Además de su uso potencial como fertilizante orgánico, la vinaza de caña de azúcar ha despertado interés en la agricultura por su capacidad para optimizar su composición y fertilidad del suelo. Al ser rica en nutrientes esenciales como potasio, nitrógeno y fósforo, puede promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como fomentar la actividad microbiana en el suelo.

- Vinaza de remolacha.

Larreátegui (2017), evidencia que la vinaza de remolacha se origina como un subproducto líquido en el proceso de destilación de la remolacha azucarera para la producción de etanol. Similar a la vinaza de caña de azúcar, esta sustancia presenta una combinación de nutrientes, compuestos orgánicos e inorgánicos, junto con una elevada proporción de agua.

- Vinaza de maíz

Larreátegui (2017), señala que la vinaza de maíz es un residuo líquido resultante del proceso de destilación del maíz para la obtención de etanol. Al igual que otras vinazas derivadas de vegetales, esta sustancia contiene una combinación de nutrientes, compuestos orgánicos e inorgánicos, junto con una proporción significativa de agua.

b. Aplicación de la vinaza en suelos

Larreátegui (2017), indica que la utilización de la vinaza en suelos implica emplear este subproducto líquido, obtenido durante la producción de etanol, como un recurso para mejorar la productividad y las propiedades (físicas y químicas) del suelo agrícola. Además de su contenido de potasio, nitrógeno y fósforo, la vinaza también contiene compuestos orgánicos que pueden ser beneficiosos tanto para el suelo como para las plantas.

Integrar la vinaza en los suelos puede contribuir a incrementar el material orgánico, mejorar la contención de agua y nutrientes, estimular la actividad microbiana y adecuar un entorno idóneo para el desarrollo de los cultivos. No obstante, es crucial llevar a cabo una aplicación controlada y adecuada para prevenir posibles efectos adversos en el suelo y el entorno natural.

c. Influencia de la vinaza en el suelo

Según Larreátegui (2017), la vinaza puede ejercer diversas influencias en las propiedades del suelo, las cuales abarcan:

- Aporte de nutrientes: La vinaza se caracteriza por su contenido nutricional, especialmente en potasio, nitrógeno, fósforo y otros micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal. Al aplicarse al suelo, estos nutrientes pueden enriquecer su fertilidad y favorecer el crecimiento de cultivos vigorosos.
- Incremento de la materia orgánica: La vinaza ayuda a aumentar el volumen de material orgánico del suelo gracias a su composición orgánica. Este aumento tiene el potencial de reforzar la estructura del suelo, elevar su capacidad de retener agua y nutrientes y favorecer la actividad microbiana, que es buena para la ecología del suelo.
- Regulación del PH del suelo: Dependiendo de sus componentes químicos, la vinaza puede influir en el pH del suelo. Algunas variantes de vinaza pueden actuar como agentes alcalinizantes, lo cual puede resultar beneficioso en suelos con acidez elevada.
- Mejora de la estructura del suelo: La aplicación de vinaza puede contribuir a mejorar la estructura del suelo, especialmente en suelos compactados o erosionados. Esto puede favorecer una mayor porosidad del suelo, facilitando la circulación de aire y agua en su interior, aspecto clave para el desarrollo saludable de las plantas.

Es crucial tener en cuenta que el impacto de la vinaza en las cualidades del suelo puede cambiar de acuerdo con una serie de variables, como su concentración y su composición única, así como las condiciones ambientales y características del suelo donde se aplica. Por tanto, es crucial realizar evaluaciones y seguimientos periódicos para determinar los impactos de la aplicación de vinaza en la salud y productividad del suelo agrícola.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1 AGENTE ESTABILIZADOR

Es la sustancia que se mezcla en el suelo para mejorar sus cualidades mecánicas y físicas (MVCS, 2010)

2.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Son todos los atributos índices del suelo, que permiten clasificarlos (Herrera, 2014).



2.3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Estas características permiten determinar la resistencia de un suelo a las cargas o cómo se comporta ante las sollicitaciones de carga. (Herrera, 2014)

2.3.4 ARCILLAS

Fragmentos con tamaño de grano inferior a 0,002 mm que proceden al modificarse las rocas y minerales de manera física y química (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.3.5 CALICATA

En un campo, es una excavación poco profunda para ver las capas del suelo a distintas distancias y recoger muestras que suelen estar alteradas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.3.6 CARRETERA

Via destinada al tránsito de vehículos con motor (dos ejes o más), con parámetros geométricos establecidos de conformidad con las normas técnicas más recientes. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

2.3.7 COMPACTACIÓN

Proceso, que puede ser automatizado o realizado a mano, que reduce la cantidad total de huecos en mezclas bituminosas, hormigones frescos de cemento Portland, morteros y suelos. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

2.3.8 CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Volumen de agua al que, bajo tensión convencional o modificada, la compactación de un suelo da lugar a su densidad seca máxima. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

2.3.9 CONTENIDO DE HUMEDAD

Cantidad de agua medida en determinadas circunstancias y expresada en porcentaje. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)



2.3.10 DOSIFICACIÓN

Se refiere a la combinación de diversos materiales, que en ocasiones incluyen aglomerantes industriales, con el fin de lograr una mezcla con las propiedades necesarias para su aplicación en el suelo. (Rivera, 2013)

2.3.11 PERMEABILIDAD

La capacidad de una sustancia para permitir el paso de un fluido sin modificar su estructura interna se conoce como permeabilidad. Un material se considera permeable cuando permite el paso de una cantidad definida de fluido en un tiempo determinado, mientras que se considera impermeable si permite pasar muy poco fluido (Loyola, Rivas y Gacitúa, 2015)

2.4 MARCO NORMATIVO

2.4.1 MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

La aprobación en 2016 del RD-N°18-2016-2016-MTC/14 estableció los ensayos necesarios, incluidos análisis de laboratorio, para evaluar los atributos mecánicos, químicos y físicos.

2.4.2 N.T.E. CE. 020 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES – MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

La N.T.E. CE. 020, emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se centra en proporcionar directrices y procedimientos específicos para la estabilización de suelos y taludes. Su propósito principal es establecer criterios uniformes para mejorar la firmeza y seguridad de los suelos y taludes en diversos proyectos de infraestructura, como carreteras, edificaciones y obras civiles en general.

Esta normativa probablemente abarca recomendaciones detalladas sobre técnicas de estabilización del suelo, tales como el uso de aditivos químicos, técnicas de compactación mejorada, técnicas de refuerzo del suelo, o el uso de sistemas de contención y protección de taludes. Además, es probable que incluya pautas para elegir los materiales adecuados, métodos de construcción apropiados, evaluación de riesgos geotécnicos y medidas de mitigación.



El cumplimiento de la N.T.E. CE. 020 garantiza la consistencia en los procesos de estabilización de suelos y taludes, lo que a su vez promueve la calidad y seguridad en las obras de construcción y desarrollo urbano.

2.4.3 MANUAL DE CARRETERAS – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

En 2013 se aprobó la RD-N°22-2013-MTC/14, la cual tiene como objetivo estandarizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos relacionados con obras de infraestructura vial. Esto se hace con la intención de uniformizar los procesos para lograr altos estándares de calidad en las obras.

2.4.4 MANUAL DE SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS – MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

El propósito del RD-N°05-2013-MTC/14, autorizado en 2013, era mejorar el diseño de las capas superiores de las carreteras dando normas universales sobre suelos y firmes. El objetivo de hacer esto es mejorar la eficiencia técnico-económica y el rendimiento.



CAPÍTULO III:

Metodología

3 CAPIULO III: METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo porque se estudió a sus variables e indicadores de forma objetiva, registrando sus valores mediante el uso de herramientas para la recopilación de datos.

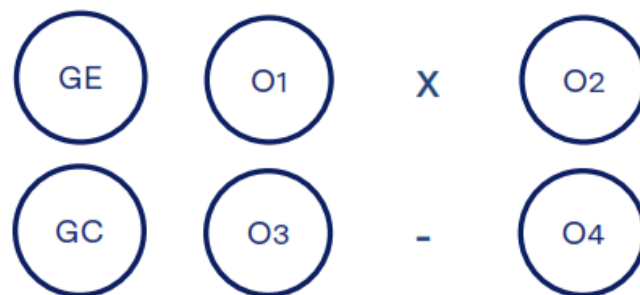
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Es explicativo, ya que su objetivo es dar a conocer el efecto positivo que puede tener la adición de cal y sustitución de vinaza en la subrasante de la vía que conecta a Vinchamarca Grande y Virahuanca, distrito de Moro.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se consideró un diseño experimental cuyo corte fue cuasiexperimental.

Diseño cuasi experimental



Donde:

GE: grupo experimental

GC: grupo control

X: estímulo

-: ausencia de estímulo

O1 y O3: observaciones de la variable dependiente pre estímulo

O2 y O4: observaciones de la variable dependiente post estímulo

3.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada, debido a que busca proporcionar una solución concreta a un problema social existente (Sampieri 2019), para ello, se examinó el comportamiento físico mecánico de la subrasante en la vía de conexión entre Vinchamarca Grande – Virahuanca del

distrito de Moro, añadiendo cal viva y sustituyendo vinaza con ciertos porcentajes de agua, para lograr una mejora del suelo.

3.5 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.5.1 POBLACIÓN

La subrasante de la carretera Vinchamarca Grande - Virahuanca, presenta dimensiones que abarcan los 2700 metros de largo y una longitud de 5 metros de ancho, ha sido considerada como la población en la zona de Moro de la provincia de Santa, departamento de Ancash.

3.5.2 MUESTRA

En esta investigación, la muestra representa a la población (Sampieri 2018), se trabajó con población muestral.

Figura 5:

Ubicación de la carretera en estudio.



FUENTE: Google Earth Pro.

Con respecto al clima, Virahuanca es una ciudad que experimenta condiciones climáticas diversas a lo largo del día.

Durante el día el sol brilla con fuerza en Virahuanca, con temperaturas alcanzando los 27°C.

Sin embargo, hay que tener precaución, ya que el índice UV alcanza su punto máximo,

marcando un nivel 10, considerado poco saludable. Se recomienda a los residentes y visitantes protegerse adecuadamente del sol con protector solar y ropa protectora. Además, las ráfagas de viento soplan a una velocidad de 39 km/h, brindando un alivio refrescante pero también provocando un movimiento considerable en el entorno. La nubosidad es del 62%, lo que significa que el sol podría intercalarse con nubes a lo largo del día. Aunque la probabilidad de precipitación es baja, solo del 3%, siempre es prudente llevar un paraguas o impermeable por si acaso.

Durante la noche, con el transcurso de las horas el sol desciende en el horizonte, dando lugar a unas temperaturas agradables de 20°C en Virahuanca. Las ráfagas de viento persisten, aunque disminuyen en intensidad a 32 km/h, brindando una brisa fresca pero suave por la noche. La nubosidad aumenta significativamente, alcanzando un 85%, lo que podría resultar en un cielo mayormente nublado. Aunque la probabilidad de lluvia es mínima, solo del 1%, el cielo nublado podría crear un ambiente más fresco y húmedo durante la noche.

3.5.3 UBICACIÓN

Región: Ancash

Provincia: Santa

Distrito: Moro

3.5.4 MUESTREO

El muestreo corresponde a no probabilístico por conveniencia, mediante la excavación de 8 calicatas de un metro y medio de profundidad desde la subrasante, para su estudio.

3.5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

La subrasante que se encuentra entre la Vía Vinchamarca Grande – Virahuanca y cada una de sus combinaciones al añadir Cal Viva al suelo y sustituir Vinaza por agua.

3.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Comportamiento físico-mecánico de la subrasante.



3.6.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Sustitución de vinaza.

Adición de cal viva.



“COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE - VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022”.

3.6.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 7
Matriz de Consistencia

PROBLEMA		MATRIZ DE CONSISTENCIA		HIPOTESIS		VARIABLE	
PROBLEMA GENERAL	PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS	La sustitución de la Vinaza por agua en porcentajes de 25, 50 y 75% y la adición de la Cal Viva al terreno en porcentajes de 4, 6 y 8% mejora el comportamiento físico-mecánico de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande - Virahuana, del distrito de Moro.	VARIABLE DEPENDIENTE	Comportamiento físico - mecánico de la subrasante	VARIABLE INDEPENDIENTE
	¿Cuál es el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro - 2022?		Determinar el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar cal viva, Moro - 2022				
	PROBLEMA ESPECIFICO 1 ¿Cuáles son las propiedades físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) y mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande - Virahuana, del distrito de Moro?		Determinar las propiedades físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) y mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande - Virahuana, del distrito de Moro.				
	PROBLEMA ESPECIFICO 2 ¿Cuáles son las características físicas y químicas de la Vinaza (Viscosidad y espectroscopia) y de la Cal Viva (Granulometría y espectroscopia)?		Determinar las características físicas y químicas de la Vinaza (Viscosidad y espectroscopia) y de la Cal Viva (Granulometría y espectroscopia).				
	PROBLEMA ESPECIFICO 3 ¿Cuáles son las características mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) y físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande - Virahuana, del distrito de Moro, con la sustitución de la Vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75% y la adición de Oxido de Calcio (Cal viva) en porcentajes de 4%, 6% y 8%?		Identificar las características mecánicas (Proctor modificado, CBR, expansión, límites de consistencia) y físicas (clasificación de suelos, contenido de humedad) de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande - Virahuana, del distrito de Moro, con la sustitución de la Vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75% y la adición de Oxido de Calcio (Cal viva) en porcentajes de 4%, 6% y 8%.				
	PROBLEMA ESPECIFICO 4 ¿Cuál es la dosificación óptima de las combinaciones 25%, 50% y 75% de sustitución de vinaza y 4%, 6% y 8% de adición de óxido de calcio (cal viva), que mejorará las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana?		Determinar la dosificación óptima de las combinaciones 25%, 50% y 75% de sustitución de la vinaza y 4%, 6% y 8% de adición de óxido de calcio que mejorará las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana.				Cal viva
	PROBLEMA ESPECIFICO 5 ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones económicas en el uso de la vinaza y óxido de calcio, al incorporarse en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, frente a una estabilización convencional?		Comparar las ventajas y limitaciones económicas en el uso de vinaza y óxido de calcio (cal viva) al incorporarse en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, frente a una estabilización convencional.				
	PROBLEMA ESPECIFICO 6 ¿Cuál es el comportamiento de un tramo de prueba de 15 m2, al utilizar la combinación óptima de vinaza - cal viva en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana?		Evaluar el comportamiento de un tramo de prueba de 15 m2, al utilizar la combinación óptima de vinaza - cal viva en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande - Virahuana.				



3.6.4 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8

Matriz de Operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL DE LA VARIABLE	DIMENSION DE LA VARIABLE	INDICADORES	HERRAMIENTAS	METODOS
VARIABLES INDEPENDIENTES	Sustitución de vinaza	Loaiza (2017) opina que la vinaza es el residuo que resulta de la producción de etanol, por la destilación de melaza fermentada o fermentación de caña de azúcar. (p.5)	La vinaza será analizada mediante el método cuantitativo: permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Se determinará las características físicas y químicas. La sustitución de la vinaza por el agua en la subrasante que se estudia, se hará en proporciones estimadas en volumen, para ser analizados en conjunto	Características físicas de la vinaza.	Viscosidad Cinemática de líquidos transparentes y opacos. (Norma ASTM D 445)	Viscosímetro Saybolt Baños de agua Cronómetro pipeta Termómetros Calentador eléctrico
	Adición de cal viva	Huancoillo (2017) comenta que la cal es el producto de la calcinación de rocas calizas a temperaturas entre 880 y 900°C, constituido principalmente por óxido de calcio (CaO) y otros componentes. La adición de cal en los materiales arcillosos para terracería, revestimientos, sub-base y bases, por sus diferentes reacciones, en mayor y menor grado, produce aumento en su límite líquido y mayor incremento en su límite plástico para generar así una disminución en su índice plástico;	La cal viva será analizada mediante el método cuantitativo: permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Se determinarán sus características físicas y químicas. La adición de la misma al suelo de subrasante en estudio, se hará en proporciones estimadas en peso, para ser analizados en conjunto.	Composición química de la vinaza Características físicas de la cal viva Componentes químicos de la cal viva Proporción de 4%, 6% y 8% de cal viva del peso total de	Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE) (ASTM E 1479) Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E107) Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE) (ASTM E 1479) Peso en kilogramo (kg)	Espectrómetro de fluorescencia de rayos x. Juego de tamices. Espectrómetro de fluorescencia de rayos x. Balanza eléctrica



“COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DE LA SUBRASANTE, ENTRE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE - VIRAHUANCA, AL SUSTITUIR VINAZA Y ADICIONAR CAL VIVA, MORO - 2022”.

VARIABLE DEPENDIENTE

	aumentando la estabilidad volumétrica de los materiales cohesivos y el CBR. (p.53)		la muestra a estabilizar.		Tamiz #200
Comportamiento físico-mecánico de la subrasante	Loaiza (2017) opina que el comportamiento físico-mecánico, son respuestas del material que se dan generalmente a partir de la aplicación de fuerzas exteriores que tienden a alterar su equilibrio, de tal manera poder determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.	Las propiedades físicas y mecánicas serán analizadas mediante cuantitativo: nos permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Primero, se clasificará el tipo de suelo y se identificará las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante antes de la sustitución de vinaza y adición de cal viva, para demostrar que son inadecuadas con fines de pavimentación. Luego, se hará el experimento a través de la adición de cal viva y sustitución de vinaza en las muestras de suelo según las proporciones indicadas. A continuación, se identificarán las propiedades mecánicas de la subrasante después de la adición de cal viva y sustitución de vinaza para demostrar que el experimento dio resultado. Así mismo se realizará una comparación económica de esta estabilización frente a una convencional. Por último, se determinarán las ventajas y limitaciones en el uso de la vinaza y cal viva en subrasantes.	Propiedades físicas	Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E107)	Juego de tamices. Material bibliográfico
				Clasificación de suelos	SUCS AASHTO
				Propiedades mecánicas	Balanza electrónica, Estufa Copa casa grande, Estufa.
				Límites de consistencia	Límite líquido (MTC E110) Límite plástico (MTC E111) Índice de plasticidad (MTC E111)
				Ensayo de Proctor Modificado	Equipo Proctor
				Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	Equipo CBR
				Ensayo de expansión	Equipo para ensayo de expansión

Continuación.



3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1 DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO.

– **Técnicas**

Ensayos de laboratorio.

– **Instrumentos**

MTC E 105 – Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).

MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

MTC E 108 – Determinación del contenido de humedad de un suelo.

MTC E 110 – Determinación del límite líquido de los suelos.

MTC E 111 – Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

MTC E 115 – Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado).

MTC E 132 – CBR de suelos (Laboratorio).

Según lo dispuesto en las Normativas del manejo de la Infraestructura Vial Nacional, aprobadas de acuerdo al Decreto Supremo N°034-2008-MTC, estos instrumentos son un componente esencial del conjunto de herramientas especificadas en el "Manual de Ensayos de Materiales". Este manual es una de las publicaciones técnicas normativas aplicables a nivel nacional y que deben cumplir los organismos gubernamentales nacionales, regionales y locales encargados acerca de la gestión sobre la infraestructura vial que se maneja en el país.

3.7.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA).

- Técnicas

Ensayos de laboratorio.

- Instrumentos

ASTM D 445 – Determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos. Este instrumento, es una norma técnica desarrollada por ASTM International, y aprobado por medio del documento ASTM D 445.

ASTM E 1479 – Determinación de elementos traza en muestras de mineral y material similar por Espectroscopia de fluorescencia de rayos x con dispersión de energía.

Este instrumento, es una norma técnica desarrollada por ASTM International, y aprobado por medio del documento ASTM E 1479.

MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

MTC E 110 – Determinación del límite líquido de los suelos.

MTC E 111 – Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.).

Según las disposiciones de la Normativa sobre el manejo de la Infraestructura Vial Nacional, aprobadas de acuerdo al Decreto Supremo N°034-2008-MTC, estos instrumentos constituyen una parte fundamental de las herramientas especificadas en el "Manual de Ensayos de Materiales". Este manual es una de las publicaciones técnicas normativas aplicables a nivel nacional y que deben cumplir los organismos gubernamentales nacionales, regionales y locales encargados de la gestión de la infraestructura vial del país.



3.7.3 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VIA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES.

- Técnicas

Ensayos de laboratorio

- Instrumentos

MTC E 105 – Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).

MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

MTC E 108 – Determinación del contenido de humedad de un suelo.

MTC E 110 – Determinación del límite líquido de los suelos.

MTC E 111 – Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

MTC E 115 – Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado).

MTC E 132 – CBR de suelos (Laboratorio).

Según lo establecido en la Normativa sobre el manejo de la Infraestructura Vial Nacional, promulgado a través del Decreto Supremo N°034-2008-MTC, estos instrumentos son un componente esencial del conjunto de herramientas especificadas en el "Manual de Ensayos de Materiales". Este manual es una de las publicaciones técnicas normativas aplicables a nivel nacional y que deben cumplir los organismos gubernamentales nacionales, regionales y locales encargados de la gestión de la infraestructura vial del país.



3.7.4 DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

- Técnicas

Método de análisis de datos de laboratorio.

- Instrumentos

Programa Microsoft Excel.

3.7.5 COMPARAR LAS VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL.

- Técnicas

Método de análisis de datos de laboratorio.

- Instrumentos

Programa Microsoft Excel.

3.7.6 EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

- Técnicas

Ensayos de laboratorio.

- Instrumentos

MTC E 115 – Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado).

MTC E 117 – Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo Insitu mediante el método del cono de arena.

MTC E 126 – Contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio.



ASTM D 6951 – Ensayo con penetrómetro Dinámico de Cono para Determinación de CBR Insitu.

Estos instrumentos, son normas técnicas desarrolladas por ASTM International, y por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.8 PROCEDIMIENTOS

3.8.1 DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO.

a. MTC E 105 – Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).

Con el fin de garantizar que la muestra obtenida en el laboratorio es representativa de la totalidad de la muestra recibida, se realizó este ensayo para especificar los procedimientos de obtención de la muestra necesaria.

Equipos y materiales:

- Cuarteador o aparato para la separación de las muestras.
- Cucharón metálico o badilejo.
- Varilla metálica.

Procedimiento:

- La muestra se colocó sobre una superficie firme, plana y sin impurezas, de aproximadamente unos 20 kg.
- Se mezcló bien y se repitió cuatro veces para hacer un montículo en forma de cono.
- El montículo cónico se estiró suavemente y se niveló hasta obtener una base redonda.
- A continuación, el material se dividió en cuatro porciones iguales, dos de las cuales se retiraron en diagonal.
- Finalmente, se mezclaron de manera sucesiva las dos partes restantes, repitiendo este procedimiento hasta que obtuvimos la cantidad de muestra deseada.

Figura 6

Cuartero de la subrasante proveniente de la Vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.



b. MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Este ensayo se realizó con la finalidad de calcular de manera precisa la distribución de las dimensiones de las partículas en el suelo.

Equipos y materiales:

- Juego de tamices de malla cuadrada (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200), fondo y tapa.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 1% del peso de la muestra.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 0.01 gr aprox.
- Recipientes de aluminio.
- 1 brocha.
- Horno eléctrico a temperatura de 110 ± 5 °C.

Procedimiento:

- El procedimiento comenzó con el desmenuzamiento de la muestra de tierra, de la que se tomó una cantidad representativa de unos 4 kg.
- A lo largo de 24 horas, la muestra se secó en un horno a 110 ± 5 °C.
- Después del secado, se pesó la muestra y luego se tamizó primero por el tamiz N° 4, para separar las gravas del material pasante el tamiz.
- Luego el material retenido en el tamiz N°4 se pesó la muestra, para a continuación pasar esa muestra por los tamices (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N°4).
- El material retenido en cada tamiz se pesó una vez finalizado el procedimiento de tamizado.

- Tras pasar el material por el tamiz N°4, se tomó una muestra de unos 800 gramos y, para eliminar el mayor número posible de finos, se pasó la muestra por el tamiz N°200.
- Tras el proceso de lavado de la muestra, el material que quedó en el tamiz N° 200 se secó en un horno durante un día entero a 110 ± 5 °C.
- Después del secado, pasamos la muestra por los tamices (N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200 y fondo).
- Finalmente, se pesó el material que pasó por cada tamiz.

Tabla 9

Análisis granulométrico de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D6913									
Tamiz	Abertura (mm)	Calicata 01		Calicata 02		Calicata 03		Calicata 04	
		% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa
3"	76.200	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	5.50	94.50
1 1/2"	38.100	2.50	97.50	0.00	100.00	2.40	97.60	5.50	94.50
1"	25.400	7.80	92.20	2.30	97.70	13.00	87.00	8.70	91.30
3/4"	19.000	8.90	91.10	4.10	95.90	21.20	78.80	13.10	86.90
3/8"	9.500	14.50	85.50	7.00	93.00	35.30	64.70	24.90	75.10
N°4	4.750	20.00	80.00	14.00	86.00	45.80	54.20	35.40	64.60
N°10	2.000	26.00	74.00	20.40	79.60	56.50	43.50	47.90	52.10
N°20	0.840	31.90	68.10	28.40	71.60	66.20	33.80	58.50	41.50
N°40	0.425	39.40	60.60	37.10	62.90	74.40	25.60	67.30	32.70
N°60	0.250	45.60	54.40	44.60	55.40	80.80	19.20	74.30	25.70
N°100	0.150	52.40	47.60	53.90	46.10	86.20	13.80	82.30	17.70
N°200	0.075	62.70	37.30	64.90	35.10	94.10	5.90	94.10	5.90



Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D6913									
Tamiz	Abertura (mm)	Calicata 05		Calicata 06		Calicata 07		Calicata 08	
		% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa
3"	76.200	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	94.50	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	94.50	7.60	92.40	0.00	100.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	91.30	13.60	86.40	5.10	94.90	3.50	96.50
3/4"	19.000	0.00	86.90	13.60	86.40	6.80	93.20	4.30	95.70
3/8"	9.500	0.30	99.70	15.60	84.40	14.90	85.10	9.50	90.50
Nº4	4.750	0.40	99.60	20.00	80.00	22.20	77.80	14.70	85.30
Nº10	2.000	0.90	99.10	28.20	71.80	27.70	72.30	22.40	77.60
Nº20	0.840	2.30	97.70	38.70	61.30	33.50	66.50	32.80	67.20
Nº40	0.425	7.20	92.80	49.10	50.90	40.70	59.30	46.40	53.60
Nº60	0.250	16.00	84.00	56.00	44.00	47.00	53.00	58.20	41.80
Nº100	0.150	30.20	69.80	67.40	32.60	54.40	45.60	70.50	29.50
Nº200	0.075	47.30	52.70	79.40	20.60	65.40	34.60	82.40	17.60

Continuación.

Cálculos en gabinete:

- Se determinó el porcentaje de la muestra que atraviesa el tamiz de 0.074 mm (Nº200) utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Pasa\ 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (1)$$

- Para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz, se utilizó la fórmula:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (2)$$

- Para obtener el porcentaje más fino, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado \dots\dots (3)$$

Figura 7

Tamizado del material obtenido de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca



Figura 08

Lavado por el tamiz N°200, del material pasante del tamiz N°04



c. MTC E 108 - Determinación del contenido de humedad de un suelo.

Este ensayo se realizó con la finalidad de determinar el contenido de humedad presente en una muestra de suelo, expresada en relación a su peso en estado seco.

Equipos y materiales:

- Horno de secado, con temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza eléctrica de 0.01 gr, para muestras de menos de 200 gr.
- Balanza eléctrica de 0.1 gr, para muestras de más de 200 gr.
- Recipientes apropiados, hechos de material duradero a la corrosión.
- Guantes, tenazas, espátula, cuchara, etc.

Procedimiento:

- Primero, se llevó a cabo la determinación del peso inicial de los recipientes empleados.
- A continuación, se añadieron muestras representativas de suelo (unos 150 g) a los recipientes y se calculó el peso del recipiente y del material húmedo con una balanza.
- Después los recipientes con el material húmedo se introducen en el horno y se dejaron secar a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante un período de 24 horas.
- Luego de haber transcurrido el tiempo de secado, se retiraron los recipientes del horno con la ayuda de guantes y se pesan nuevamente en la balanza.

Tabla 10

Contenido de humedad de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.

N° de Calicata	Contenido de Humedad		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Calicata 1	9.09%	8.85%	9.31%
Calicata 2	9.63%	11.24%	9.65%
Calicata 3	2.03%	1.99%	2.11%
Calicata 4	2.02%	2.71%	2.17%
Calicata 5	4.44%	4.50%	4.59%
Calicata 6	3.70%	3.77%	4.23%
Calicata 7	9.67%	9.32%	9.70%
Calicata 8	4.07%	4.21%	4.27%

Cálculos en gabinete:

Se determinó el contenido de humedad por medio de la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots (4)$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100 \dots\dots (4)$$

Donde:

W = Contenido de humedad en %.

M_{CWS} = Peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos.

M_{CS} = Peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.

M_C = Peso del contenedor, en gramos.

M_W = Peso del agua, en gramos.

M_s = Peso de las partículas sólidas, en gramos.

Figura 9

Pesado y secado de la muestra para hallar su contenido de humedad



d. MTC E 110 - Determinación del límite líquido de los suelos.

El objetivo de esta investigación era determinar el límite líquido de los suelos.

Equipos y materiales:

- Recipientes de porcelana.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno con capacidad para mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Espátula.

Procedimiento:

- Primero, la muestra fue sometida a un proceso de secado en horno con temperatura 110 ± 5 °C durante un día.
- Luego, la muestra fue retirada y pasada a través del tamiz N°40.
- En una vasija, se añadió una porción de la muestra y se mezcló con agua destilada en una proporción de 15 a 20 ml para formar una pasta.

- La pasta resultante se ubicó en la copa Casagrande y se niveló su superficie con una espátula hasta alcanzar una altura de 10mm.
- Para crear una ranura clara y bien definida, la muestra se cortó en dos trozos iguales con una herramienta de acanalado.
- A continuación, se ajustó la manivela hasta que la ranura se cerró a una longitud de 13 mm, instante en el que se registró la cantidad de golpes necesarios para el proceso.
- Finalmente, se tomó una porción de la muestra con una espátula y se puso en un recipiente para determinar el nivel de humedad que contiene.

Tabla 11

Límite Líquido de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.

N° de Calicata	Límite Líquido (L.L.)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Calicata 1	19.50%	20.20%	21.10%
Calicata 2	NP	NP	NP
Calicata 3	19.30%	19.80%	20.40%
Calicata 4	NP	NP	NP
Calicata 5	25.30%	25.60%	26.50%
Calicata 6	17.40%	17.80%	18.10%
Calicata 7	19.90%	20.10%	20.40%
Calicata 8	NP	NP	NP

Cálculos en gabinete:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n \dots\dots (5)$$

Donde:

N = Número de golpes necesarios para sellar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo.

Figura 10

Proceso del ensayo para hallar el límite líquido del suelo.



e. MTC E 111 Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

El propósito de este ensayo fue llevar a cabo la determinación del límite plástico de un suelo en el laboratorio y calcular el índice de plasticidad (I.P.) utilizando el límite líquido (L.L.) conocido del mismo suelo.

Equipos y materiales:

- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Vidrio grueso esmerilado.
- Recipiente de porcelana.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Espátula.

Procedimiento:

- Se eligió una muestra de unos 200 gramos y se secó durante veinticuatro horas a 110 ± 5 °C en un horno.
- A continuación, se sacó la muestra del horno y se pasó por un tamiz del N° 40.



- A continuación, la muestra se combinó con agua destilada para crear una masa esférica.
- Utilizando las manos sobre una superficie lisa, se procedió a moldear la muestra en cilindros con un diámetro de aproximadamente 3 mm.
- Una vez que la muestra presentó grietas, se trasladó a un recipiente de porcelana hasta obtener alrededor de 3 gramos de muestra.
- Luego, se estableció el nivel de humedad contenido en la muestra.
- El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo.

Tabla 12

Límite plástico de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca

N° de Calicata	Límite lástico (L.P.)	
	Muestra 1	Muestra 2
Calicata 1	NP	NP
Calicata 2	NP	NP
Calicata 3	NP	NP
Calicata 4	NP	NP
Calicata 5	18.10%	17.10%
Calicata 6	NP	NP
Calicata 7	NP	NP
Calicata 8	NP	NP

Cálculos en gabinete:

Los datos de humedad promediados de los dos análisis se emplean para definir el límite plástico. Se calculó del siguiente modo y se indica en términos de porcentaje el contenido de humedad, estimado al número entero más próximo:

$$Limite\ plástico = \frac{Peso\ de\ agua}{Peso\ de\ suelo\ secado\ al\ horno} \times 100 \dots\dots (6)$$

El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo. Y se realizó el siguiente cálculo:

$$I.P. = L.L. - L.P. \dots\dots (7)$$

Figura 11

Proceso del ensayo para hallar el Límite Plástico del suelo.



f. MTC E 115 - Compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada (Proctor Modificado).

Definir el procedimiento de prueba para compactar el suelo en el laboratorio mediante el uso de una energía modificada de 2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³).

Equipos y materiales:

- Equipo de Proctor de 6" (molde cilíndrico, placa base y anillo de extensión).
- Un pisón manual.
- Tamices de ¾", 3/8" y N°4.
- Una regla metálica.
- Balanza eléctrica de 0.1g, para muestras de más de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Cucharas, bandejas, espátulas.

Procedimiento:

- Primero se tamizó la muestra por los tamices ¾", 3/8", N°4 y fondo, para poder proporcionar adecuadamente la muestra, compensando lo que quedó retenido en el tamiz ¾" hacia los otros tamices, preparando porciones de muestra de 5 kg.

- Después de medir la altura, el diámetro y el peso del molde de 6" para la prueba, el molde se ensambló correctamente con la placa base y el collarín de extensión.
- A continuación, se agregó agua a la muestra hasta humedecerla de manera uniforme.
- Se creó una capa inicial de la muestra que se compactó mediante el uso de un pisón, golpeándolo 56 veces. Este procedimiento se repitió para un total de 5 capas.
- Después se retiró el collar de extensión cuidadosamente y se procedió a enrazar el suelo excedente, mediante el uso de una regla metálica.
- Tras pesar la muestra compactada, se extrajeron dos muestras representativas del suelo de la parte superior e inferior del molde y se determinó su contenido de humedad introduciéndolas en el horno.
- Este proceso se repitió agregando agua en intervalos aproximados del 2% para establecer la curva de compactación (se preparó 5 especímenes para cada calicata).

Tabla 13

Proctor modificado para CBR de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.

Nº de Calicata	Total de Muestra (gr)	Proctor Modificado	
		M.D.S. (gr/cm3)	O.C.H. (%)
Calicata 1	5000	2.206	7.40
Calicata 2	5000	1.915	11.40
Calicata 3	5000	2.333	6.30
Calicata 4	5000	2.275	6.00
Calicata 5	5000	1.849	12.60
Calicata 6	5000	2.130	8.70
Calicata 7	5000	2.078	9.40
Calicata 8	5000	2.132	7.60

Cálculos en gabinete:

- Los cálculos para determinar el peso unitario seco se llevaron a cabo utilizando las siguientes expresiones matemáticas:

$$\rho_m = 1000x \frac{(M_t - M_{md})}{v} \dots\dots (8)$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda del espécimen compactado (MG/m3)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg).



M_{md} = Masa del molde de compactación (kg).

V = Volumen del molde de compactación (m³).

$$\rho_d = 1000x \frac{\rho_m}{1+\frac{w}{100}} \dots\dots (9)$$

Donde:

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³).

w = Contenido de agua (%).

- Para calcular el peso unitario seco del espécimen compactado:

$$Y_d = 62.43 \rho_d \text{ en lbf/} \pi e^3 \dots\dots (10)$$

$$Y_d = 9.807 \rho_d \text{ en kN/m}^3 \dots\dots (10)$$

- Cálculo de los puntos para la curva de 100% de saturación:

$$W_{sat} = \frac{(Y_w)(G_s) - Y_d}{(Y_d)(G_s)} x 100 \dots\dots (11)$$

Donde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).

Y_w = Peso unitario del agua 9.807 Kn/m³ o (62.43 lbf/πe³).

Y_d = Peso unitario seco del suelo.

G_s = Gravedad específica del suelo.

Figura 12

Proctor modificado de la subrasante de la Vía Vinchamarca Grande – Virahuanca



g. MTC E 132 - CBR de suelos (Laboratorio).

El propósito de este ensayo es establecer un indicador de la resistencia de los suelos llamado California Bearing Ratio (CBR), que es ampliamente reconocido.

Equipos y materiales:

- Equipo para ensayo de CBR que consiste en 3 moldes cilíndricos de 6” con placas de base y collar de extensión, 3 placas de expansión, 3 discos espaciadores, 3 sobrecargas y 3 trípodes.
- Pisón de compactación.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Balanza de 30kg de capacidad y otra de 1000g.
- Probeta de 1000ml.
- Bandejas.
- Espátulas, papel filtro circular del mismo tamaño que el molde.

Procedimiento:

- Se preparó la muestra con la misma proporción utilizada del Proctor modificado y se adicionó su óptimo contenido de humedad hallado previamente.
- Una vez obtenidas las medidas de altura y diámetro de los moldes y el peso del molde sobre su placa base, se insertaron el disco espaciador y los collarines adecuados.

- Se colocó papel filtro para evitar obstrucciones en futuros ensayos.
- Posteriormente, la muestra se distribuyó en tres moldes de CBR.
- Cada molde fue compactado en cinco capas, aplicando diferentes cantidades de golpes: 12, 26 y 55 golpes respectivamente.
- Una vez finalizada la compactación, se retiró el collar de extensión, se niveló la superficie compactada y se registró el peso del molde, la base y la muestra.
- Se colocó una placa perforada sobre la superficie compactada, seguida de dos pesos, uno circular y otro anular.
- Se posicionó el trípode con el dial sobre el molde y se tomó una lectura antes de sumergirlo en agua durante un período de 4 días.
- Después del tiempo designado, se registró nuevamente la lectura del dial para medir la expansión.
- Tras sacarlos del agua, los moldes se dejaron escurrir durante quince minutos.
- Se registró el peso de la porción de muestra y del molde después de la saturación.
- Se volvió a colocar la sobrecarga circular y anular, y se llevó la muestra al dispositivo de carga con el pistón de penetración.
- Se aplicó una carga con una velocidad de penetración de 0.05 pulgadas por minuto, y se ajustaron ambos diales de penetración y de carga a cero.
- Se realizaron lecturas de carga cuando la penetración alcanzó 0.025, 0.050, 0.075, 0.1, 0.125, 0.150, 0.175, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 pulgadas.
- Finalmente, se desmoldó la muestra y se tomaron dos muestras cerca de la zona de penetración para determinar su contenido de humedad.

Tabla 14

CBR de la subrasante entre la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca.

Calicata	Ensayo de Valor de Soporte de California		
	CBR (%)	0.1" (%)	0.2" (%)
Calicata 1	100	44.1	55.7
	95	26.2	35.0
Calicata 2	100	26.2	32.7
	95	19.1	24.3
Calicata 3	100	102.4	139.4
	95	48.3	60.6
Calicata 4	100	101.0	123.3
	95	46.0	57.0
Calicata 5	100	4.0	5.2



	95	2.4	2.8
Calicata 6	100	61.2	78.7
	95	10.0	13.0
Calicata 7	100	47.6	60.7
	95	16.8	21.8
Calicata 8	100	56.9	73.0
	95	30.5	36.5

Continuación.

Cálculos en gabinete:

Para determinar la humedad de compactación, se realiza el cálculo de la siguiente forma:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \dots\dots (12)$$

Donde:

H = Humedad prefijada.

h = Humedad natural.

Para calcular la expansión:

$$\% \text{Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \dots\dots (13)$$

Donde:

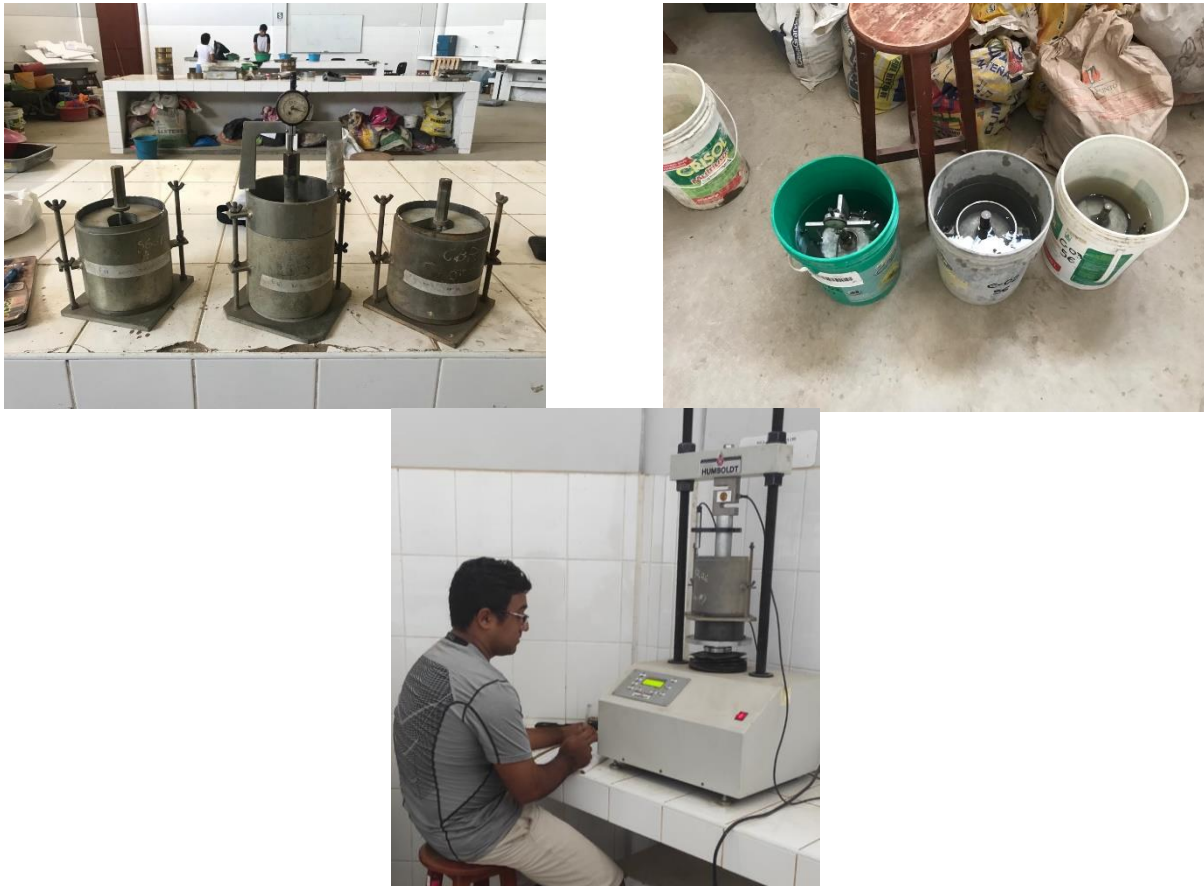
L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Para determinar el índice CBR, se trazó una curva que conectaba las penetraciones y las presiones.

Figura 13:

Ensayo CBR de la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca



3.8.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA).

a. ASTM D 445 – Determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos.

Este ensayo se realizó con el propósito de determinar la viscosidad cinemática de líquidos, ya sean transparentes u opacos.

Equipos y materiales:

- Viscómetro Saybolt o viscosímetro Cannon-Fenske.
- Termómetro con precisión adecuada para medir la temperatura del líquido.
- Baño de agua u otro dispositivo para controlar la temperatura del líquido.
- Cronómetro o reloj para medir el tiempo de flujo del líquido.

- Pipeta o dispositivo para medir con precisión el volumen del líquido.
- Limpiadores y solventes para limpiar y preparar el equipo.
- Líquidos de referencia con viscosidades conocidas para calibrar el equipo, si es necesario.
- Muestras de líquido cuya viscosidad se va a medir (Vinaza).

Procedimiento:

- Nos aseguramos que el viscosímetro y el termómetro que usamos estuvieran limpios y en óptimas condiciones y también calibrados.
- Nos aseguramos que la vinaza estuviera en un recipiente que se encontrara a temperatura de ambiente.
- Se utilizó el termómetro para medir la temperatura del líquido con precisión. La temperatura fue constante durante la prueba.
- Se echó la vinaza en el viscosímetro y se registró el tiempo que tardó en fluir a través del viscosímetro.
- Finalmente, completada la prueba se limpió cuidadosamente el viscosímetro y el termómetro para evitar contaminaciones en futuras pruebas.

Tabla 15

Características físico – químicas de la vinaza.

Características físico - químicas de la vinaza		
Parámetros	U/M	Muestra 01 Promedio
Temperatura	°C	24 ambiente
pH	U	3.95
Conductividad Eléctrica	ms/m	1686.53
Densidad	g/cm ³	1.0152
% Cenizas	%	0.93
Sólidos Totales (ST)	mg/L	42877.5
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/L	9532.5
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/L	33430.0
Viscosidad	cP	1.19
Nitrógeno	%	0.73

Cálculos en gabinete:

La viscosidad cinemática se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{t \times V}{c} \dots\dots (14)$$

Dónde:

v = Viscosidad cinemática.

t = Tiempo de flujo del líquido en segundos (s).

V = Factor de calibración del viscosímetro en centistokes/segundo (cs/s).

C = Factor de corrección de la viscosidad cinemática.

Figura 14:

Determinación de la viscosidad cinemática de la Vinaza de caña de azúcar.



b. ASTM E 1479 – Determinación de elementos traza en muestras de mineral y material similar por Espectroscopía de fluorescencia de rayos X con dispersión de energía.

Este ensayo se efectuó con el fin de determinar la presencia y concentración de elementos traza en muestras de minerales y materiales afines mediante el empleo de Espectroscopía de fluorescencia de rayos X con dispersión de energía.

Equipos y materiales:

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) con capacidad para analizar la composición elemental de la muestra.
- Cámara de vacío para preparar la muestra y reducir las interferencias por aire.
- Portamuestras adecuado para sostener la muestra durante el análisis.
- Software especializado para controlar el espectrómetro y analizar los datos obtenidos.
- Muestras de referencia certificadas para calibrar y verificar el equipo.
- Material de preparación de muestras, como pulidoras, trituradoras y molinos para obtener muestras homogéneas y representativas.

- Equipos de seguridad, como guantes y gafas de protección, para manipular sustancias químicas y muestras.
- Suministros de limpieza para mantener el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento.

Procedimiento:

- La muestra (Cal Viva) se preparó triturándola y moliéndola hasta obtener un tamaño de partícula adecuado y uniforme.
- Se calibró el espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) utilizando estándares de referencia certificados que contienen los elementos de interés en concentraciones conocidas.
- La muestra preparada se colocó en el portamuestras del espectrómetro de XRF.
- Se llevó a cabo el análisis de fluorescencia de rayos X con dispersión de energía.
- El espectrómetro emitió rayos X de alta energía que interactúan con los átomos de la muestra, generando fluorescencia característica para cada elemento presente.
- Se registraron los espectros de fluorescencia resultantes y se determinaron las cantidades de los elementos traza presentes en la muestra.

Tabla 16

Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de la Cal Viva y la Vinaza

Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X de Vinaza		Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de Cal Viva	
Elemento	Concentración %	Elemento	Concentración %
Sodio (Na)	2 - 4	Calcio (Ca)	50 - 70
Potasio (K)	1 - 3	Silicio (Si)	0.5 - 3
Calcio (Ca)	0.5 - 1	Aluminio (Al)	01 - 1
Magnesio (Mg)	0.3 - 0.6	Hierro (Fe)	0.1 - 0.5
Azufre (S)	0.1 - 0.3	Magnesio (Mg)	0.1 - 0.5
Cloro (Cl)	0.1 - 0.4	Potasio (K)	0.1 - 0.5
Fósforo (P)	0.05 - 0.2	Sodio (Na)	0.1 - 0.5
Hierro (Fe)	Menos de 0.1	Azufre (S)	0.1 - 1
Manganeso (Mn)	Menos de 0.1	Cloro (Cl)	0.1 - 0.5
Cobre (Cu)	Menos de 0.1	Elementos traza (Mn, Cu, Zn, etc.)	Menos de 0.1
Zinc (Zn)	Menos de 0.1		

Figura 15

Ensayo de espectroscopia de fluorescencia de rayos X de la Cal Viva



Nota. Obtenido de <https://tgtgamas.com/> (Gamas, s.f.)

c. MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

La finalidad de esta prueba fue la de establecer con precisión la distribución granulométrica de la cal viva.

Equipos y materiales:

- Juego de tamices de malla cuadrada (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200), fondo y tapa.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 1% del peso de la muestra.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 0.01 gr aprox.
- Recipientes de aluminio.
- 1 brocha.
- Horno eléctrico a temperatura de 110 ± 5 °C.

Procedimiento:

- Se pesó la Cal Viva y luego se tamizó primero por el tamiz N° 4.
- Luego el material retenido en el tamiz N° 4 se pesó la muestra, para a continuación pasar esa muestra por los tamices (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N°4).
- El material retenido en cada tamiz se pesó una vez finalizada la operación de tamizado.
- Tras pasar el material por el tamiz N°4, se extrajo una muestra de unos 800 gramos y se pasó por el tamiz N°200 para eliminar la mayor cantidad posible de material fino.



- Después de limpiar la muestra, el material que quedó en el tamiz N°200 se secó en un horno durante veinticuatro horas a 110 ± 5 °C.
- Después del secado, pasamos la muestra por los tamices (N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200 y fondo).
- Por último, se pesaron las partículas que quedaban en cada tamiz.

Tabla 17

Granulometría de la Cal Viva

Granulometría Cal Viva	
Malla	% Retenido
#100	3.00
#200	12.00
<#200	85.00

Cálculos en gabinete:

Se determinó el porcentaje de la muestra que atraviesa el tamiz de 0.074 mm (N°200) utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Pasa\ 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (1)$$

Para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz, se utilizó la fórmula:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (2)$$

Para obtener el porcentaje más fino, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado \dots\dots (3)$$

Figura 16:

Granulometría de la Cal Viva.



d. MTC E 110 – Determinación del límite líquido de los suelos.

Este ensayo se realizó para establecer el límite líquido de la Cal Viva.

Equipos y materiales:

- Recipientes de porcelana.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Espátula.

Procedimiento:

- La Cal Viva fue pasada a través del tamiz N°40.
- En una vasija, se añadió una porción de la muestra y se mezcló con agua destilada en una proporción de 15 a 20 ml para formar una pasta.
- La pasta resultante fue ubicada en la copa Casagrande y se niveló su superficie con una espátula hasta alcanzar una altura de 10mm.



- Se utilizó un acanalador para dividir la muestra en dos partes equitativas para formar una ranura clara y bien definida.
- A continuación, se ajustó la manivela hasta que la ranura se cerró a una longitud de 13 mm, instante en el que se registró la cantidad de golpes necesarios para la operación.
- Por último, se utilizó una espátula para separar una parte de la muestra, que se introdujo dentro de un contenedor para hallar la cantidad de humedad que contenía.

Tabla 18

Límite líquido de la Cal Viva

N° de Calicata	Límite Líquido (L.L.)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cal Viva	27.30%	28.30%	30.10%

Cálculos en gabinete:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n \dots\dots (5)$$

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo.

k = Factor.

Figura 17:

Límite Líquido de la Cal Viva



e. MTC E 111 – Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

Los objetivos de esta prueba fueron establecer el límite plástico de la cal viva en el laboratorio y determinar el índice de plasticidad (I.P.) mediante el análisis utilizando el límite líquido (L.L.) descubierto mediante el mismo experimento.

Equipos y materiales:

- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Vidrio grueso esmerilado.
- Recipiente de porcelana.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Espátula.

Procedimiento:

- La Cal Viva se pasó a través del tamiz N°40.
- Posteriormente, la muestra fue mezclada con agua destilada hasta formar una masa esférica.

- Utilizando las manos sobre una superficie lisa, se procedió a moldear la muestra en cilindros con un diámetro de aproximadamente 3 mm.
- Una vez que la muestra presentó grietas, se trasladó a un recipiente de porcelana hasta obtener alrededor de 3 gramos de muestra.
- Luego, se halló la cantidad de humedad contenida en la muestra.
- El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo.

Tabla 19

Límite plástico de la Cal Viva

N° de Calicata	Límite Plástico (L.P.)	
	Muestra 1	Muestra 2
Cal Viva	NP	NP

Cálculos en gabinete:

Los valores de humedad hallados en ambas determinaciones se promedian para determinar el límite plástico. Se calculó de la siguiente manera y se muestra como porcentaje de humedad, estimado al número entero más cercano:

$$\text{Limite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots (6)$$

El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo. Y se realizó el siguiente cálculo:

$$I.P. = L.L. - L.P. \dots\dots (7)$$

Figura 18

Límite Plástico de la Cal Viva



3.8.3 IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VIA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES.

a. MTC E 105 – Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).

Para mantener la garantía de que la muestra resultante adquirida en el laboratorio es representativa de la totalidad de la muestra recibida, se realizó este ensayo para especificar los procedimientos de obtención de la muestra necesaria.

Equipos y materiales:

- Cuarteador o aparato para la separación de las muestras.
- Cucharón metálico o badilejo.
- Varilla metálica.



Procedimiento:

- La muestra se colocó sobre una superficie firme, plana y sin impurezas, de aproximadamente unos 20 kg.
- Tras mezclarlo bien cuatro veces, se formó una pila en forma de cono.
- La pila cónica se estiró y niveló cuidadosamente para crear una base circular.
- Después, el material se dividió en cuatro secciones iguales, dos de las cuales se retiraron en diagonal.
- Finalmente, se mezclaron de manera sucesiva las dos partes restantes, repitiendo este procedimiento hasta que obtuvimos la cantidad de muestra deseada.

b. MTC E 107 - Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Mediante la adición de cal viva al 4%, 6% y 8%, el objetivo de esta prueba era calcular con precisión la distribución del tamaño de las partículas en el suelo.

Equipos y materiales:

- Juego de tamices de malla cuadrada (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200), fondo y tapa.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 1% del peso de la muestra.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 0.01 gr aprox.
- Recipientes de aluminio.
- 1 brocha.
- Horno eléctrico a temperatura de 110 ± 5 °C.

Procedimiento:

- El procedimiento comenzó con el cuarteo de la muestra de tierra, de la que se tomó una cantidad representativa de unos 4 kg.
- Durante veinticuatro horas, la muestra se secó en un horno a 110 ± 5 °C.
- Una vez seca la muestra, se pesó y se añadió cal viva en incrementos del 4%, 6% y 8%. A continuación, se tamizó la muestra con un tamiz del N°4 para separar las gravas del material que pasaba por el tamiz.
- Luego el material retenido en el tamiz N°4 se pesó la muestra, para a continuación pasar esa muestra por los tamices (2”, 1½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N°4).
- El material retenido en cada tamiz se pesó una vez finalizada la operación de tamizado.

- Después de que el material pasara por el tamiz N°4, se tomaron unos 800 gramos de la muestra y, para eliminar el mayor número posible de finos, se enjuagó la muestra con el tamiz N°200.
- Una vez finalizado el lavado de la muestra, el material retenido en el tamiz N° 200 se sometió al secado en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante un periodo de 24 horas.
- Después del secado, pasamos la muestra por los tamices (N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200 y fondo).
- Por último, se pesaron las partículas que quedaban en cada tamiz.

Tabla 20

Análisis granulométrico de la subrasante al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D6913							
Tamiz	Abertura (mm)	+ 4% de Cal Viva		+ 6% de Cal Viva		+ 8% de Cal Viva	
		% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% que Pasa
3"	76.200	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00	6.80	93.20	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00	6.80	93.20	0.00	100.00
1"	25.400	4.40	95.60	6.80	93.20	3.90	96.10
3/4"	19.000	5.90	94.10	6.80	93.20	4.50	95.50
3/8"	9.500	5.90	94.10	7.40	92.60	4.70	95.30
N°4	4.750	6.00	94.00	7.60	92.40	4.90	95.10
N°10	2.000	7.30	92.70	9.20	90.80	7.10	92.90
N°20	0.840	9.70	90.30	11.80	88.20	10.50	89.50
N°40	0.425	14.00	86.00	16.30	83.70	15.80	84.20
N°60	0.250	19.60	80.40	22.40	77.60	23.10	76.90
N°100	0.150	26.40	73.60	29.80	70.20	32.50	67.50
N°200	0.075	35.40	64.60	38.00	62.00	42.50	57.50

Cálculos en gabinete:

Para determinar la cantidad de cal a usar en cada muestra:

$$\text{Cal Viva (gr)} = \frac{\text{Total de muestra seca (gr)} \times \% \text{ de Cal Viva adicionada}}{100\%} \dots\dots (15)$$

Se determinó el porcentaje de la muestra que atraviesa el tamiz de 0.074 mm (N°200) utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (1)$$

Para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz, se utilizó la fórmula:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots\dots (2)$$

Para obtener el porcentaje más fino, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado} \dots\dots (3)$$

Figura 19

Granulometría de la subrasante, adicionándole Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%



c. MTC E 110 - Determinación del límite líquido de los suelos.

Este ensayo se realizó con la finalidad de determinar el límite líquido de los suelos, al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.

Equipos y materiales:

- Recipientes de porcelana.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Espátula.

Procedimiento:

- Primero la muestra fue sometida a un proceso de secado en horno con temperatura 110 ± 5 °C durante un período de 24 horas.



- Posteriormente, la muestra fue retirada y pasada a través del tamiz N° 40.
- A la muestra seleccionada para el ensayo, se le agregó Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.
- En una vasija, se añadió una porción de la muestra y se mezcló con agua destilada en una proporción de 15 a 20 ml para formar una pasta.
- La pasta resultante fue puesta en la copa Casagrande y se niveló su superficie con una espátula hasta alcanzar una altura de 10mm.
- Para crear una ranura clara y bien definida, la muestra se cortó en dos trozos iguales con una herramienta de acanalado.
- A continuación, se ajustó la manivela hasta que la ranura se cerró a una longitud de 13 mm, instante en el que se registró la cantidad de golpes necesarios para la operación.
- Finalmente, se extrajo una porción de la muestra con una espátula y se introdujo dentro de un contenedor para hallar la cantidad de humedad que contenía.

Tabla 21

Límite Líquido de la subrasante adicionándole Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.

Combinaciones	Límite Líquido (L.L.)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
+ 4% de Cal Viva	23.00%	24.00%	25.20%
+ 6% de Cal Viva	20.80%	23.00%	25.20%
+ 8% de Cal Viva	18.80%	20.50%	22.10%

Cálculos en gabinete:

Para determinar la cantidad de cal a usar en cada muestra:

$$\text{Cal Viva (gr)} = \frac{\text{Total de muestra seca (gr)} \times \% \text{ de Cal Viva adicionada}}{100\%} \dots\dots (15)$$

Para determinar el límite líquido:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n \dots\dots (5)$$

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo.

k = Factor.

Figura 20

Realizando el ensayo de límite líquido de la subrasante, adicionando Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.



d. MTC E 111 - Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.).

Para calcular el índice de plasticidad (I.P.) a partir del límite líquido (L.L.) conocido del mismo suelo, se añadió cal viva al suelo en porcentajes del 4%, 6% y 8% para determinar el límite plástico del suelo en el laboratorio.

Equipos y materiales:

- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Vidrio grueso esmerilado.
- Recipiente de porcelana.
- Balanza eléctrica de 0.01g, para muestras de menos de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Espátula.



Procedimiento:

- Se eligió una muestra de unos 200 gramos y se secó durante veinticuatro horas a 110 ± 5 °C en un horno.
- A continuación, se sacó la muestra del horno y se le añadió cal viva en incrementos del 4%, 6% y 8% antes de filtrarla a través de un tamiz N°40.
- Posteriormente, la muestra se mezcló con agua destilada hasta formar una masa esférica.
- Utilizando las manos sobre una superficie lisa, se procedió a moldear la muestra en cilindros con un diámetro de aproximadamente 3 mm.
- Una vez que la muestra presentó grietas, se trasladó a un recipiente de porcelana hasta obtener alrededor de 3 gramos de muestra.
- Luego, se determinó el contenido de humedad de la muestra.
- El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo.

Tabla 22

Límite Plástico de la subrasante adicionándole Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.

Combinaciones	Límite Plástico (L.P.)	
	Muestra 1	Muestra 2
	+4% de Cal Viva	19.20%
+6% de Cal Viva	18.90%	19.00%
+8% de Cal Viva	18.70%	18.80%

Cálculos en gabinete:

Para determinar la cantidad de cal a usar en cada muestra:

$$\text{Cal Viva (gr)} = \frac{\text{Total de muestra seca (gr)} \times \% \text{ de Cal Viva adicionada}}{100\%} \dots\dots (15)$$

El límite plástico se calcula como el promedio de los valores de humedad obtenidos en ambas determinaciones. Se representa como un porcentaje de humedad, aproximado al número entero más cercano, y se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Limite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots (6)$$

El índice de plasticidad se establece como la discrepancia que se presenta entre los límites líquido y plástico de una muestra obtenida de suelo. Y se realizó el siguiente cálculo:

$$I.P. = L.L. - L.P. \dots\dots (7)$$

Figura 21

Hallando el límite plástico de la subrasante, adicionando Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.



e. MTC E 115 - Compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada (Proctor Modificado).

Definir el procedimiento de prueba para compactar el suelo en el laboratorio mediante el uso de una energía modificada de 2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³), al adicionarle Cal Viva a la muestra en porcentajes de 4%, 6% y 8% y sustituir el agua por la Vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75%.

Equipos y materiales:

- Equipo de Proctor de 6” (molde cilíndrico, placa base y anillo de extensión).
- Un pisón manual.
- Tamices de ¾”, 3/8” y N°4.
- Una regla metálica.
- Balanza eléctrica de 0.1g, para muestras de más de 200g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Cucharas, bandejas, espátulas.



Procedimiento:

- Primero se tamizó la muestra por los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4 y fondo, para poder proporcionar adecuadamente la muestra, compensando lo que quedó retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ " hacia los otros tamices, preparando porciones de muestra de 5 kg.
- Se añadió cal viva a la muestra elegida de 5 kilogramos en porcentajes del 4%, 6% y 8% respecto al total de la muestra.
- A continuación, se midieron la altura, el diámetro y el peso del molde de prueba de 6" y se ensambló correctamente el molde con la placa base y el collarín de extensión.
- A continuación, se humedeció la muestra de suelo agregando agua con vinaza en combinaciones de 75% agua – 25% vinaza, 50% agua – 50% vinaza y 25% agua – 75% vinaza, hasta que estuviera uniformemente mojada.
- Se creó una capa inicial de la muestra que se compactó mediante el uso de un pisón, golpeándolo 56 veces. Este procedimiento se repitió para un total de 5 capas.
- Después se retiró el collar de extensión cuidadosamente y se procedió a enraizar el suelo excedente, mediante el uso de una regla metálica.
- Tras pesar la muestra compactada, se recogieron dos muestras representativas de la suciedad compactada; una muestra se tomó de la parte superior del molde y la otra de la parte inferior. A continuación, las muestras se introdujeron en el horno para determinar su contenido de humedad.
- Este proceso se repitió agregando agua en intervalos aproximados del 2% para establecer la curva de compactación (se preparó 5 especímenes para cada calicata).

Tabla 23

Proctor modificado para CBR de la subrasante, al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y al sustituir Vinaza de Caña de Azúcar por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%.

Combinaciones	Total de Muestra (gr)	Proctor Modificado	
		M.D.S. (gr/cm ³)	O.C.H. (%)
4% Cal Viva - 25% Vinaza	5200	1.818	15.30
4% Cal Viva - 50% Vinaza	5200	1.843	15.10
4% Cal Viva - 75% Vinaza	5200	1.803	15.40
6% Cal Viva - 25% Vinaza	5300	1.863	14.60
6% Cal Viva - 50% Vinaza	5300	1.855	15.30
6% Cal Viva - 75% Vinaza	5300	1.818	15.50
8% Cal Viva - 25% Vinaza	5400	1.828	15.30
8% Cal Viva - 50% Vinaza	5400	1.780	15.90
8% Cal Viva - 75% Vinaza	5400	1.801	15.3

Cálculos en gabinete:

- Para determinar la cantidad de cal a usar en cada muestra:

$$\text{Cal Viva (gr)} = \frac{\text{Total de muestra seca (gr)} \times \% \text{ de Cal Viva adicionada}}{100\%} \dots\dots (15)$$

- Para determinar la cantidad de vinaza que sustituyó a el agua:

$$\text{Total}_{\text{agua-vinaza}} = (\%_{\text{agua-vinaza}} \text{ a usar}) \times (\text{Muestra} + \text{Cal Viva}) \dots\dots (16)$$

$$\text{Vinaza (ml)} = \frac{\text{Total}_{\text{agua-vinaza}} \times \% \text{ de Vinaza a sustituir}}{100\%} \dots\dots (16)$$

- Los cálculos para determinar el peso unitario seco se llevaron a cabo utilizando las siguientes expresiones matemáticas:

$$\rho_m = 1000x \frac{(M_t - M_{md})}{v} \dots\dots (8)$$

Donde:



ρ_m = Densidad húmeda del espécimen compactado (MG/m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg).

M_{md} = Masa del molde de compactación (kg).

V = Volumen del molde de compactación (m³).

$$\rho_d = 1000x \frac{\rho_m}{1+\frac{w}{100}} \dots\dots (9)$$

Donde:

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³).

w = Contenido de agua (%).

- Para calcular el peso unitario seco del espécimen compactado:

$$Y_d = 62.43 \rho_d \text{ en lbf/pie}^3 \dots\dots (10)$$

$$Y_d = 9.807 \rho_d \text{ en kN/m}^3 \dots\dots (10)$$

- Cálculo de los puntos para la curva de 100% de saturación:

$$W_{sat} = \frac{(Y_w)(G_s)-Y_d}{(Y_d)(G_s)} x 100 \dots\dots (11)$$

Donde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).

Y_w = Peso unitario del agua 9.807 Kn/m³ o (62.43 lbf/pie³).

Y_d = Peso unitario seco del suelo.

Figura 22:

Adicionando Cal Viva y la combinación de agua con vinaza a la subrasante



Figura 23:

Ensayo de Proctor modificado al añadir cal viva a la subrasante en porcentajes de 4%, 6% y 8% y sustituir vinaza por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%.



f. MTC E 132 – CBR de suelos (Laboratorio).

El objetivo de esta prueba es establecer un indicador de la resistencia del suelo llamado California Bearing Ratio (CBR), al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y sustituir el agua por la vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75%.

Equipos y materiales:

- Equipo para ensayo de CBR que consiste en 3 moldes cilíndricos de 6” con placas de base y collar de extensión, 3 placas de expansión, 3 discos espaciadores, 3 sobrecargas y 3 trípodes.



- Pisón de compactación.
- Horno que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Balanza de 30kg de capacidad y otra de 1000g.
- Probeta de 1000ml.
- Bandejas.
- Espátulas, papel filtro circular del mismo tamaño que el molde.

Procedimiento:

- Se preparó la muestra con la misma proporción utilizada del Proctor modificado y se adicionó su óptimo contenido de humedad hallado previamente sustituyendo el agua por vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75%, además de adicionar Cal viva a la muestra en porcentajes de 4%, 6% y 8%.
- Una vez obtenidas las medidas de altura y diámetro de los moldes y el peso del molde sobre su placa base, se insertaron el disco espaciador y los collarines adecuados.
- Se adicionó papel filtro para evitar obstrucciones en futuros ensayos.
- Posteriormente, la muestra se distribuyó en tres moldes de CBR.
- Cada molde fue compactado en cinco capas, aplicando diferentes cantidades de golpes: 12, 26 y 55 golpes respectivamente.
- Una vez finalizada la compactación, se retiró el collar de extensión, se niveló la superficie compactada y se registró el peso del molde, la base y la muestra.
- Se colocó una placa perforada sobre la superficie compactada, seguida de dos pesos, uno circular y otro anular.
- Tras colocar el trípode con el dial sobre el molde y tomar una lectura, se sumergió el molde en agua durante cuatro días.
- Para medir la expansión, se volvió a tomar la lectura del dial transcurrido el tiempo predeterminado.
- Tras sacarlos del agua, los moldes se dejaron escurrir durante quince minutos.
- Tras la saturación, se anotó el peso del molde y de la muestra.
- Se volvió a colocar la sobrecarga circular y anular, y se llevó la muestra al dispositivo de carga con el pistón de penetración.
- Tanto el dial de penetración como el de carga se pusieron a cero y se aplicó una carga a una velocidad de penetración de 0,05 pulgadas por minuto.
- Se realizaron lecturas de carga cuando la penetración alcanzó 0.025, 0.050, 0.075, 0.1, 0.125, 0.150, 0.175, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 pulgadas.

- Después de desmoldar la muestra, se midió su contenido de humedad tomando dos muestras cerca de la zona de penetración.

Tabla 24

CBR de la subrasante al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y al sustituir Vinaza de Caña de Azúcar por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%.

Ensayo de Valor de Soporte de California			
Calicata	CBR (%)	0.1" (%)	0.2" (%)
4% de Cal Viva - 25% de Vinaza	100	69.7	77.8
4% de Cal Viva - 50% de Vinaza	100	59.7	70.2
4% de Cal Viva - 75% de Vinaza	100	57.6	72.6
6% de Cal Viva - 25% de Vinaza	100	86.5	91.6
6% de Cal Viva - 50% de Vinaza	100	74.0	81.3
6% de Cal Viva - 75% de Vinaza	100	65.4	77.8
8% de Cal Viva - 25% de Vinaza	100	82.5	86.8
8% de Cal Viva - 50% de Vinaza	100	81.1	104.3
8% de Cal Viva - 75% de Vinaza	90	68.3	75.9
	85	42.5	48.7

Cálculos en gabinete:

Para determinar la cantidad de cal a usar en cada muestra:

$$\text{Cal Viva (gr)} = \frac{\text{Total de muestra seca (gr)} \times \% \text{ de Cal Viva adicionada}}{100\%} \dots\dots (15)$$

Para obtener la humedad de compactación se utiliza el siguiente cálculo:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \dots\dots (12)$$

Para determinar la cantidad de vinaza que sustituyó a el agua:

$$\text{Vinaza (ml)} = \frac{\% \text{ de agua a añadir} \times \% \text{ de Vinaza a sustituir}}{100\%} \dots\dots (16)$$

Para calcular la expansión:

$$\%Expansión = \frac{L2-L1}{127} x100 \dots\dots (13)$$

Donde:

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Para determinar el índice CBR, se trazó una curva que conectaba las penetraciones y las presiones.

Figura 24

CBR de la subrasante al adicionarle Cal Viva y sustituir Vinaza por agua



3.8.4 DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

a. Método de análisis de datos – Microsoft Excel.

Se realizaron cuadros comparativos entre los resultados de todos los ensayos de las 9 combinaciones que se realizaron (4% Cal Viva – 25% Vinaza, 4% Cal Viva – 50% Vinaza, 4% Cal Viva – 75% Vinaza, 6% Cal Viva – 25% Vinaza, 6% Cal viva – 50% Vinaza, 6% Cal Viva – 75% Vinaza, 8% Cal viva – 25% Vinaza, 8% Cal viva – 50% Vinaza y 8% Cal viva – 75% Vinaza), determinando mediante el cuadro comparativo que combinación era la óptima.



3.8.5 COMPARAR LAS VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL.

a. Método de análisis de datos – Microsoft Excel

Se realizaron cuadros comparando las ventajas y limitaciones económicas entre una estabilización convencional y la estabilización con la dosificación óptima con el uso de Vinaza y Cal Viva.

3.8.6 EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

a. MTC E 115 – Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)

El objetivo de este ensayo es determinar la relación (curva de compactación) entre el peso unitario seco de un suelo y su contenido de agua.

Equipos y Materiales:

- Molde de 4 pulgadas para Proctor.
- Pisón o martillo.
- Balanza.
- Horno de secado.
- Regla.
- Tamices.
- Cucharón.

Procedimiento:

- La muestra de suelo se tamizó en primer lugar para determinar qué procedimiento (A, B o C) se utilizaría.



- Una vez ubicado el método, se pasó todo el material por el tamiz correspondiente al método elegido, en nuestro caso fue el tamiz N°4.
- Se separaron 5 tinas de 4 kg aproximadamente, de la muestra tamizada.
- Luego, se tomaron los datos del molde del Proctor (diámetro, altura y peso).
- Se probó con 5 diferentes porcentajes de agua añadidas al suelo, para que se pueda hallar la curva de compactación.
- De cada porcentaje usado, se le saca un contenido de humedad, para corroborar que se está usando el porcentaje correcto de agua.
- Luego se efectuaron los cálculos pertinentes en gabinete para poder hallar la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad.

Tabla 25

Proctor modificado de la subrasante, de la calicata 5, al adicionarle el 6% de cal viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza.

Combinación 6% Cal Viva – 25% Vinaza	
Proctor Modificado	Resultado
M.D.S.	1.791 gr/cm ³
O.C.H.	15.1%

b. MTC E 117 - Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo Insitu mediante el método del cono de arena.

El objetivo de la prueba fue proporcionar un protocolo de prueba estándar para aplicar el método del cono de arena para encontrar la densidad y el peso unitario del suelo en su emplazamiento original.

Equipos y materiales:

- Aparato de densidad de cono de arena.
- Balanza electrónica de 30 kg.
- Bolsa impermeable.
- Cucharón, comba, cincel, brocha.
- Arena para densidad.

Procedimiento:

- Se ubicó la placa metálica en una superficie plana.
- Se procedió a realizar una excavación de aproximadamente 14 cm a 15 cm de profundidad, respetando el diámetro interno de la placa metálica y la muestra se recepcionó en una bolsa impermeable.
- Se pesó el cono de arena y se colocó de manera invertida, encajando el embudo de metal con el diámetro interior de la placa metálica y se desbloqueó la válvula del embudo para que empiece a caer la arena de densidad.
- Se pesó la muestra extraída y se procedió a realizar el tamizado, por el tamiz correspondiente de acuerdo al método que se usó para el Proctor modificado.
- Se pesó la muestra retenida en el tamiz seleccionado.
- Se tamizó también un poco de muestra por el tamiz N°4 para poder obtener la humedad in-situ con el uso del equipo Speedy.
- Una vez que dejó de caer la arena de densidad, se bloquea la válvula del embudo, se levanta el cono de arena y se pesa nuevamente.

Tabla 26

Densidad de campo de la subrasante y del tramo de prueba al incorporarle la dosificación óptima de Cal Viva y Vinaza.

Descripción	Densidad del suelo seco (gr/cm ³)
1 - Tramo de Prueba	1.755
2 - Tramo de Prueba	1.777
3 - Tramo de Prueba	1.754

Cálculos:

El volumen del orificio de prueba se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{(M_1 - M_2)}{\rho_1} \dots\dots (17)$$

Dónde:

V = Volumen del orificio de prueba, cm³.

M₁ = Masa de arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y plato de base, gr.

M₂ = Masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base, gr.

ρ₁ = Densidad del volumen de la arena, gr/cm³.

Se calculó la masa seca extraído del orificio de prueba tal como sigue:

$$M_4 = \frac{100 \times M_3}{(W+100)} \dots\dots (18)$$

Dónde:

W = Contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %.

M_3 = Masa húmeda del material del hueco del ensayo, gr.

M_4 = Masa seca del material del hueco del ensayo, gr.

Se calculó la densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado de la siguiente manera:

$$\rho_m = M_3/V \dots\dots (19)$$

$$\rho_d = M_4/V \dots\dots (20)$$

Dónde:

V = Volumen del orificio de prueba, cm³.

M_3 = Masa húmeda del material del orificio de prueba, gr.

M_4 = Masa seca del material del orificio de prueba, gr.

ρ_m = Densidad húmeda del material probado, o su peso unitario húmedo, gr/cm³

ρ_d = Densidad seca del material probado, o su peso unitario seco, gr/cm³.

c. MTC E 126 - Contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio.

La finalidad de este ensayo fue calcular la humedad de los suelos in-situ utilizando un dispositivo para medir la humedad del gas utilizando carburo de calcio.

Equipos y materiales:

- Medidor de humedad de gas a presión con Carburo de Calcio (SPEEDY).
- Balanza de 0.01 gr de precisión.
- Dos esferas de acero de 31.75 mm (1.25 pulg.) de diámetro.
- Cepillo y trapo de limpieza.
- Cuchara para medir el reactivo de Carburo de Calcio.
- Reactivo de Carburo de Calcio.

Procedimiento:

- Se colocó 3 cucharadas de carburo de calcio (24 gr aproximadamente) dentro del Speedy junto con las esferas de acero y 20 gr de muestra en la tapa del Speedy.
- Luego se cerró cuidadosamente el Speedy con su tapa, de tal manera que no haya contacto entre el Carburo de Calcio y la muestra hasta que el Speedy este sellado completamente.



- Levantamos el Speedy para que se mezcle la muestra con el Carburo de Calcio y empezamos a agitarlo vigorosamente, para que pueda hacer reacción toda la muestra, mínimo por un tiempo de 60 segundos.
- Una vez que la aguja dejó de moverse, se leyó el dial teniendo el Speedy horizontalmente.
- Finalizado el ensayo se abrió cuidadosamente la tapa del Speedy y se desecha la muestra de tal forma que no afecte al operador.

Tabla 27

Contenido de humedad in-situ por el método de Carburo de Calcio.

Descripción	Humedad de Speedy
1 - Tramo de Prueba	14.1
2 - Tramo de Prueba	14.3
3 - Tramo de Prueba	13.8

d. Ensayo con penetrómetro dinámico de cono para determinación de CBR Insitu.

El propósito de este ensayo es poder hallar el índice CBR Insitu, este ensayo suelo ser empleado para trabajos de pavimentación.

Equipos y materiales:

- Penetrómetro dinámico de cono de 8 kg (17.6 lb).
- Herramientas para ensamblar el DCP.
- Aceite lubricante.
- Rosca de bloqueo.

Procedimiento:

- En primer lugar, se mantuvo el penetrómetro en posición vertical y se colocó la parte más ancha a ras de la superficie del material.
- Se obtuvo una medición preliminar utilizando la varilla graduada.
- Luego se repitió el mismo proceso, tomando las lecturas de los golpes cada 5 cm de la varilla.

- Finalizado el ensayo se retira el penetrómetro dinámico de cono y se ubica en el siguiente punto a evaluar

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación, se examinan los métodos de tratamiento y análisis de datos empleados en nuestra tesis, según las metodologías recomendadas por Hernández Sampieri:

Diagrama de barras:

- Los diagramas de barras son eficaces para representar datos categóricos, permitiendo una comparación clara entre diferentes grupos o categorías.
- Se usan para comparar frecuencias, porcentajes o cantidades entre categorías, lo que facilita la identificación de tendencias y patrones.
- Ofrecen una representación visual clara y directa que facilita la comprensión y comparación de datos.
- Son efectivos para comunicar resultados a audiencias no especializadas.

Tablas:

- Se destaca que las tablas son fundamentales para la organización y presentación detallada de datos numéricos y categóricos.
- Permiten una revisión precisa y detallada de los valores, facilitando análisis profundos y verificaciones.
- Ofrecen una presentación precisa de los datos, lo que es crucial para análisis detallados y revisiones exhaustivas.
- Son útiles para realizar comparaciones específicas y detalladas.

Gráficos:

- Incluyen una variedad de gráficos, cada uno adecuado para diferentes tipos de datos y análisis, según las recomendaciones de Hernández Sampieri.
- Facilitan la identificación de tendencias y patrones a lo largo del tiempo.
- Pueden adaptarse a diferentes tipos de datos y análisis.
- Son efectivos para presentar datos complejos de una manera comprensible y visualmente atractiva.



Programa Microsoft Excel:

- Incluye creación de fórmulas, tablas dinámicas, gráficos y análisis estadísticos básicos.
- Excel es fácil de usar y ampliamente accesible, lo que lo convierte en una herramienta popular entre los investigadores.
- Permite desde cálculos simples hasta análisis estadísticos complejos y visualización de datos.

Según Roberto Hernández Sampieri, el uso de diagramas de barras, cuadros, gráficos y Excel en una tesis proporciona una base sólida para el procesamiento y análisis de datos. Cada técnica tiene sus propias ventajas y limitaciones, y su uso debe ser adecuado al tipo de datos y el objetivo del análisis. La combinación de estas herramientas permite una representación clara, precisa y comprensible de los resultados, facilitando tanto la interpretación como la comunicación efectiva de los hallazgos de la investigación.

CAPÍTULO IV:

Resultados y Discusión

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) Y MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) DE LA SUBRASANTE QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO.

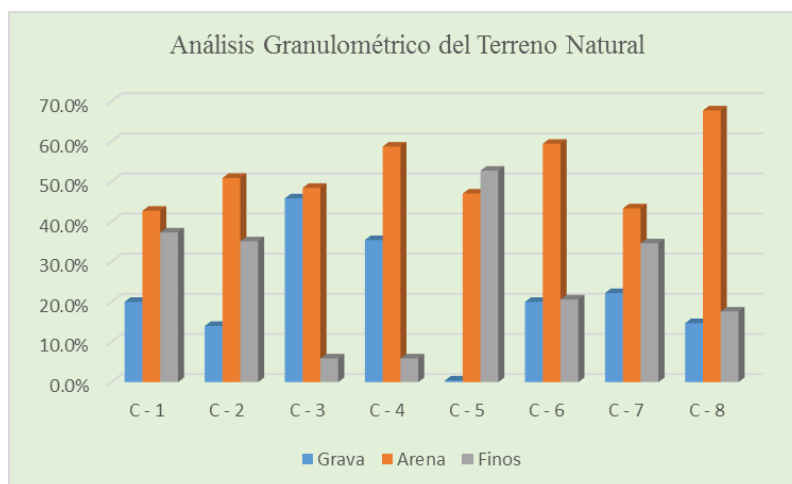
a. MTC E 107 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

La distribución de partículas en la muestra de suelo tomada de las ocho calicatas creadas en la carretera Vinchamarca Grande - Virahuanca se muestra en la Figura 25, donde podemos ver los porcentajes de gravas, arenas y finos. En base a estas observaciones, determinamos que la calicata 05, que contiene 0,4% de gravas, 47% de arenas y 52,7% de finos, es la muestra menos favorable. Está clasificada como CL (arcilla arenosa de baja plasticidad) por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y A-6 por la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO). Por esta razón, aplicamos nuestras mezclas de cal viva y vinaza a esta muestra de nuestro terreno natural.

El suelo CL puede influir significativamente en la subrasante debido a sus propiedades mecánicas y su sensibilidad a la humedad. La comprensión de estas características es fundamental para el diseño y la construcción de estructuras que se apoyen en este tipo de suelo.

Figura 25

Análisis granulométrico del Terreno Natural



b. MTC E 108 - Determinación del contenido de humedad de un suelo.

La calicata de prueba 02 tenía el mayor contenido de humedad de las ocho calicatas de prueba recogidas, como muestran los resultados de la Tabla 28.

Un componente importante que afecta a la estabilidad de la subrasante, la capacidad portante y el rendimiento general es su nivel de humedad.

Tabla 28

Resultados del contenido de humedad de las 8 calicatas.

N° de Calicata	Contenido de Humedad			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Calicata 1	9.09%	8.85%	9.31%	9.1%
Calicata 2	9.63%	11.24%	9.65%	10.2%
Calicata 3	2.03%	1.99%	2.11%	2.0%
Calicata 4	2.02%	2.71%	2.17%	2.3%
Calicata 5	4.44%	4.50%	4.59%	4.5%
Calicata 6	3.70%	3.77%	4.23%	3.9%
Calicata 7	9.67%	9.32%	9.70%	9.6%
Calicata 8	4.07%	4.21%	4.27%	4.2%

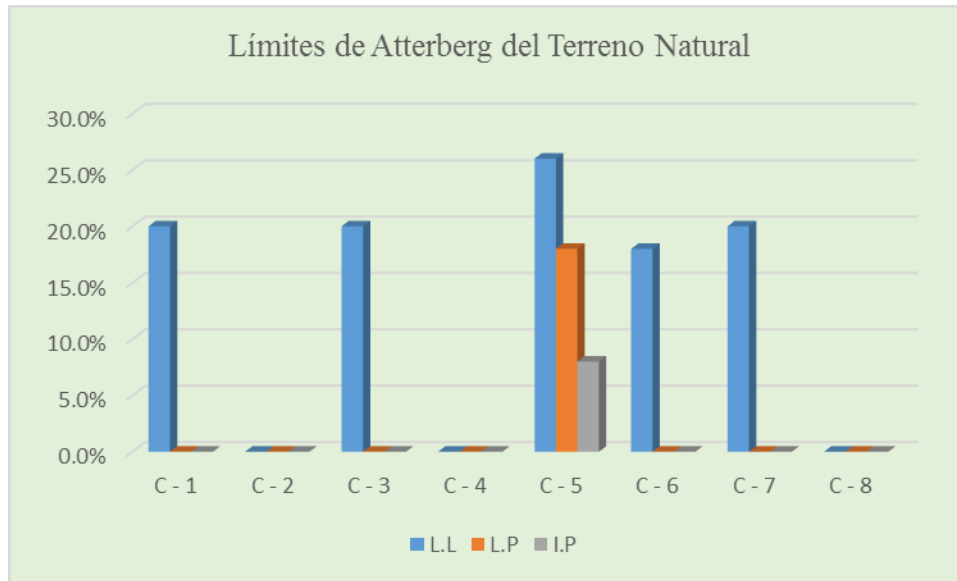
c. MTC E 110 - Determinación del límite líquido de los suelos y MTC E 111 - Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

En la figura 26 se visualizan la obtención de los resultados de las pruebas de límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad de las muestras de suelo natural. La calicata 5, la única con un índice de plasticidad del 8%, presenta un límite líquido del 26% y un límite plástico del 18%. Basándonos en estas observaciones, podemos confirmar que la calicata 5 es nuestra muestra menos favorable del suelo natural en términos de análisis granulométrico. Las calicatas 2, 4 y 8 no presentan límites de consistencia. Las calicatas 1, 3, 6 y 7 sólo presentan límites líquidos.

La calicata 5 al ser la única muestra que presenta un índice de plasticidad, requiere más atención durante el diseño y construcción de la subrasante para garantizar su estabilidad.

Figura 26

Límites de consistencia del terreno natural



d. MTC E 115 - Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado).

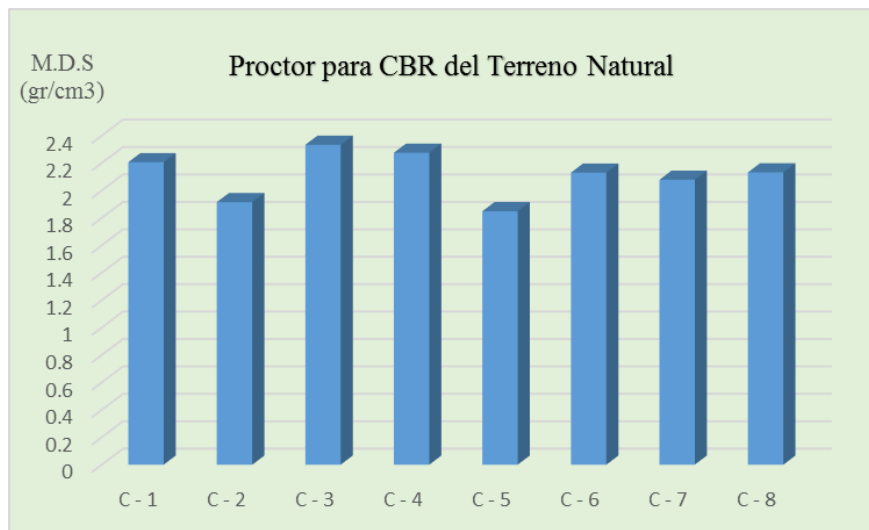
La Figura 27 representa la Máxima Densidad Seca de la muestra de suelo de nuestro terreno natural. Podemos observar que la muestra que presenta la densidad más alta es la calicata 03 al tener una M.D.S. de 2.333 gr/cm³ y la muestra que presenta la densidad más baja, por lo tanto, vendría a ser nuestra muestra más desfavorable sería la calicata 05, al tener una M.D.S. de 1.849 gr/cm³.

La calicata 3 al tener la densidad más alta, tiende a tener una capacidad portante mayor, lo que significa que puede soportar mejor las cargas de tráfico sin sufrir deformaciones excesivas.

La calicata 5 al obtener la Máxima Densidad Seca más baja, tiende a requerir más esfuerzo de compactación para alcanzar una densidad adecuada y una capacidad portante aceptable, ya que, al tener una densidad baja, llegan a ser menos estables y más susceptibles a la erosión, la deformación y otros problemas durante la vida útil de la subrasante.

Figura 27

Máxima Densidad Seca de las muestras del terreno natural

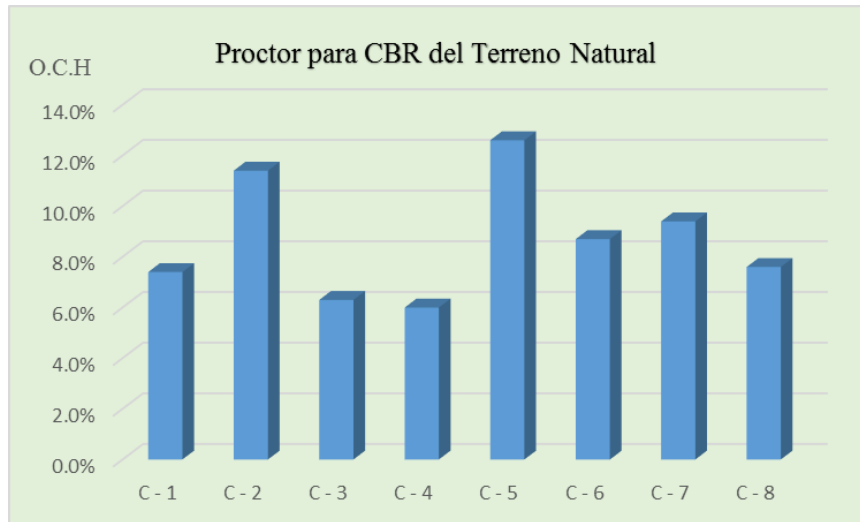


La Figura 28 representa el Óptimo Contenido de Humedad de la muestra de suelo de nuestro terreno natural. Podemos observar que la muestra que presenta la humedad más baja es la calicata 04 al tener un O.C.H de 6.0% y la muestra que presenta la humedad más alta, por lo tanto, vendría a ser nuestra muestra más desfavorable sería la calicata 05, al tener un O.C.H de 12.6%.

La calicata 5 al tener el O.C.H. más alto nos indica que la muestra de suelo contiene más agua, lo que puede facilitar la compactación al mejorar la capacidad de los granos de suelo para adherirse entre sí, sin embargo, un exceso de humedad también puede hacer que el suelo sea más pegajoso y difícil de compactar correctamente.

Figura 28

Óptimo contenido de humedad de las muestras del terreno natural



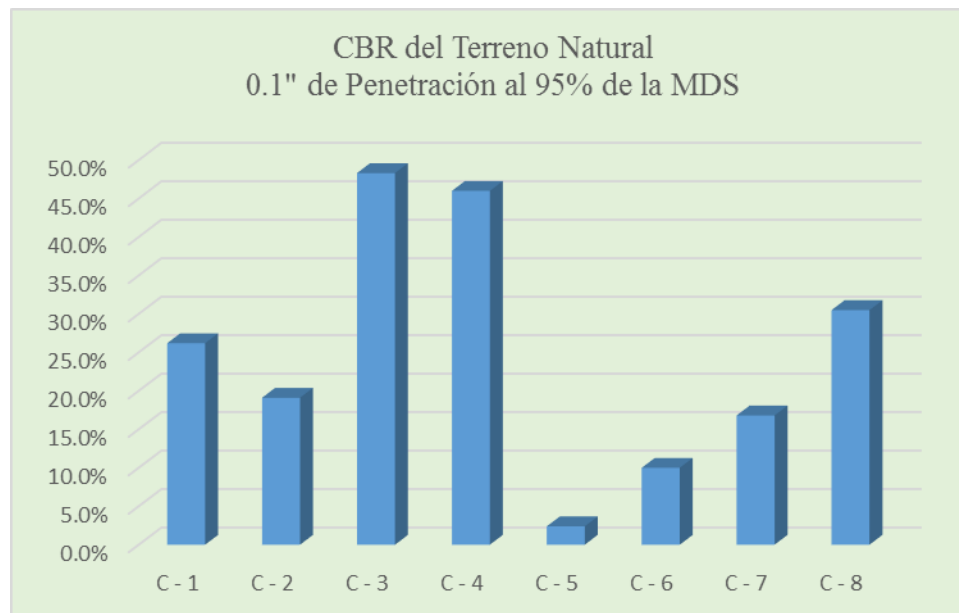
e. MTC E 132 - CBR de suelos (Laboratorio).

Los resultados de CBR para las muestras de suelo del terreno natural se muestran en la Figura 29. Se observa los resultados del CBR al 95% de su M.D.S. al 0.1” de su penetración, dándonos cuenta que las calicatas 3 y 4 presentan el índice de CBR más alto con el 48.3% y 46.0% respectivamente y al ver que la calicata 05 presenta el índice de CBR más bajo con el 2.4%. Con estos resultados podemos confirmar que las calicatas 3 y 4 al presentar los CBR más altos, nos indica que presentan una mayor capacidad portante, donde el suelo puede soportar mejor las cargas sin deformarse excesivamente y éstas vendrían a ser las más adecuadas para construir una subrasante estable y resistente.

La calicata 5 al tener el índice CBR más bajo, nos indica que se podría requerir tratamientos adicionales, como estabilización o relleno con materiales más adecuados, para mejorar su capacidad portante y estabilidad.

Figura 29

CBR del terreno natural al 95% de su MDS al 0.1" de penetración



4.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA VINAZA (VISCOSIDAD Y ESPECTROSCOPIA) Y LA CAL VIVA (GRANULOMETRÍA Y ESPECTROSCOPIA).

a. ASTM D 445 – Determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos.

En la Tabla 29, que describe la muestra de vinaza a temperatura ambiente, se registra una viscosidad de 1.19 cP (centipoise) como parte de sus propiedades fisicoquímicas. Dónde podemos determinar que, debido a la baja viscosidad de la vinaza, de 1.19 cP, por lo que pudo penetrar fácilmente en el suelo y distribuirse de manera uniforme, también pudo tener propiedades adhesivas que ayudaron a unir las partículas del suelo. Debido a su baja viscosidad, la vinaza de caña de azúcar pudo tener un tiempo de fraguado relativamente corto, acelerando el proceso de estabilización. También gracias a su baja plasticidad la vinaza pudo contribuir a una resistencia final adecuada del suelo estabilizado.

Tabla 29

Características físico – químicas de la vinaza de caña de azúcar.

Características físico - químicas de la vinaza		
Parámetros	U/M	Muestra 01 Promedio
Temperatura	°C	24 ambiente
pH	U	3.95
Conductividad Eléctrica	ms/m	1686.53
Densidad	g/cm ³	1.0152
% Cenizas	%	0.93
Sólidos Totales (ST)	mg/L	42877.5
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/L	9532.5
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/L	33430.0
Viscosidad	cP	1.19
Nitrógeno	%	0.73

b. ASTM E 1479 - Determinación de elementos traza en muestras de mineral y material similar por Espectroscopia de fluorescencia de rayos x con dispersión de energía.

Vinaza de caña de azúcar

La tabla 30 muestra los principales componentes químicos de la vinaza, que son calcio (Ca) entre 0,5 y 1%, potasio (K) entre 1 y 3% y sodio (Na) entre 2 y 4%. La tabla 28 muestra los principales componentes químicos de la cal viva, que son: el calcio (Ca) con una concentración de 50 – 70%, el silicio (Si) con una concentración de 0.5 – 3% y el aluminio (Al) con una concentración de 0.1 – 1%. Observando que estos elementos pudieron reaccionar con los componentes del suelo, ayudando a modificar su estructura y mejorar sus propiedades, también estos elementos pudieron ayudar a aumentar la cohesión del suelo al promover la formación de enlaces químicos entre las partículas del suelo. El sodio y el potasio pudieron ayudar a controlar la plasticidad del suelo, lo que significa que pudieron reducir su susceptibilidad a cambios volumétricos y deformaciones. El suelo estabilizado puede ser más resistente a la intemperie, la erosión y otras influencias ambientales si contiene calcio, silicio y aluminio. La presencia de estos elementos pudo facilitar la compactación del suelo, lo que resultó en una mejor densidad y estabilidad.

Tabla 30

Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de la Vinaza de caña de azúcar.

Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de Vinaza	
Elemento	Concentración %
Sodio (Na)	2 - 4
Potasio (K)	1 - 3
Calcio (Ca)	0.5 - 1
Magnesio (Mg)	0.3 - 0.6
Azufre (S)	0.1 - 0.3
Cloro (Cl)	0.1 - 0.4
Fósforo (P)	0.05 - 0.2
Hierro (Fe)	Menos de 0.1
Manganeso (Mn)	Menos de 0.1
Cobre (Cu)	Menos de 0.1
Zinc (Zn)	Menos de 0.1

Tabla 31

Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de la Cal viva.

Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X de Cal Viva	
Elemento	Concentración %
Calcio (Ca)	50 - 70
Silicio (Si)	0.5 - 3
Aluminio (Al)	01 - 1
Hierro (Fe)	0.1 - 0.5
Magnesio (Mg)	0.1 - 0.5
Potasio (K)	0.1 - 0.5
Sodio (Na)	0.1 - 0.5
Azufre (S)	0.1 - 1
Cloro (Cl)	0.1 - 0.5
Elementos traza (Mn, Cu, Zn, etc.)	Menos de 0.1

c. MTC E 107 - Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Cal Viva

En la tabla 32, se muestra la granulometría de la Cal viva pulverizada utilizada para nuestra investigación, donde podemos apreciar que en el tamiz N°100 tiene un 3% de muestra retenida, en el tamiz N°200 hay un 12% de muestra retenida y en el fondo hay un 85% de muestra retenida. La granulometría de la cal viva pulverizada es un factor importante que se considera

en la estabilización del suelo, ya que puede influir en la efectividad y la uniformidad del proceso de estabilización, lo que a su vez afecta la calidad y la estabilidad de la subrasante.

Tabla 32

Análisis granulométrico de la Cal viva.

Granulometría Cal Viva	
Malla	% Retenido
#100	3.00
#200	12.00
<#200	85.00

d. MTC E 110 - Determinación del límite líquido de los suelos y MTC E 111 - Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

La cal viva tiene un límite líquido del 29%, que es la cantidad de agua que puede contener sin derramarse, según los resultados de la Tabla 33 de las pruebas de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Sin embargo, el índice de plasticidad, que proporcionaría detalles sobre la plasticidad de la cal viva, no puede calcularse al no poder establecerse el límite plástico.

Tabla 33

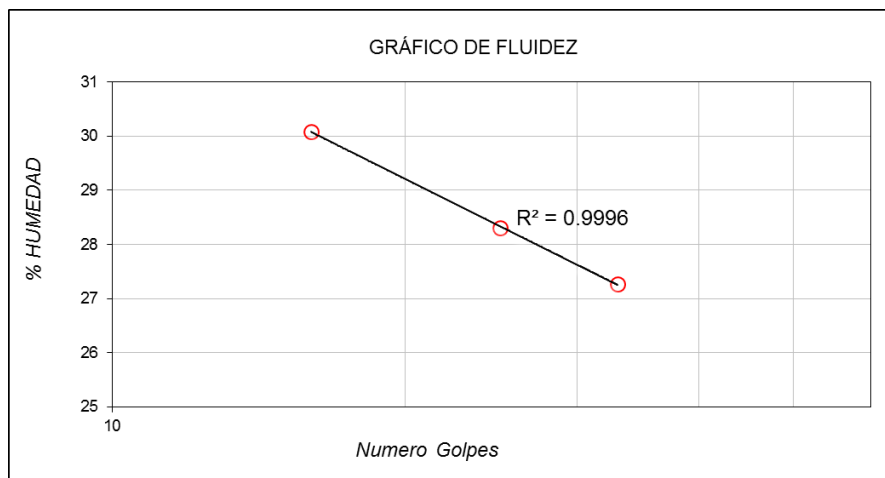
Límites de consistencia de la Cal viva

Límites de Consistencia - ASTM D4318	
Cal Viva	
Límite Líquido	29%
Límite Plástico	N.P.
índice de Plasticidad	N.P.

La curva de fluidez de la muestra de suelo tomada de la cal se muestra en la figura 30. En esta muestra se observa una curva de fluidez con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9996$, indicando un ajuste muy bueno de la curva teórica a nuestros datos experimentales.

Figura 30

Curva de fluidez de la Cal viva



4.1.3 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (PROCTOR MODIFICADO, CBR, EXPANSIÓN, LÍMITES DE CONSISTENCIA) Y FÍSICAS (CLASIFICACIÓN DE SUELOS, CONTENIDO DE HUMEDAD) DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA QUE CONECTA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, DEL DISTRITO DE MORO, CON LA SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA EN PORCENTAJES DE 25%, 50% Y 75% Y LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) EN PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8%. EN TOTAL 9 COMBINACIONES.

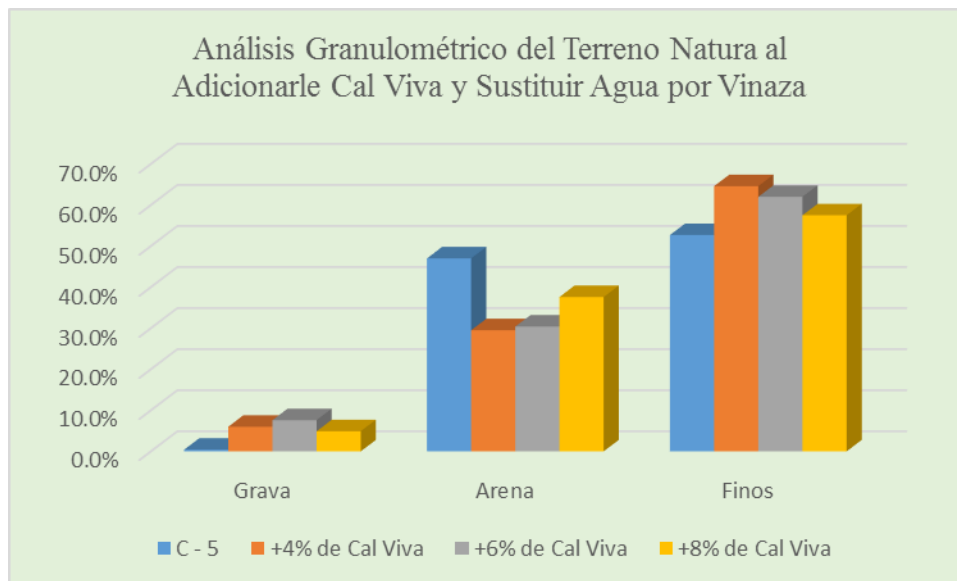
a. MTC E 107 - Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Con la adición de cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%, la Figura 31 muestra la distribución de partículas en la muestra de suelo tomada de la calicata 05 en la carretera Vinchamarca Grande - Virahuanca, junto con los porcentajes de grava, arena y finos. En ella se puede observar que el porcentaje de arena disminuye y el porcentaje de finos aumenta con la adición de cal viva, dando lugar a una nueva clasificación de CL - ML (Arcilla Limo Arenoso de baja plasticidad) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), este sistema mantiene la clasificación A-6 para la adición de un 4% de cal viva y una nueva clasificación de ML (limo arenoso de baja plasticidad). La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) mantiene la clasificación A-6 para la adición de un 6% y un 8% de cal viva.

De acuerdo con los resultados, podemos decir que la adición de la Cal Viva mejoró a la subrasante, ya que se obtuvo una nueva clasificación de suelos de CL a ML, donde los suelos ML pueden soportar cargas de tráfico mejor que los suelos CL, lo que se podría requerir menos esfuerzos o tratamientos especiales en la subrasante.

Figura 31

Análisis granulométrico del terreno natural al adicionarle Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y 8%



b. MTC E 110 - Determinación del límite líquido de los suelos y MTC E 111 - Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.).

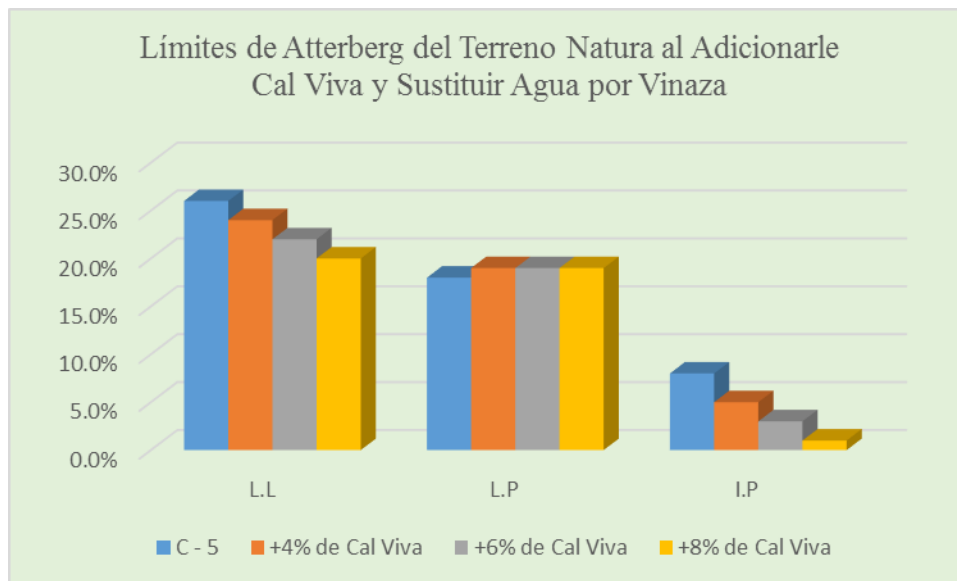
Adición de 4% de Cal viva

En la figura 32 se muestran los resultados de las pruebas de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras de suelo natural a las que se añadió cal viva en porcentajes del 4%, 6% y 8%. Con la adición del 8% de cal viva, podemos ver que el índice de plasticidad de la muestra disminuye a medida que aumenta la proporción de cal viva, haciendo que el límite líquido de la muestra se reduzca y el límite plástico aumente.

La reducción en el índice de plasticidad tiene varios efectos positivos, ya que incluye una menor deformación plástica, una mayor estabilidad, una menor sensibilidad a la humedad y posiblemente requisitos de compactación menos exigentes. Esto contribuye a una subrasante más resistente y duradera.

Figura 32

Límites de consistencia del terreno natural al adicionarle Cal Viva y al sustituir agua por Vinaza de Caña de Azúcar



c. MTC E 115 - Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado).

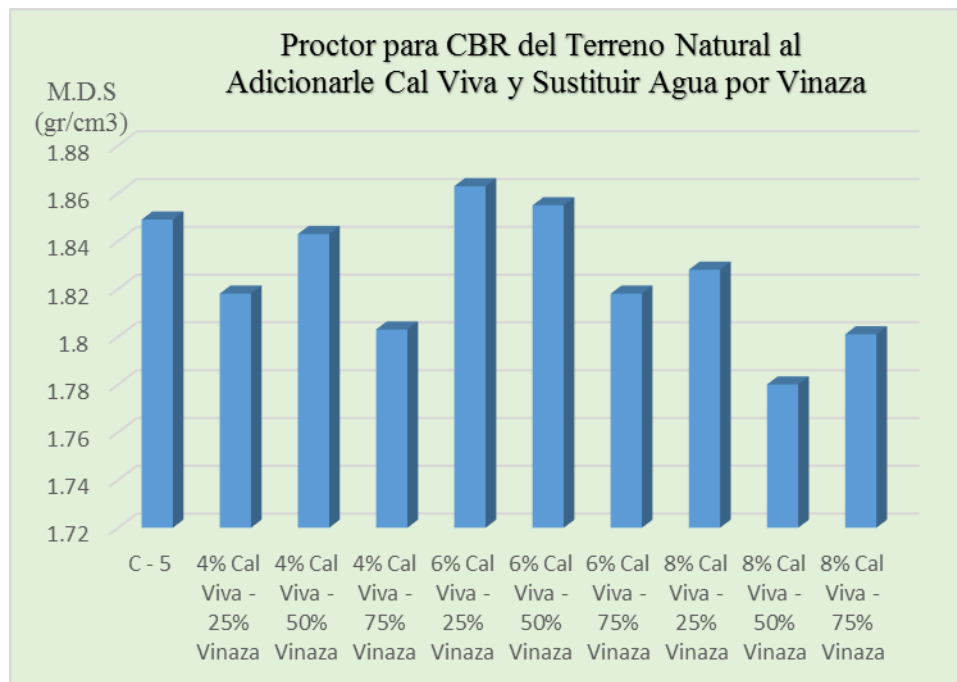
Combinación de 4% Cal Viva – 25% Vinaza

La Densidad Seca Máxima de nuestra muestra de Suelo Natural al 4%, 6% y 8% de adición de cal viva y al 25%, 50% y 75% de sustitución de agua por vinaza se muestra en la Figura 33. Podemos observar que la Máxima Densidad Seca no mejora en todas las combinaciones, la combinación que obtiene una mejor MDS vendría a ser la de 6% de Cal viva y 25% de Vinaza al presentar una MDS de 1.863 gr/cm³, respecto a la muestra de la calicata 05 del terreno natural.

En base a los resultados, podemos ver que la adición de cal viva y la sustitución del agua por vinaza de caña de azúcar aumentaron ligeramente la densidad seca máxima, pero no tuvieron ningún efecto discernible sobre la compacidad del suelo.

Figura 33

Máxima Densidad Seca de las muestras del terreno natural al adicionarle cal viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar

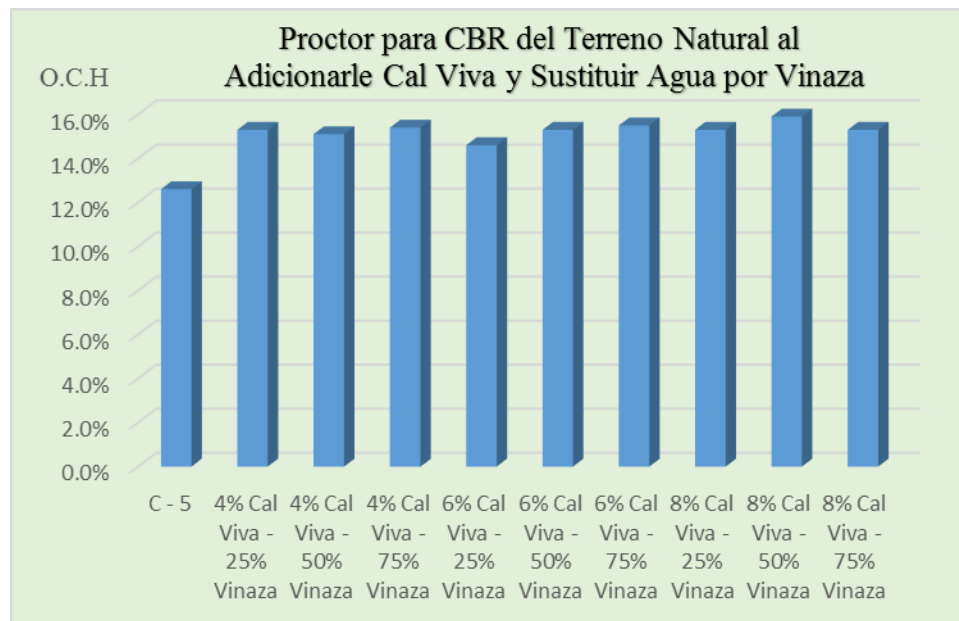


La Figura 34 representa el Óptimo Contenido de Humedad de la muestra de suelo de nuestro terreno natural al adicionarle Cal Viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y al sustituir agua por vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75%. Podemos observar que el Óptimo Contenido de Humedad aumenta en todas las combinaciones con respecto a la muestra de la calicata 05. Donde podemos deducir que la combinación del 6% de Cal Viva y 25% de Vinaza vendría a ser la mejor combinación al tener el menor O.C.H. con un 14.6%. esto podría deberse a la adición de la Cal viva, ya que aumenta la cantidad de finos en la muestra, por lo que se necesita un mayor porcentaje de agua.

Los datos muestran que hemos observado un aumento del contenido de humedad ideal, lo que sugiere que las características de plasticidad del suelo han cambiado. Al aumentar la capacidad del suelo para retener el agua y disminuir su plasticidad, la cal viva ayuda a estabilizar el suelo elevando el contenido de humedad óptimo necesario para lograr una compactación adecuada. Sin embargo, por su capacidad de mejorar la estructura del suelo y sus cualidades humectantes, la vinaza de caña de azúcar tiene un impacto comparable.

Figura 34

Óptimo Contenido de Humedad de las muestras del terreno natural al adicionarle cal viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar.



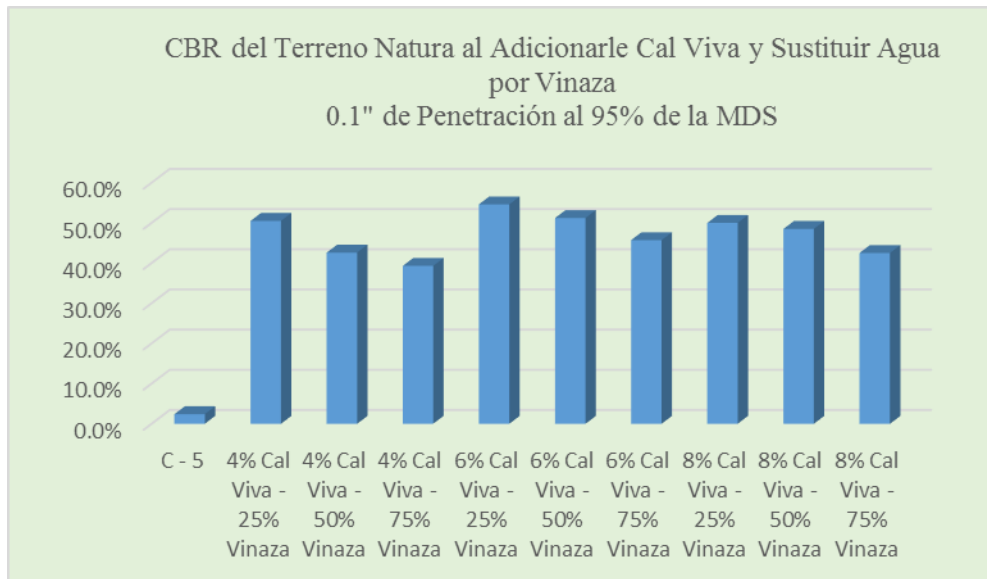
d. MTC E 132 - CBR de suelos (Laboratorio).

La figura 35 muestra los valores de CBR de las muestras de suelo natural al 4%, 6% y 8% de adición de cal viva y al 25%, 50% y 75% de sustitución de agua por vinaza de caña de azúcar. Se observa los resultados del CBR al 95% de su M.D.S. al 0.1” de su penetración, aumenta considerablemente en todas las combinaciones con respecto a la muestra de la calicata 05 del terreno natural, donde observamos el mayor aumento del índice de CBR fue en la combinación del 4% de Cal viva y del 25% de Vinaza al tener como resultado un CBR de 54.6% al 95% de su M.D.S. al 0.1” de penetración.

Basándonos en los datos recogidos, descubrimos que la cal viva y la vinaza de caña de azúcar tenían la capacidad de estabilizar el suelo. La cal viva reacciona con los componentes arcillosos del suelo, mejorando su cohesión y resistencia al desgaste, mientras que la vinaza actúa como un agente humectante y estabilizador, mejorando la estructura del suelo. Estos factores aumentan en gran medida la capacidad del suelo para soportar cargas, lo que eleva el CBR.

Figura 35

CBR del terreno natural al adicionarle Cal viva y sustituir agua por vinaza de caña de azúcar, al 95% de su MDS al 0.1” de penetración

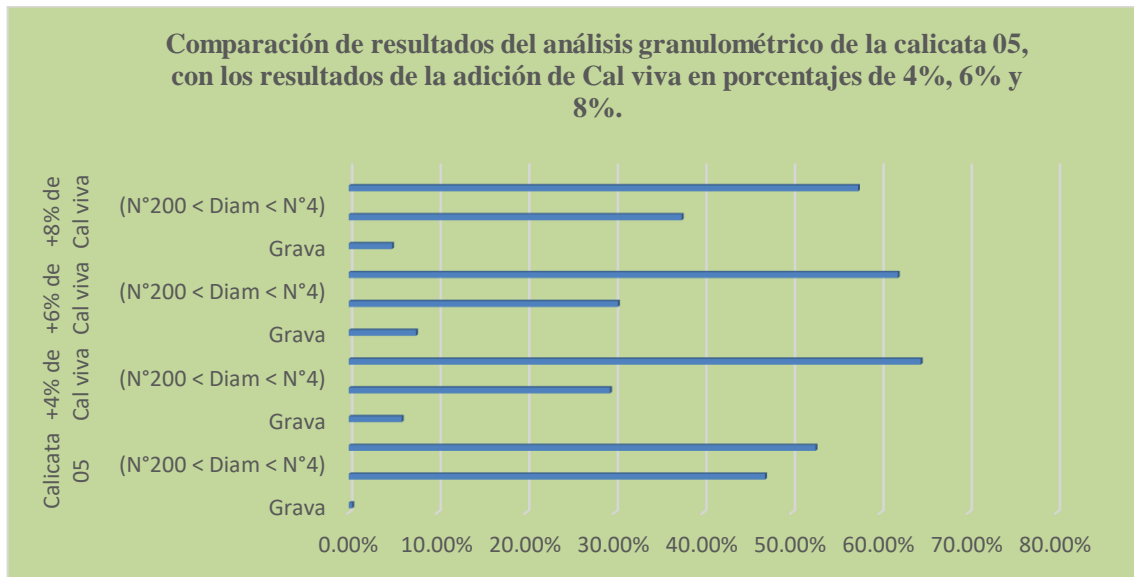


4.1.4 DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 25%, 50% Y 75% DE SUSTITUCIÓN DE LA VINAZA Y 4%, 6% Y 8% DE ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) QUE MEJORARÁ LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

Los resultados del estudio granulométrico de nuestra muestra menos favorable, la calicata 05, se resumen en la Figura 36 y se contrastan con los de la subrasante a la que se añadió cal viva en porcentajes del 4%, 6% y 8%. Viendo que su clasificación en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) mejora con la adición de cal viva al 6% y al 8%, pasa de ser un suelo CL (arcilla arenosa de baja plasticidad) a un suelo ML (limo arenoso de baja plasticidad). También conserva su clasificación de suelo A-6 de la Asociación Americana de Carreteras y Transporte (AASHTO).

Figura 36

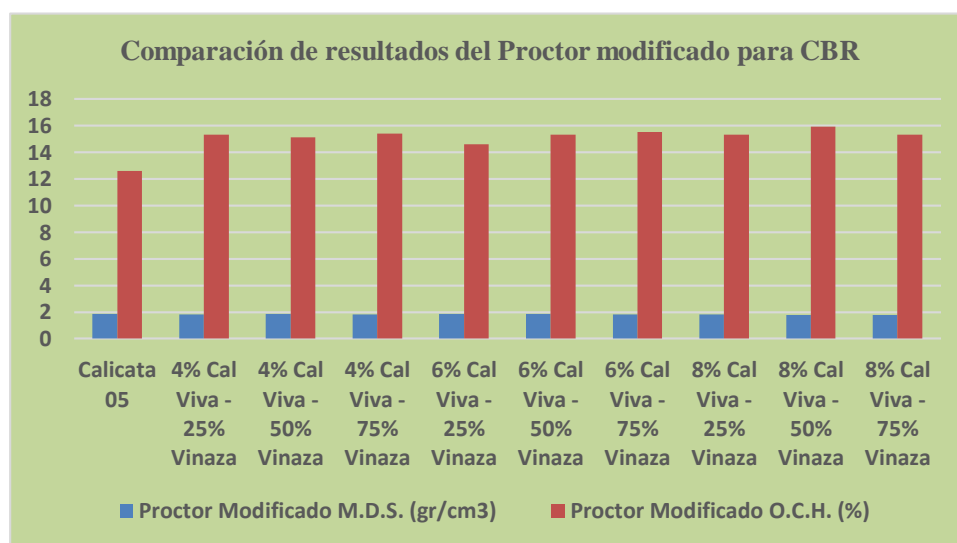
Comparación de resultados del análisis granulométrico de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%.



Los resultados del Proctor modificado para el CBR de la calicata 05 se muestran en la Tabla 35, ya que resultó ser la muestra más desfavorable y también se puede observar que la dosificación que logra una mejor máxima densidad seca (M.D.S) fue la de 6% de Cal viva – 25% de Vinaza, al mejorar la M.D.S de 1.849 gr/cm³ hasta 1.863 gr/cm³.

Figura 37

Comparación de resultados del Proctor modificado para CBR de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva y la sustitución de agua por vinaza de caña de azúcar.



Los resultados de CBR (California Bearing Ratio) de la calicata 05 se muestra en la tabla 36, ya que resultó ser la muestra más desfavorable y también se puede observar que todas las combinaciones mejoran considerablemente la subrasante de la calicata 05, pero la dosificación que logra un mejor CBR fue la de 6% de Cal viva – 25% de Vinaza, al mejorar la penetración de 0.1” de un promedio de 2.4% hasta un promedio de 54.6% al 95% de su M.D.S.

Figura 38

Comparación de resultados del CBR (California Bearing Ratio) de la calicata 05, con los resultados de la adición de Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y la sustitución de agua por vinaza de caña de azúcar en porcentajes de 25%, 50% y 75%.



Al observar todas estas comparaciones de resultados entre la calicata 05 siendo la más desfavorable con las combinaciones adicionando Cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y sustituyendo agua por vinaza de caña de azúcar en porcentajes de 25%, 50% y 75%, podemos observar que la dosificación óptima es la de 6% de Cal viva y 25% de Vinaza de caña de azúcar.

4.1.5 VENTAJAS Y LIMITACIONES ECONÓMICAS EN EL USO DE VINAZA Y ÓXIDO DE CALCIO (CAL VIVA) AL INCORPORARSE EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA, FRENTE A UNA ESTABILIZACIÓN CONVENCIONAL.

Comparar las ventajas y limitaciones económicas en el uso de vinaza y óxido de calcio (cal viva) al incorporarse en la subrasante de la vía Vinchamarca Grande – Virahuanca, frente a una estabilización convencional.

Tabla 34

Selección de calicata 05 para mejora de subrasante de 1m² con espesor de 15cm

VINAZA (%)	AGUA (%)	CAL VIVA (%)	M2	ESPESOR (M)	% DE HUMEDAD ÓPTIMA	CANTIDAD DE AGUA (Lt)	CANTIDAD DE VINAZA (Lt)	CANTIDAD DE CAL VIVA (Kg)
25	75	6	1	0.15	14.60	4.8345	1.61	2.50

Tabla 35

Propuesta de dosificación para mejora de subrasante en 1m³ con el 25% de vinaza y 4% de cal

VINAZA (%)	AGUA (%)	CAL VIVA (%)	ANCHO DE LA TROCHA (M)	LONGITUD (M)	M3	ESPESOR (M)	% DE HUMEDAD ÓPTIMA	CANTIDAD DE AGUA (Lt)	CANTIDAD DE VINAZA (Lt)	CANTIDAD DE CAL VIVA (Kg)
25	75	6	5	1.33	1	0.15	14.60	32.23	10.74	16.64

Interpretación:

Dadas las medidas de la carretera de estudio, que son 5 m de ancho, 1,33 m de largo y 0,15 m de espesor, la proporción adecuada es 25% de vinaza y 4% de cal, con un contenido de humedad ideal de 15,30%. Esta sería la cantidad de agua, cal y vinaza necesaria para 1 m³. Se obtuvieron 114,75 litros de agua, 38,25 litros de vinaza y 38,46 kg de cal viva.

Tabla 36

Propuesta de análisis de precios unitarios para subrasante por m2 con espesor de 15cm.

Análisis de precios unitarios									
Partida	1.01	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN DE CAL Y VINAZA E=15CM							
Rendimiento	m2/DIA	MQ.1100	EQ	1.100	Costo unitario por: m2				8.61
Código	Descripción Recurso			Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA									
101010003	OPERARIO			hh	1.0000	0.0073	23.44	0.171112	
101010005	PEON			hh	2.0000	0.0436	16.76	1.461472	
								1.632584	
MATERIALES									
201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR			gal		0.4256	0.8	0.34	
201010023	CAL VIVA			kg		2.5000	0.6	1.59	
290130021	AGUA			m3		0.0048	8	0.04	
								1.97	
EQUIPOS									
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	0.94	2.82	
3011000040002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7 - 9 Ton			hm	1.0000	0.0073	150	1.10	
30120001	MOTONIVELADORA			hm	1.0000	0.0073	150	1.095	
								5.01	

Interpretación:

Una vez finalizado el examen de los precios unitarios para la estabilización de una subrasante utilizando vinaza, se determina un costo de S/.13.22 por metro cuadrado con un espesor de 0.15m. por consiguiente, el costo para 1 metro cúbico será de S/1.98.

Farfán (2022), indica que, en cuanto al tercer objetivo específico, se descubrió que la evaluación técnico-económica de la estabilización de la subrasante indicaba que el uso de cemento se limitaba al 16%. Los gastos relacionados con la estabilización de la Avenida Los Naranjos en la Unidad Vecinal Ccehuarpampa, ubicada en la zona de Andahuaylas, fueron evaluados desde el punto de vista técnico.

Tabla 37

Costos por metro cuadrado de estabilización con cemento.

AGUA (%)	CEMENTO (%)	M2	ESPESOR (M)	% DE HUMEDAD ÓPTIMA	CANTIDAD DE AGUA (Lt)	CANTIDAD DE CEMENTO (Kg)	CANTIDAD DE CEMENTO (bol)
100	6	1	0.15	14.60	15.0000	2.50	0.06

Tabla 38

Costo por metro cúbico de estabilización con cemento.

AGUA (%)	CAL VIVA (%)	ANCHO DE LA TROCHA (M)	LONGITUD (M)	M3	ESPESOR (M)	% DE HUMEDAD ÓPTIMA	CANTIDAD DE AGUA (Lt)	CANTIDAD DE Cemento (bol)	CANTIDAD DE CAL VIVA (Kg)
100	6	5	1.33	1	0.15	14.60	100.00	0.39	16.67

Figura 39

Costos por metro cúbico de estabilización con otros tipos de tierra para subrasante



Se ha observado que la estabilidad mecánica de la subrasante aumenta con la adición de cemento como agente estabilizador del suelo. Sin embargo, el costo de S/. 26.50 es considerablemente alto en comparación con otros agentes estabilizadores disponibles.

Para evaluar las ventajas y desventajas económicas entre utilizar cal y vinaza para estabilizar la subrasante y emplear cemento como agente estabilizador del suelo, podemos considerar lo siguiente:

Cal y vinaza:

Ventajas económicas:

- Costo de S/. 13.22 por metro cuadrado con un espesor de 0.15m.
- Costo para 1 metro cúbico de S/. 1.98.
- Costo más bajo en comparación con el cemento.
- La vinaza, subproducto de la industria azucarera, puede reducir el coste del tratamiento o eliminación de residuos.

Limitaciones económicas:



- La durabilidad a largo plazo de la estabilización con cal y vinaza puede ser un factor desconocido.

Cemento:

Ventajas económicas:

- Mejora significativa de las propiedades mecánicas del suelo.
- Ofrece mayor estabilidad a la subrasante.
- Potencialmente más duradero que otros agentes estabilizadores.

Limitaciones económicas:

- Costo de S/. 26.50, que es relativamente alto en comparación con la vinaza.
- Puede requerir una mayor cantidad de mano de obra y equipos especializados para su aplicación.
- Los costos de transporte y almacenamiento del cemento pueden ser significativos.

La estabilización de la subrasante utilizando vinaza parece ofrecer ventajas económicas en términos de costos iniciales más bajos en comparación con el cemento. Sin embargo, es importante considerar otros factores además del costo inicial, como la durabilidad, los beneficios adicionales para el suelo y el medio ambiente, y los posibles costos de mantenimiento a largo plazo.

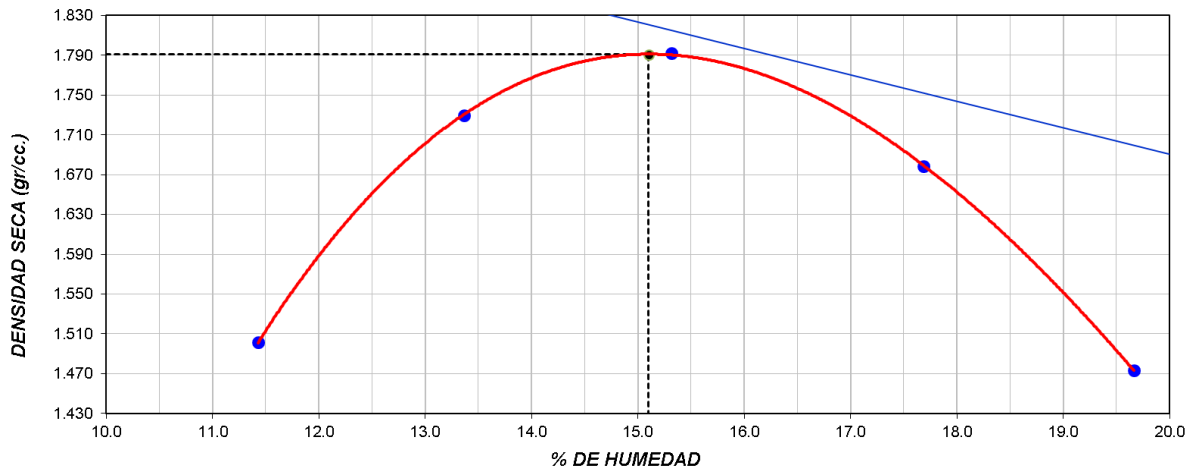
4.1.6 COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO DE PRUEBA DE 15 M2, AL UTILIZAR LA COMBINACIÓN ÓPTIMA DE VINAZA – CAL VIVA EN LA SUBRASANTE DE LA VÍA VINCHAMARCA GRANDE – VIRAHUANCA.

a. MTC E 115 – Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)

La Figura 37 muestra la Densidad Seca Máxima de la muestra de suelo de nuestro suelo natural, específicamente el tramo de la calicata 05 donde el 25% del agua fue reemplazada con vinaza y el 6% de cal viva fue aplicada. Utilizando el método del cono de arena, pudimos realizar la prueba de densidad de campo con la MDS de 1,791 gr/cm³ y su OCH de 15,1%.

Figura 40

Relación Humedad – Densidad Seca, de la calicata 5 al adicionarle el 6% de Cal Viva y al sustituir 25% de agua por vinaza



b. MTC E 117 – Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo Insitu mediante el método del cono de arena.

Los resultados de la densidad seca del suelo en tres lugares distintos de la sección de la calicata 05 se muestran en la Tabla 42, al adicionarle el 6% de Cal Viva y al sustituir 25% de agua por vinaza, estas densidades del suelo seco son fundamentales para determinar la calidad y la capacidad de carga de la subrasante y que nos permitió realizar una comparación con la densidad seca de la calicata 5 al adicionarle 6% de Cal Viva y al sustituir el 25% de agua por Vinaza.

Tabla 39

Densidades del suelo seco en 3 puntos distintos del tramo de la calicata 5 al adicionarle el 6% de Cal Viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza.

Descripción	Densidad del suelo seco (gr/cm3)
1 - Tramo de Prueba	1.755
2 - Tramo de Prueba	1.777
3 - Tramo de Prueba	1.754

c. MTC E 126 – Contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio

La tabla 43 muestra los resultados del método del carburo de calcio, que utilizamos para adquirir humedad in situ utilizando el equipo Speedy. Este método nos indica cuánta agua hay en el suelo.

Tabla 40

Contenido de humedad de los 3 distintos puntos en el tramo de la calicata 5 al adicionarle el 6% de Cal Viva y al sustituir el 25% de agua por vinaza.

Descripción	Humedad de Speedy
1 - Tramo de Prueba	14.1
2 - Tramo de Prueba	14.3
3 - Tramo de Prueba	13.8

d. ASTM D 6951 – Ensayo con penetrómetro dinámico de cono para determinación de CBR Insitu

Terreno natural combinado con la dosificación óptima de 6% de Cal viva y 25% de Vinaza de caña de azúcar

En la tabla 44, se muestra los resultados del CBR Insitu del terreno natural de la calicata 05 al adicionarle Cal viva en porcentaje de 6% y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar en porcentaje de 25%, donde podemos apreciar el índice de CBR hallado Insitu, donde nos sirvió como punto de comparación con los resultados obtenidos del CBR en laboratorio.

Tabla 41

Resultados del CBR Insitu del terreno natural de la calicata 05 al adicionarle Cal viva en porcentaje de 6% y al sustituir agua por vinaza en porcentaje de 25% mediante el uso del penetrómetro dinámico de cono.

Prof. Mm	PDC N°		
	1	2	3
	CBR (%)		
100	27.2	42.8	27.2
200	53.6	64.6	64.6
300	81.5	64.6	64.6
400	64.6	75.8	75.8

500	64.6	70.2	70.2
600	81.5	64.6	64.6
700	75.8	75.8	75.8
800	75.8	75.8	75.8
900	53.6	70.2	70.2
1000	81.5	81.5	81.5
Promedio	66.0	68.6	67.0

Continuación.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis Nula:

H0: La subrasante de la carretera entre Vinchamarca Grande y Virahuanca en el distrito de Moro no presenta un mejor comportamiento físico-mecánico cuando se sustituye el agua en porcentajes de 25, 50 y 75% y se adiciona cal viva al suelo en porcentajes de 4, 6 y 8%.

Hipótesis Alternativa:

H1: El comportamiento físico-mecánico de la subrasante de la carretera entre Vinchamarca Grande y Virahuanca, en la zona de Moro, se mejora sustituyendo el 25%, 50% y 75% de la vinaza por agua y añadiendo al suelo 4%, 6% y 8% de cal viva.

$P > \alpha$: Se acepta la hipótesis nula.

$P < \alpha$: Se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 42

Resultados de CBR al 95% de la M.D.S. al 0.1" de penetración del terreno natural y de las combinaciones con Cal Viva y Vinaza de Caña de Azúcar.

N°	95% de la M.D.S. al 0.1" de la calicata 05 del terreno natural (%)	95% de la M.D.S. al 0.1" de la calicata 05 con las combinaciones de Cal Viva y Vinaza de Caña de Azúcar (%)
1	2.4	50.5
2		42.6
3		39.3
4		54.6
5		51.2
6		45.7
7		50.0
8		48.5
9		42.5

Los valores de CBR al 95% del M.D.S. a 0.1" de penetración del suelo natural y de las combinaciones de cal viva y vinaza de caña de azúcar en la calicata 05 se muestran en la Tabla 41. Después de analizar estos datos, probamos la hipótesis primaria del estudio. Para ello, utilizamos el Método T de Student para hacer una prueba de hipótesis para dos muestras con varianzas desiguales.

Tabla 43

Resultados del análisis de datos, de la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

	95% de la M.D.S. al 0.1" de la calicata 05 del terreno natural (%)	95% de la M.D.S. al 0.1" de la calicata 05 con las combinaciones de Cal Viva y Vinaza de Caña de Azúcar (%)
Media	2.4	47.21111111
Varianza	0.026666667	24.88611111
Observaciones	1	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-26.91569145	
P(T<=t) una cola	1.95421E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1.859548038	
P(T<=t) dos colas	3.90843E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306004135	

Utilizando el análisis de datos en Microsoft Excel, la Tabla 42 muestra los resultados de la prueba t de dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

En la tabla 42 podemos observar que el valor P (T<=t) dos colas es menor que el valor de alfa, por lo que se puede concluir que se acepta la hipótesis alternativa, donde se infiere que, existe una varianza significativa de los resultados entre la calicata 05 del terreno natural y de las combinaciones al adicionar Cal Viva y al sustituir agua por vinaza de caña de azúcar, mejorando significativamente los resultados del CBR al 95% de la M.D.S. al 0.1" de penetración.

Tras realizar una contrastación de hipótesis, podemos afirmar que la investigación tuvo éxito porque se añadieron cal viva y vinaza a la subrasante para aumentar significativamente la capacidad portante del suelo.

4.3 DISCUSIONES

- De acuerdo a los resultados de este estudio realizado, al determinar el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande-Virahuanca, adicionándole cal viva y sustituyendo agua por vinaza de caña de azúcar, se pudo observar que las propiedades del suelo mejoran considerablemente, producto de la adición de cal viva y sustitución de vinaza por agua, principalmente en el CBR al 95% de 1” de penetración, que mejora desde un 2.4% de la subrasante sin ninguna combinación, hasta un 54.6% al adicionarle 6% de cal viva y sustituir agua por vinaza en porcentaje del 25%. Frente a lo mencionado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, donde refiere que la sustitución de vinaza por agua y la adición de cal viva mejora el comportamiento físico-mecánico de la subrasante. Estos resultados son corroborados por Loaiza (2017) quien determinó una mejora en las propiedades del suelo al trabajar con su dosificación óptima de vinaza, principalmente el CBR, que mejora en un 10%, y por Rios y Solano (2021) quienes indican un aumento significativo en su capacidad portante y resistencia del suelo, al mejorar su índice de CBR en 17.60% al adicionarle 5% de cal, concluyendo que la subrasante queda optimizado al añadir cal viva y sustituir vinaza por agua.

- En esta investigación, al determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, los resultados reflejaron según la clasificación SUCS que la mayoría de muestras pertenecen al grupo SM y la muestra más desfavorable pertenece al grupo CL, y de acuerdo a la clasificación AASHTO, la mayoría de muestras pertenecen al grupo A-2-6 (0) y la muestra más desfavorable pertenece al grupo A-6. Además, solo la muestra más desfavorable (calicata 5) presenta un índice de plasticidad de 8%. También, indicaron unos índices CBR al 95% de 1” de penetración desde 2.4% siendo de la calicata 5 la muestra más desfavorable hasta un 48.3% de la calicata 3. Estos resultados coinciden parcialmente con lo sostenido por Castro (2023), quien en su trabajo de investigación señala que el suelo en el que realizó su estudio se clasificó según SUCS como un CL y un A-6 según AASHTO, presentando un índice de plasticidad de 16.51% y también obtuvo un CBR al 95% de 6.61%. También Rios y Solano (2021), coinciden en sus resultados al trabajar en un suelo CL con clasificación SUCS y un A-6(10) según AASHTO y obteniendo un índice CBR menor al 6%. Es así que, bajo lo referido anteriormente, confirmamos que los suelos con la clasificación CL según SUCS y A-6 según AASHTO, presentan una capacidad de soporte CBR muy pobre, por debajo de lo que la norma (MTC, 2014), establece para ser empleado en capas de subrasantes ($CBR \geq 6\%$).

- Los resultados de la investigación sobre las propiedades químicas y físicas de la cal viva y la vinaza reflejaron la viscosidad de la vinaza (1.19 cP) y su composición química con los elementos con mayor porcentaje de concentración siendo Na (2 – 4%), K (1 – 3%) y Ca (0.5 -1%). De manera similar, la composición química de la cal viva con sus elementos con mayor porcentaje de concentración siendo los elementos con mayor concentración, Ca (50 – 70%), Si (0.5 – 3%) y Al (0.1 – 1%) y también la cal viva teniendo una granulometría, teniendo un 3% de material retenido en la malla #100, un 12% retenido en la malla #200 y un 85% pasante la malla #200. Estos resultados coinciden parcialmente con lo sostenido con Alegre y Gallarday (2022), quienes en su tesis obtuvieron la viscosidad de la vinaza de caña de azúcar de 1.19 cP, siendo mayor al del agua con 1 cP, y teniendo como principales elementos químicos de la vinaza a Na (4%), K (3%) y Ca (0.8%). También García (2022), coincide en sus resultados, al obtener como principales elementos químicos de la cal viva a Ca (62%), Si (2%) y Al (1%). De esa manera, confirmamos que las propiedades químicas y físicas de la vinaza de caña de azúcar y la cal viva, son idóneas para lograr un mejoramiento en subrasantes.

- En esta investigación, al determinar las características físicas y mecánicas de la subrasante de la vía que conecta Vinchamarca Grande – Virahuanca, al sustituir vinaza por agua en porcentajes de 25%, 50% y 75%, y añadir cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8%, los resultados reflejaron según la clasificación SUCS que mientras más cal viva se le añade a la subrasante su clasificación mejora, obteniendo con un 4% de cal viva una clasificación según SUCS de CL-ML, con 6 y 8% se tiene una clasificación SUCS de ML, además con mayor porcentaje de cal viva su índice de plasticidad disminuye teniendo con el 4% de cal viva un IP de 5% con el 6% de cal viva un IP de 3% y con el 8% de cal viva un IP de 1%, además se obtuvo una gran mejora en el índice CBR, teniendo como la combinación con el índice más bajo a la de 4% Cal Viva y 75% de vinaza al tener un CBR de 39.3% al 95% de 1” de penetración y la combinación con el índice más alto es la de 6% de cal viva y 25% de vinaza, al obtener un CBR de 54.6% al 95 de 1”. Estos resultados coinciden parcialmente con lo sostenido por Alegre y Gallarday (2022), quienes en su trabajo de investigación señalan que el suelo en el que se realizó su estudio presenta un CBR al 95% de 6.9%, al añadir 25% de vinaza. También Rios y Solano (2021), coinciden parcialmente en sus resultados, al decir que a medida que aumenta la dosificación de cal a la muestra, su capacidad portante y resistencia aumenta significativamente, presentando un CBR de 19.30% al añadirle 5% de cal. Es así, que podemos concluir que al identificar las características físicas y mecánicas de la subrasante al sustituir

vinaza por agua y al añadirle cal viva pudimos observar una mejora significativa en las propiedades de la subrasante.

- De acuerdo a los resultados de esta investigación, al determinar la dosificación óptima de las combinaciones al sustituir 25%, 50% y 75% de agua por vinaza y al añadir 4%, 6% y 8% de cal viva, se pudo observar una mejor significativa en todas las combinaciones respecto a nuestra muestra patrón viniendo a ser la calicata 5, donde la dosificación que logró una mejora mayor fue la de 6% de cal viva y el 25% de vinaza, al poder llegar obtener una CBR de 54.6% respecto a la calicata 5 que tuvo un CBR de 2.4%. Estos resultados coinciden con Alegre y Gallarday (2022), quienes eligieron a la adición del 25% de vinaza como más favorable en la mejora de las propiedades de la subrasante, asimismo Calderón (2022), en su investigación indica que al adicionar mayor porcentaje de cal influye de manera positiva, incrementando la capacidad de soporte en la subrasante, con lo cual no estamos totalmente de acuerdo con esta afirmación, debido a que en nuestra investigación la adición del 6% de cal viva tuvo mejores resultados que la adición del 8% de cal viva, pero también debemos tener en cuenta que nuestra adición de cal viva a la vez se sustituye agua por vinaza.

- Los resultados corroboran investigaciones anteriores sobre las ventajas e inconvenientes del empleo de óxido de calcio (cal viva) y vinaza para la estabilización de la subrasante. Estudios anteriores han mostrado que la utilización de subproductos industriales como la vinaza puede ser más económica y sostenible comparado con métodos convencionales que utilizan cemento. La diferencia de costos observada en esta investigación, con S/ 8.61 por m² frente a S/ 9.35 por m², es consistente con los hallazgos de otros estudios sobre el costo-beneficio de estos materiales alternativos. Estos resultados coinciden con Alegre y Gallarday (2022) quienes determinaron que el costo de mejoramiento de su subrasante en 1 m² con un espesor de 15 cm, es de S/. 8.50, usando una adición de vinaza de 25% y de 75% de agua, asimismo García (2022), nos indica que la estabilización de suelos con cal permite la reducción considerable de costos. Es así que podemos concluir que, al comparar las ventajas económicas de una estabilización convencional, con una estabilización con cal viva y vinaza, se aminoran los gastos considerablemente.

- Los resultados obtenidos al evaluar el comportamiento del tramo de prueba de 15 m² utilizando la combinación óptima de vinaza y cal viva en la subrasante son consistentes con la literatura previa, pudimos observar que, la densidad del suelo seco obtenida en laboratorio fue



de 1.860 gr/cm³ mientras que la obtenida e campo mediante el ensayo de densidad de campo fueron de 1.755 gr/cm³, 1.777 gr/cm³ y 1.754 gr/cm³, además el índice de CBR al 95% de 1” de penetración obtenida en laboratorio fue de 54.60% mientras que el obtenido en campo mediante el ensayo del DCP fueron de 66.0%, 68.60% y 67.0%. Estos resultados coinciden con Castro (2023), quien obtuvo unos índices de CBR de 16.3%, 15.3% y 14.8% al 95% de 1” de penetración en su tramo de prueba, siendo éstas, mayores al obtenido en laboratorio que fue de 10.83%. De esta manera podemos concluir que los resultados de CBR obtenidos en campo pueden diferir un poco con los obtenidos en laboratorio, debido a las condiciones en las que se esté trabajando.

CAPÍTULO V:
Conclusiones y
Recomendaciones

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En base a los resultados, se valida la hipótesis del estudio, que plantea que la adición de cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y la sustitución de agua por vinaza en porcentajes de 25%, 50% y 75% mejorarán el comportamiento físico-mecánico de la subrasante de la carretera que une Vinchamarca Grande y Virahuanca en el distrito de Moro.

- Tras analizar las características mecánicas y físicas de las ocho calicatas muestreadas, se comprobó que la calicata 05 era la menos favorable de todas, con un índice de plasticidad del 8%, una clasificación SUCS de arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) y una clasificación AASHTO (A-6). Sus datos del Proctor modificado para CBR muestran que tiene una humedad óptima (O.C.H.) del 12,6% y una densidad seca máxima (M.D.S.) de 1,849 gr/cm³. En cuanto a su CBR, destacamos que obtuvo un índice de 2,4% al 95% de la M.D.S. y 0,1" de penetración.

- Se analizaron las propiedades químicas y físicas de la Vinaza de caña de azúcar, obteniendo una viscosidad de 1.19Cp, lo que equivale a 0.00112 kg/(m.s), superando el valor del agua que tiene una viscosidad de 1Cp equivalente a 0.00105 kg/(m.s), también se encontró como principales elementos dentro de la vinaza al Sodio (Na) con una concentración de 2 – 4%, el Potasio (K) con una concentración de 1 - 3% y el Calcio (Ca) con una concentración de 0.5 – 1%. También para la Cal viva hallamos como sus principales elementos Calcio (Ca) con una concentración de 50 – 70%, el Silicio (Si) con una concentración de 0.5 - 3% y el aluminio (Al) con una concentración de 0.1 – 1% y con respecto a su granulometría observamos que presenta una 3% retenido en el tamiz N°100, 12% retenido en el tamiz N°200 y del 85% retenido en la cazoleta, comprobando que se trabajó con una Cal Viva molida.

- La calicata 05 fue la muestra menos favorable. Utilizando cal viva en porcentajes de 4%, 6% y 8% y vinaza de caña de azúcar en porcentajes de 25%, 50% y 75%, se identificaron las características físicas de las nueve combinaciones y se le aplicaron. Se encontró que la adición de 4% de cal viva mejoró la clasificación SUCS de la muestra, transformándola de una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) a un limo arenoso de baja plasticidad (ML) y de una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL - ML) mediante la adición de 6% y 8% de cal viva. Además, el índice de plasticidad de la cal viva disminuyó con el aumento del porcentaje, alcanzando el 1% para una adición de cal viva del 8%. También se notó que la Máxima Densidad Seca de las 9 combinaciones fue variable, obteniendo como la más mínima la

combinación de 8% de Cal viva y 75% de vinaza, llegando a obtener una M.D.S. DE 1.801 gr/cm³ y la máxima fue de la combinación de 6% de Cal viva y 25% de vinaza, obteniendo una M.D.S. de 1.863 gr/cm³; pudiendo observar que al momento de finalizada la compactación no hay una mejora considerable de la Máxima Densidad Seca, sin embargo, cuando las muestras se sumergieron en agua durante cuatro días, sus valores de capacidad de soporte mejoraron considerablemente, llegando a obtener como valor mínimo un índice de CBR de 39.3% al 95% de su M.D.S. con un 0.1” de penetración, perteneciente a la combinación del 4% de Cal viva y 75% de vinaza y como valor máximo un índice de CBR de 54.6% al 95% de su M.D.S. con un 0.1” de penetración, perteneciente a la combinación del 6% de Cal viva y 25% de Vinaza.

- Se determinó que la dosificación óptima de las 9 combinaciones fue la de adicionar 6% de Cal viva y de sustituir el 25% de agua por vinaza de caña de azúcar, llegando a presentar el índice de CBR más alto con un 86.5% al 100% de su M.D.S. y 0.1” de penetración.

- El coste de la mejora de la subrasante en una región de 1 m² con un espesor de 0,15 m se calculó en S/ 8.61 este mejoramiento se logra utilizando una adición del 6% de cal viva a la subrasante y sustituyendo el 25% de agua por vinaza. El costo total por metro cúbico de terreno mejorado es de S/ 57.42. Sin embargo, el gasto de utilizar cemento para la estabilización del suelo podría alcanzar S/ 9.35 por metro cuadrado y S/ 62.34 por metro cúbico.

Con esta dosificación del 6% de Cal viva y del 25% de vinaza de caña de azúcar, se llegó a mejorar las características mecánicas del CBR del suelo, pasando de un índice de CBR del 2.4% al 95% de su M.D.S. con un 0.1” de penetración a un índice de CBR del 54.6% del 95% de su M.D.S. con un 0.1” de penetración, en contraste con la subrasante del suelo natural.

- El rendimiento se evaluó en una sección de prueba de 15 m² utilizando una prueba dinámica con penetrómetro de cono para determinar el CBR Insitu. El resultado fue una mejora significativa de la capacidad portante del suelo natural en relación con la combinación óptima, que era de un 6% de cal viva con un 25% de vinaza de caña de azúcar. Con 0,1" de penetración en el suelo natural, se obtuvo un valor CBR medio del 6,5% del 95% de su M.D.S., y con 0,1" de penetración en el suelo natural, se obtuvo un valor CBR medio del 67,2% del 95% de su M.D.S. cuando se añadió un 6% de cal viva y se sustituyó el 25% de agua por vinaza de caña de azúcar.



5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere a los próximos estudiantes que estén realizando sus tesis e investigaciones, considerar diferentes combinaciones entre Cal viva y vinaza de caña de azúcar, teniendo en consideración la temperatura de la misma, con el fin de determinar si se observa una mejora en la resistencia.
- Se recomienda a los futuros tesisistas que estudien si han mejorado las cualidades físicas, mecánicas y químicas de otros tipos de suelos investigando en ellos.
- Se aconseja que los ingenieros y profesionales de la construcción no utilicen cal viva en porcentajes superiores al 8%, ya que aumentaría la cantidad de finos del suelo.
- Se recomienda a los profesionales de la ingeniería civil y geotécnica, no utilizar la vinaza de caña de azúcar en grandes porcentajes, ya que presenta como elemento principal al Sodio (Na), indicando que su uso en grandes porcentajes podría afectar negativamente al suelo en su estructura, permeabilidad y capacidad de retención de agua.
- Se recomienda a los planificadores de proyectos de infraestructura, utilizar los resultados de laboratorio de este estudio, para la estabilización de suelos cohesivos, para así tener una mejora en su capacidad portante.
- Se recomienda a los contratistas y gestores de proyectos de construcción vial, emplear esta combinación entre vinaza de caña de azúcar y Cal viva, ya que la mejora en la capacidad portante es considerable y el costo del empleo de éstas es más económica comparándola ante una estabilización convencional.

CAPÍTULO VI:
Referencias Bibliográficas y
Virtuales



6. CAPÍTULO VI: Referencias Bibliográficas y Virtuales

Alegre de la Cruz, LA, & Gallarday Alejos, JA (2022). Evaluación de la estabilización de suelos con aplicación de vinaza en la trocha carrozable tramo Motocachy – Macracancha, Santa-2021. Chimbote, Perú: Universidad César Vallejo.

Altamirano Navarro, GJ, & Díaz Sandino, AE (2015). Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Angulo Roldán, M., & Zavaleta Papa, CN (2020). Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan - Maynas - Iquitos, 2019. Loreto, Perú: Universidad Científica del Perú - UCP.

Bustamante Salazar, FL (2021). Estabilización de suelos cohesivos mediante incorporación de vinaza de *Saccharum Officinarum*, carretera Rayme km. 0+000 al km. 5+010, Cutervo, Cajamarca. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.

Bustamante Salazar, FL, Marín Bardales, NH y Benites Chero, JC (2022). Uso de vinaza de *Saccharum Officinarum* para estabilización de suelos cohesivos. *Revista Infraestructura Vial*, 24 (43), 5–6.

Calderón Lopez, NA (2022). Efectos de la estabilización con cal viva y ceniza de cañihua en las propiedades de la subrasante, carretera Caracoto – Suches, Puno, 2022. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

Castro Macalupu, AA (2023). Aplicación de residuos de melaza y vinaza como agentes estabilizantes en suelo cohesivo. Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán.

Chacón Silva, P. C., & Chávez Melo, Z. B. D. (2023). Optimización de la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo con adición de escoria de hornos eléctricos - Nuevo Chimbote. Ancash, Perú: Universidad Nacional del Santa.



Chávez Arbayza, D. M. A. B., & Odar Yabar, G. (2019). Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Chomba Leyva, W. E., & Vásquez Solís Zuñiga, W. A. (2022). Determinar las propiedades físicas y mecánicas en subrasantes del pavimento flexible, utilizando vinaza y polímero en Guadalupe La Libertad -2022. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.

Condori Quispe, R. A. (2023). Estudio experimental para la estabilización de suelos arcillosos con polvo de cáscara de huevo y cal. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Cordova Rubin, J. W. (2018). Utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos, Huancayo. Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes.

Cruzado Medina, C. I. (2019). Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

Enrique Espinoza, Z. A., & Montes Romero, C. J. (2022). Estabilización De Suelos Arcillosos Mediante Residuos De Conchas De Mejillón Y Cal Viva En El Sector Vial De Paria-Recrish-Ancash”. Huaraz, Perú: Universidad César Vallejo.

Farfán Gómez, L. G. (2022). Estabilización de subrasante en suelo arcilloso aplicando cemento en la Av. Los Naranjos Unidad Vecinal Ccehuarpampa, provincia Andahuaylas – Apurímac 2022. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

Fuentes Alarcón, J. F. (2021). Análisis comparativo e el mejoramiento de subrasante e impermeabilización entre el uso del aditivo iónico proes y la cal viva en zonas urbanas no pavimentadas de La Ensenada VIII del distrito de Pimentel, 2019. Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Galvez Idrogo, D. (2021). Estudio comparativo de California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio y penetración dinámica de cono (PDC) en la subrasante de la nueva vía de



evitamiento alterna de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

García Restrepo, A. L. (2022). Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

Guamán Iler, I. I. (2016). Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Huancoillo Humpiri, Y. J. (2017). Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané - Chupa - Puno. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Loaiza Larreategui, J. I. (2017). Mejoramiento de suelos GP con vinaza. Samborondón: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Méndez Medina, J. D., & López Gonzales, C. F. (2020). Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz. Cundinamarca, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

Mescoco Huamán, Y., & Reyes Hanco, A. (2022). Comparación de la resistencia mediante el PDC y CBR en suelos de subrasante del circuito Valle de Salcca, Cusco 2021. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Norma CE. 020 "Estabilización de Suelos y Taludes". Lima, Perú.



Pin Ponce, J., & Ortiz Hernández, E. (2024). Estabilización de suelos arcillosos con el empleo de cal. *Dominio de las Ciencias*, 10(1), 11.

Portaluppi Diana, L. S. (2019). Estudio del comportamiento mecánico mediante ensayos cíclicos de suelos arcillosos del Bajo Chaco estabilizados con cal. San Lorenzo, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción.

Ramírez Borbón, L. G. (2020). Procedimiento para mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volcánica y cal para cumplir con los criterios de aceptación que marca la Norma N-CMT-1-01/16. Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa.

Rincón Hernández, L. P., & Cortes Roa, A. A. (2020). Análisis de la resistencia a la compresión confinada y CBR de un afirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.

Rios Barboza, H. A., & Solano Cardenas, B. A. (2021). Estudio exploratorio de estabilización de una subrasante de suelo arcilloso con cal viva como material estabilizante en el A.A.H.H. Las Colinas, Calle Lagunas - San Juan Bautista - 2021. Loreto, Perú: Universidad Científica del Perú.

Takata Vidal, V. H. (2020). Aplicación de vinaza al suelo. Uruguay: Universidad de la República de Uruguay.

Toledo Cáceres, AJ (2014). Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos fricciantes utilizados en subrasantes en carreteras. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.


CAPÍTULO VII:

Anexos



ANEXO 1

Ensayos al material obtenido en campo.

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-01
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 1

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	27.76	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	159.46	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	148.49	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.09	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	29.52	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	151.86	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	141.91	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.85	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	28.43	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	152.12	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	141.59	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.31	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
9.09	8.85	9.31	9.08

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
<p>Nombre y firma:</p>  <p>Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Ms. Julio César Rivasplata Díaz</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-02
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 2

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.20	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	165.93	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	153.83	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.63	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.14	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	165.79	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	151.88	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.24	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	27.94	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	175.26	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	162.30	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.65	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
9.63	11.24	9.65	10.17

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
<p>Nombre y firma:</p>  <p>Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>	<p>Nombre y firma:</p>   <p>Ms. Julio César Rivasplata Díaz</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-03
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Fisico-Mecánico de la subrasante, entre la via Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Alvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 3

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.87	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	172.72	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	169.87	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.03	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	29.70	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	151.42	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	149.04	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.99	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	28.45	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	163.73	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	160.94	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.11	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
2.03	1.99	2.11	2.04

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
<p>Nombre y firma:</p>  <p>Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>	<p>Nombre y firma:</p>   <p>Ms. Julio César Rivasplata Diaz</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-04
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	4
Tesistas	: Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Asesora	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.28	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	160.25	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	157.63	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.02	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	27.70	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	169.11	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	165.38	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.71	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	29.52	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	164.78	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	161.91	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.17	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
2.02	2.71	2.17	2.30

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:   Ms. Julio César Rivasplata Díaz	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-05
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 5

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	29.30	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	153.09	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	147.83	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.44	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.11	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	155.03	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	149.56	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.50	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	29.53	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	168.40	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	162.31	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.59	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
4.44	4.50	4.59	4.51

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
<p>Nombre y firma:</p>  <p>Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Ms. Julio César Rivasplata Díaz</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-06
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Alvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 6

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.13	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	185.19	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	179.58	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.70	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.12	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	173.81	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	168.52	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.77	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	27.94	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	168.38	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	162.68	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.23	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
3.70	3.77	4.23	3.90

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:   Ms. Julio César Rivasplata Díaz	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Alvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-07
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Fisico-Mecánico de la subrasante, entre la via Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Alvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 7

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	27.78	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	167.53	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	155.21	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.67	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	29.54	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	171.63	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	159.51	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.32	


CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	30.41	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	153.29	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	142.43	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.70	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
9.67	9.32	9.70	9.56

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:   Ms. Julio César Rivasplata Díaz	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Alvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CH-08
	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ASTM D2216-19 - NTP 339.127	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

Nombre de Tesis : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Tesistas : Bach. Kenny William Sánchez Carrasco - Bach. Miguel Antonio Vilchez Bachiao

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

N° de Calicata: 8

Muestreado por : Tesistas

Ensayado por : Tesistas

Fecha de Ensayo: 04/12/2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	28.91	1
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	153.84	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	148.95	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.07	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	MUESTRA
1	Peso del Recipiente	g	29.83	2
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	151.90	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	146.97	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.21	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	Muestra
1	Peso del Recipiente	g	28.61	3
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	168.84	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	163.09	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.27	

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
4.07	4.21	4.27	4.18

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
<p>Nombre y firma:</p>  <p>_____ Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>_____ Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>	<p>Nombre y firma:</p>   <p>_____ Ms. Julio César Rivasplata Díaz</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>_____ Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>

**INFORME DE ENSAYO**

Código

VS-CS-01

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Versión

01

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Fecha

14-08-2024

Página

1 de 1

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

Material : 0

Registro N°: 1

Muestreado por : Tesisistas

Ensayado por : Tesisistas

Fecha de Ensayo: 05/12/2023

Turno: Diurno

Código de Muestra : ---

Sondaje / Calicata : C-1

N° de Muestra : M-1

Progresiva : ---

Profundidad: 1.00 m

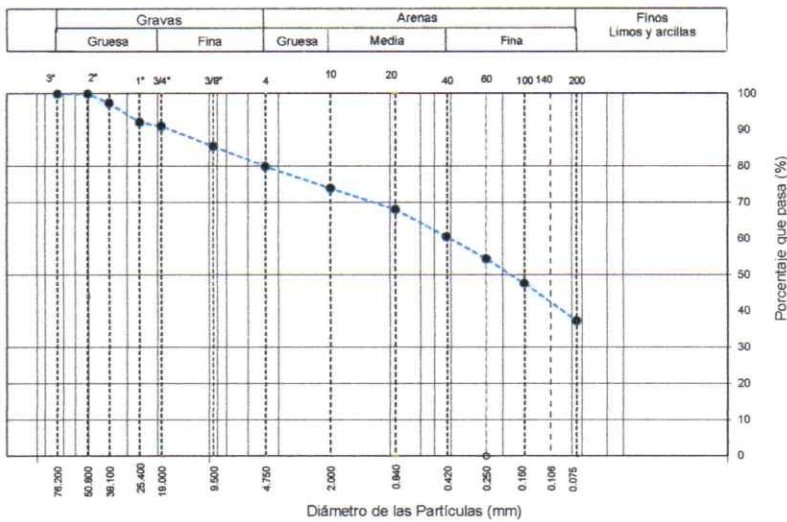
Norte: ---

Este: ---

Cota: ---

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	2.5	97.5
1"	25.400	7.8	92.2
3/4"	19.000	8.9	91.1
3/8"	9.500	14.5	85.5
N° 4	4.750	20.0	80.0
N° 10	2.000	26.0	74.0
N° 20	0.840	31.9	68.1
N° 40	0.425	39.4	60.6
N° 60	0.250	45.6	54.4
N° 100	0.150	52.4	47.6
N° 200	0.075	62.7	37.3

**CONTENIDO DE HUMEDAD**
ASTM D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

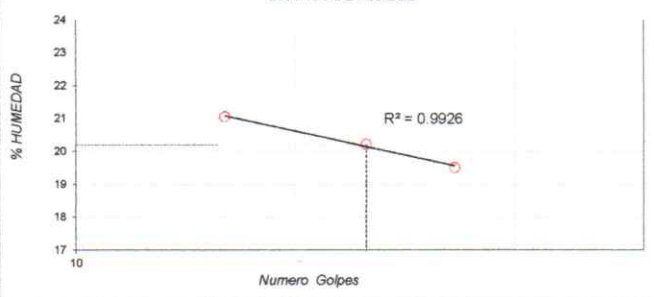
CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL

SM Arena Mal Graduada de color marrón oscuro en condición parcialmente húmeda, densa.

NOTAS SOBRE LA MUESTRA

Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4

GRÁFICO DE FLUIDEZ**LÍMITES DE CONSISTENCIA**
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	20
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-6
NOMBRE DEL GRUPO	Arena mal graduada con grava

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	20.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	42.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	37.3

TESISTAS

Nombre y firma:

Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

Nombre y firma:

Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO

Nombre y firma:

Ms. Lidia César Rivaspiata Díaz

ASESORA

Nombre y firma:

Mg. Luz Esther Álvarez Asto





INFORME DE ENSAYO

Código VS-CS-02

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Versión 01

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Fecha 14-06-2024

Página 1 de 1

Proyecto: Comportamiento Fisico-Mecánico de la subrasante, entre la via Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
Propietario: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
Código del Proyecto: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
Ubicación de Proyecto: Moro
Material: 0

Registro N°: 2

Muestreado por: Tesistas
Ensayado por: Tesistas
Fecha de Ensayo: 05/12/2023
Turno: Diurno

Código de Muestra: ---
Sondaje / Calicata: C-2
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 1.00 m
Norte: ---
Este: ---
Cota: ---

Table with 4 columns: TAMIZ, ABERTURA (mm), PORCENTAJE RETENIDO, PORCENTAJE QUE PASA. Lists sieve sizes from 3" to 0.075mm and corresponding percentages.

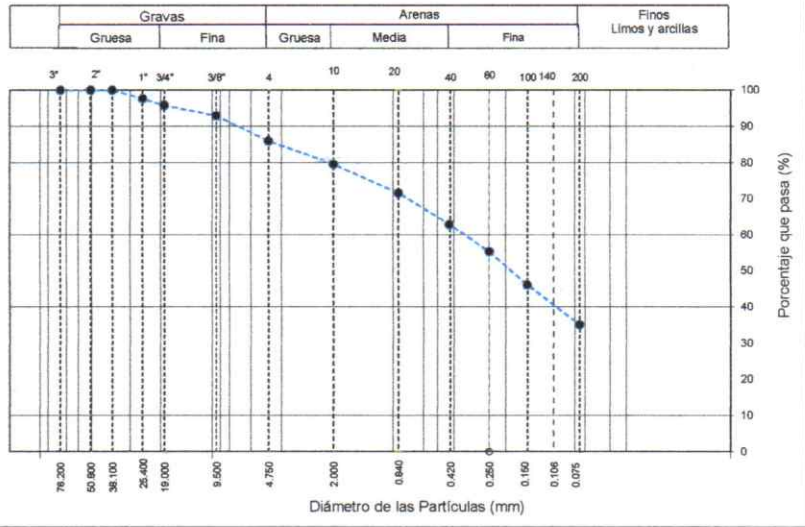


Table for CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216. Includes fields for humidity percentage (9.6), drying method (Horno a 110 +/- 5°C), and excluded materials (Ninguno).

Table for CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL. Includes classification (SM Arena Mal Graduada) and notes (Sin presencia de materiales extraños).

Table for PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA and PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO. Details sample preparation and sieving methods.

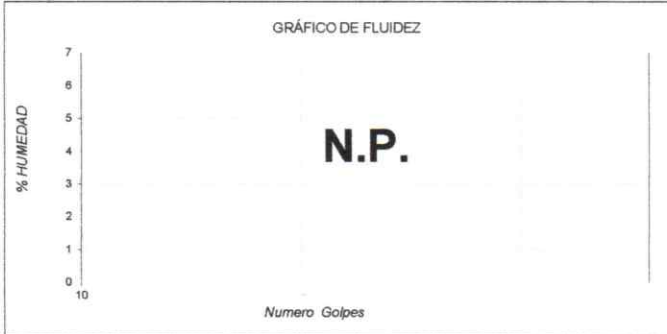


Table for LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318. Lists liquid limit (N.P.), plastic limit (N.P.), plasticity index (N.P.), consistency index (---), and liquidity index (---).

Table for CLASIFICACIÓN DEL SUELO. Shows classification according to SUCS (SM) and AASHTO (A-2-4 (0)), and the soil group name (Arena limosa).

Table for COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS. Shows percentages of gravel (14.0%), sand (50.9%), and fines (35.1%).

TESISTAS section with names and signatures of Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco and Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao.

JEFE DE LABORATORIO section with name and signature of Mr. Julio César Rivasplata Díaz, including a blue official stamp.

ASESORA section with name and signature of Mg. Luz Esther Álvarez Asto.





INFORME DE ENSAYO

Código	VS-CS-03
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

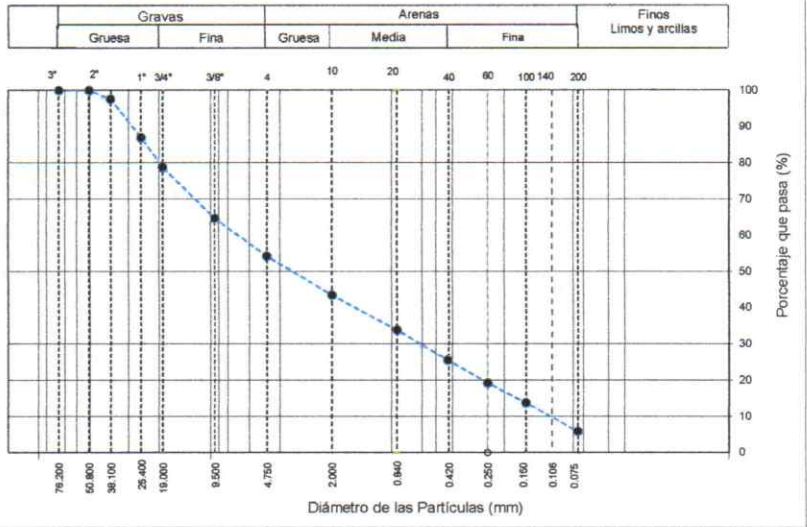
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinohamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
 Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 Ubicación de Proyecto : Moro
 Material : 0

Registro N°: 3
 Muestreado por : Tesisistas
 Ensayado por : Tesisistas
 Fecha de Ensayo: 05/12/2023
 Turno: Diurno

Código de Muestra : --- Profundidad: 1.00 m
 Sondaje / Calicata : C-3 Norte: ---
 N° de Muestra : M-1 Este: ---
 Progresiva : --- Cota: ---

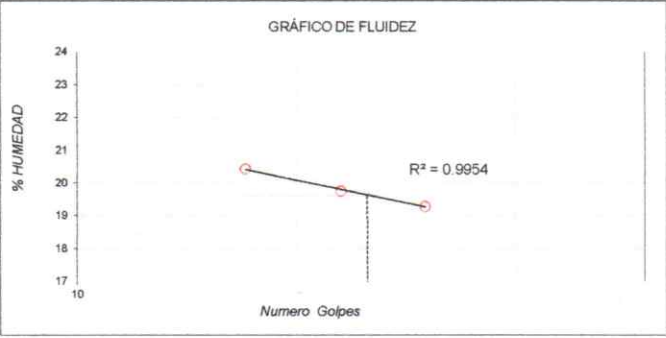
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	2.4	97.6
1"	25.400	13.0	87.0
3/4"	19.000	21.2	78.8
3/8"	9.500	35.3	64.7
Nº 4	4.750	45.8	54.2
Nº 10	2.000	56.5	43.5
Nº 20	0.840	66.2	33.8
Nº 40	0.425	74.4	25.6
Nº 60	0.250	80.8	19.2
Nº 100	0.150	86.2	13.8
Nº 200	0.075	94.1	5.9



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SP Arena Mal graduada de color beige en condición parcialmente húmeda a seca y no densa, con presencia de grava.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo.

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	Nº4



LÍMITE LÍQUIDO	20
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-6 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena mal graduada con limo y grava

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	45.8
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	48.4
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	5.9

TESISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

Nombre y firma:
 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivasplata Díaz

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

Código VS-CS-04

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Versión 01

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Fecha 14-06-2024

Página 1 de 1

Proyecto: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
Propietario: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
Código del Proyecto: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
Ubicación de Proyecto: Moro
Material: 0

Registro N°: 4

Muestreado por: Tesistas
Ensayado por: Tesistas
Fecha de Ensayo: 05/12/2023
Turno: Diurno

Código de Muestra: ---
Sondaje / Calicata: C-4
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 1.00 m
Norte: ---
Este: ---
Cota: ---

Table with 4 columns: TAMIZ, ABERTURA (mm), PORCENTAJE RETENIDO, PORCENTAJE QUE PASA. Lists sieve sizes from 3" to 0.075mm and corresponding percentages.

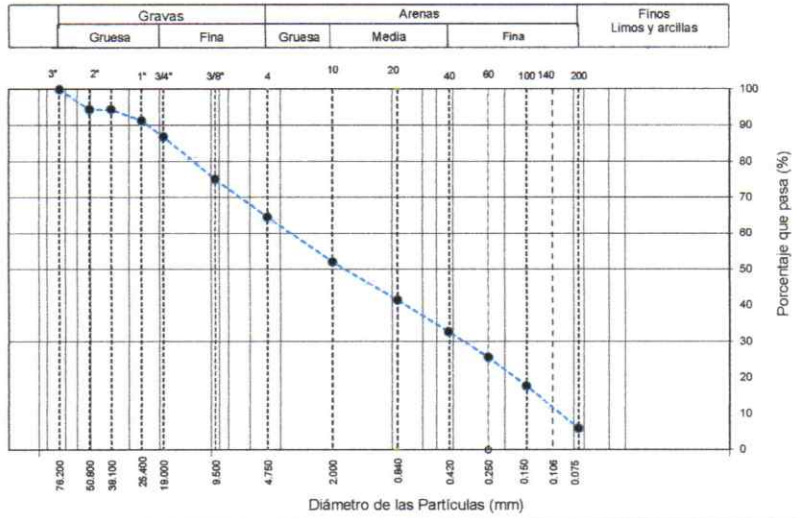


Table for moisture content (ASTM D2216) with columns for moisture percentage (2.0), drying method (Horno a 110 +/- 5°C), and excluded materials (Ninguno).

Table for classification and notes. Classification: SP Arena Mal graduada de color beige en condición parcialmente húmeda a seca y no densa, con presencia de grava. Notes: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo.

Table for sample preparation: PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA (Secada al horno a 110 +/- 5°C), PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO (Tamizado compuesto), TAMIZ SEPARADOR (N°4).

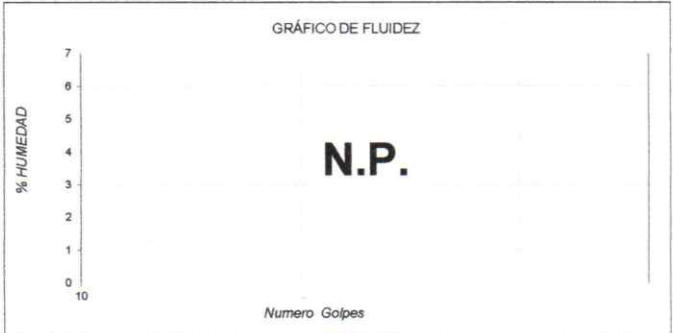


Table for consistency limits (ASTM D4318) with columns for Liquid Limit (N.P.), Plastic Limit (N.P.), Plasticity Index (N.P.), Consistency Index (---), and Liquidity Index (---).

Table for soil composition by particle size: Grava (35.4%), Arena (58.7%), Finos (5.9%).

Table for soil classification: SUCS (ASTM D2487) SP - SM, AASHTO (ASTM D3282) A-2-4 (1), and group name: Arena mal graduada con limo y grava.

TESISTAS
Nombre y firma: [Signatures]
Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco, Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma: [Signature]
Ms. Julio César Rivaspiata Díaz
JEFATURA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

ASESORA
Nombre y firma: [Signature]
Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

Código	VS-CS-05
Versión	01
Fecha	14-08-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

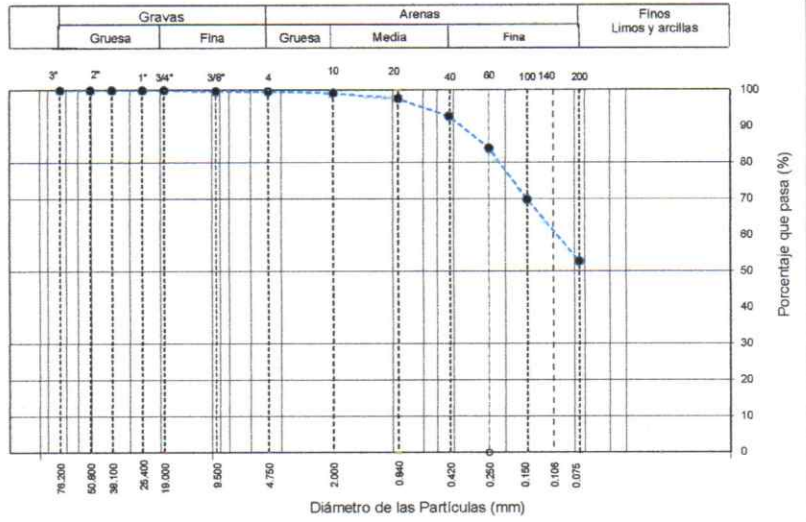
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
 Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 Ubicación de Proyecto : Moro
 Material : 0

Registro N°: 5
 Muestreado por : Tesistas
 Ensayado por : Tesistas
 Fecha de Ensayo: 05/12/2023
 Turno: Diurno

Código de Muestra : --- Profundidad: 1.00 m
 Sondaje / Calicata : C-5 Norte: ---
 N° de Muestra : M-1 Este: ---
 Progresiva : --- Cota: ---

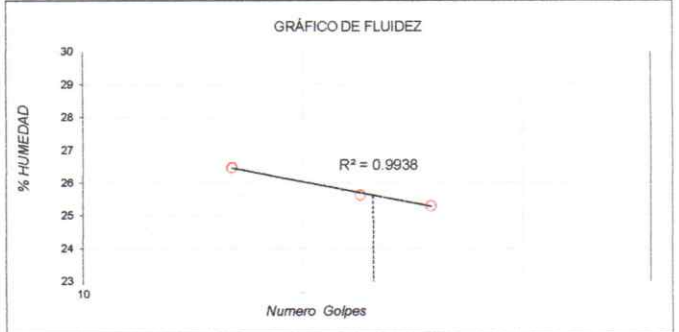
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.3	99.7
N° 4	4.750	0.4	99.6
N° 10	2.000	0.9	99.1
N° 20	0.840	2.3	97.7
N° 40	0.425	7.2	92.8
N° 60	0.250	16.0	84.0
N° 100	0.150	30.2	69.8
N° 200	0.075	47.3	52.7



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM - SC Arena Limosa o Arena Arcillosa de color beige claro en condición parcialmente húmeda, muy densa, con poca presencia de grava.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITE LÍQUIDO	26
LÍMITE PLÁSTICO	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	8
INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.8
INDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.4
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	47.0
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	52.7

TESISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco
 Nombre y firma:
 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Mg. Juan César Rivasplata Díaz
 JEFATURA

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

Código VS-CS-06

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Versión 01

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Fecha 14-06-2024

Página 1 de 1

Proyecto: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
Propietario: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
Código del Proyecto: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
Ubicación de Proyecto: Moro
Material: 0

Registro N°: 6

Muestreado por: Tesistas
Ensayado por: Tesistas
Fecha de Ensayo: 05/12/2023
Turno: Diurno

Código de Muestra: ---
Sondaje / Calicata: C-6
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 1.00 m
Norte: ---
Este: ---
Cota: ---

Table with 4 columns: TAMIZ, ABERTURA (mm), PORCENTAJE RETENIDO, PORCENTAJE QUE PASA. Lists sieve sizes from 3" to 0.075 mm and corresponding percentages.

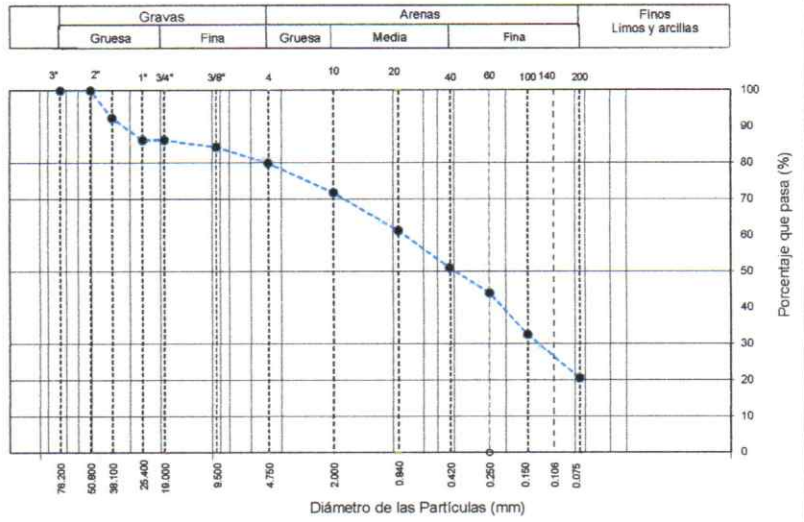


Table for Humidity Content (ASTM D2216) with columns for parameter and value: Humidity (3.7%), Drying Method (Horno a 110 +/-5°C), Excluded Materials (Ninguno).

Table for Visual Classification (Manual) and Notes. Classification: SM Arena Limosa de color marrón en condición parcialmente húmeda, poco densa. Notes: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo.

Table for Sample Obtaining and Sieving Procedure. Procedure: "Secada al horno a 110 +/- 5°C", Sieving: Tamizado compuesto, Separator: N°4.

Table for Consistency Limits (ASTM D4318) with columns for parameter and value: Liquid Limit (18), Plastic Limit (N.P.), Plasticity Index (N.P.), Consistency Index (---), Liquidity Index (---), Method (Multipunto).



Table for Soil Composition by Particle Size. Values: Gravel (20.0%), Sand (59.4%), Fines (20.6%).

Table for Soil Classification. SUCS (ASTM D2487): SM, AASHTO (ASTM D3282): A-2-6 (0), Group Name: Arena limosa con grava.

TESISTAS
Nombre y firma: [Signatures]
Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco, Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma: [Signature]
Mg. Julio César Rivasplata Díaz
JEFATURA

ASESORA
Nombre y firma: [Signature]
Mg. Luz Esther Álvarez Asto

**INFORME DE ENSAYO**

Código VS-CS-07

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Versión 01

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Fecha 14-06-2024

Página 1 de 1

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana,
al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022

Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Ubicación de Proyecto : Moro

Material : 0

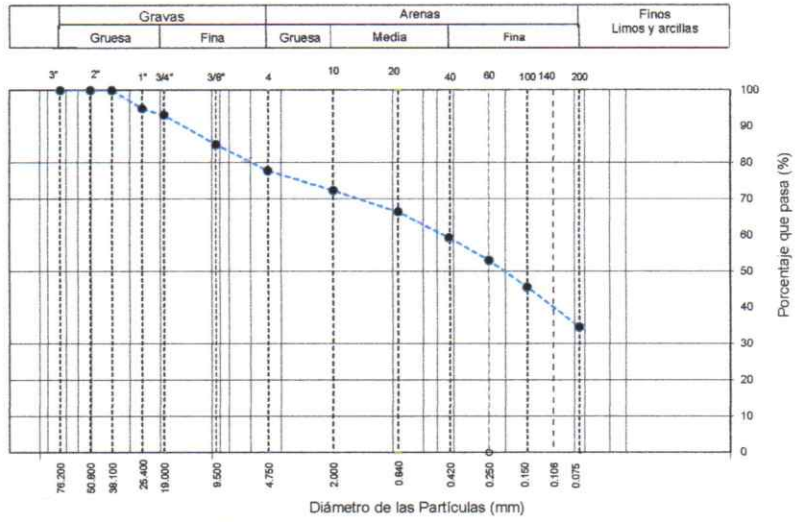
Registro N°: 7

Muestreado por : Tesistas
Ensayado por : Tesistas
Fecha de Ensayo: 05/12/2023
Turno: Diurno

Código de Muestra : ---
Sondaje / Calicata : C-7
N° de Muestra : M-1
Progresiva : ---

Profundidad: 1.00 m
Norte: ---
Este: ---
Cota: ---

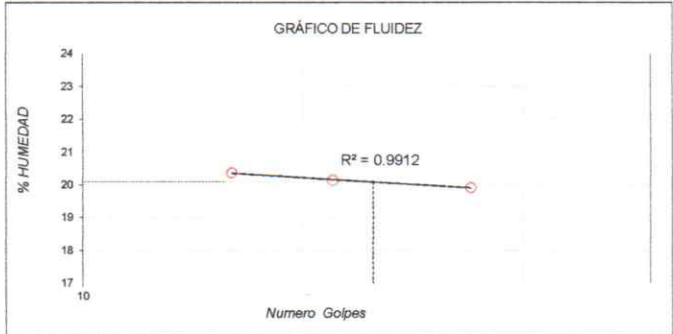
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	100.0
1"	25.400	5.1	94.9
3/4"	19.000	6.8	93.2
3/8"	9.500	14.9	85.1
N° 4	4.750	22.2	77.8
N° 10	2.000	27.7	72.3
N° 20	0.840	33.5	66.5
N° 40	0.425	40.7	59.3
N° 60	0.250	47.0	53.0
N° 100	0.150	54.4	45.6
N° 200	0.075	65.4	34.6



CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.7
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM Arena Mal Graduada de color marrón oscuro en condición parcialmente húmeda, densa.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	20
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	22.2
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	43.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	34.6

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-6 (2)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa con grava

TESISTAS

Nombre y firma:

Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

Nombre y firma:

Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO

Nombre y firma:

Ms. Julio César Rivasplata Díaz

JEFATURA
LABORATORIO NACIONAL DE INGENIERÍA Y MECÁNICA SUELOS Y ENSAYOS MECANICOS

ASESORA

Nombre y firma:

Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

Código	VS-CS-08
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

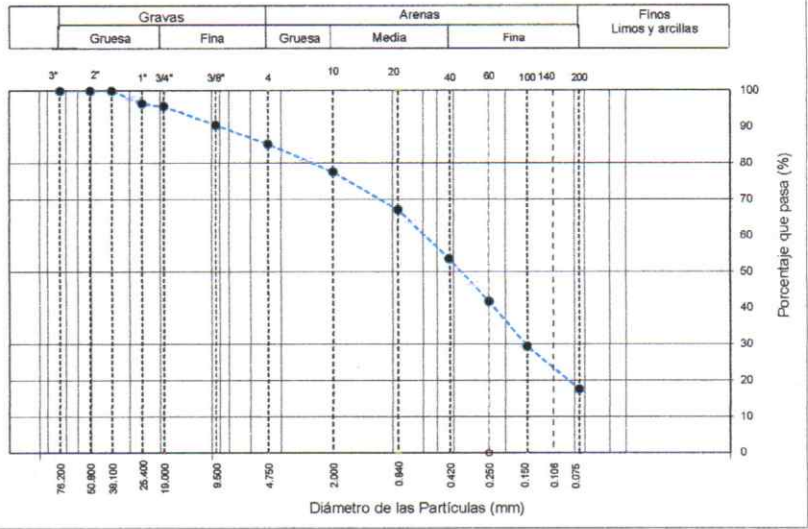
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana,
 al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
 Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 Ubicación de Proyecto : Moro
 Material : 0

Registro N°: 8
 Muestreado por : Tesistas
 Ensayado por : Tesistas
 Fecha de Ensayo: 05/12/2023
 Turno: Diurno

Código de Muestra : --- Profundidad: 1.00 m
 Sondaje / Calicata : C-8 Norte: ---
 N° de Muestra : M-1 Este: ---
 Progresiva : --- Cota: ---

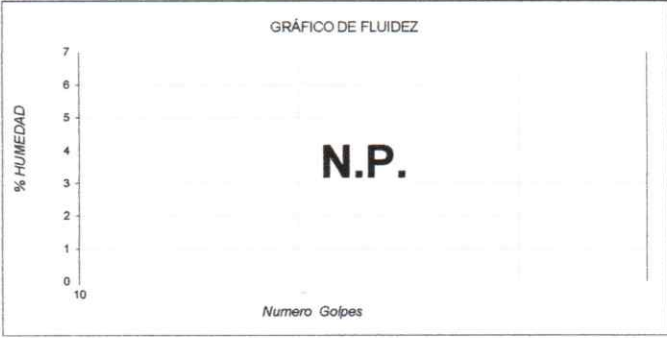
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	100.0
1"	25.400	3.5	96.5
3/4"	19.000	4.3	95.7
3/8"	9.500	9.5	90.5
N° 4	4.750	14.7	85.3
N° 10	2.000	22.4	77.6
N° 20	0.840	32.8	67.2
N° 40	0.425	46.4	53.6
N° 60	0.250	58.2	41.8
N° 100	0.150	70.5	29.5
N° 200	0.075	82.4	17.6



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM Arena Mal Graduada de color marrón oscuro en condición parcialmente húmeda, densa.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	14.7
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	67.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	17.6

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa

TESISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco
 Nombre y firma:
 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivasplata Díaz

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 - NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	1
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	11/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno

Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

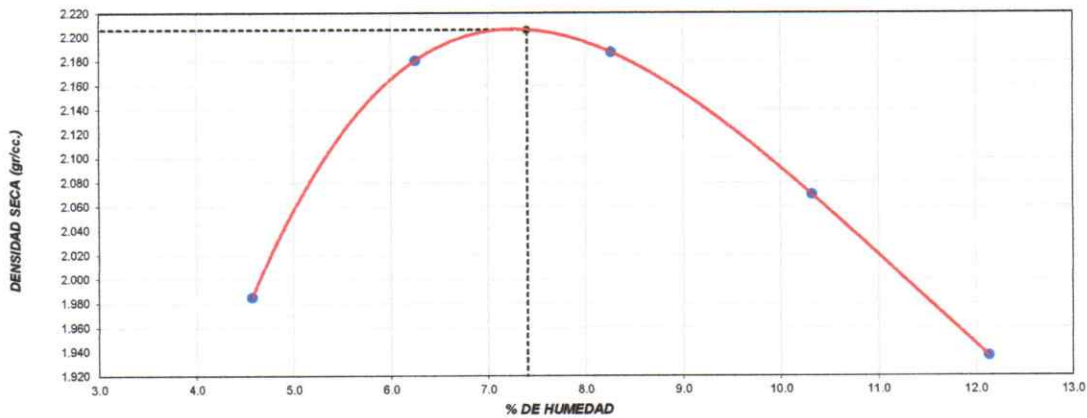
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2754.2	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.076	2.317	2.368	2.284	2.172
Contenido de agua	%	4.6	6.3	8.3	10.3	12.1
Densidad Seca	gr/cc	1.985	2.181	2.187	2.070	1.937

Densidad Máxima Seca:	2.206	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	7.4	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma: Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	1
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno

Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	2		4		7	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	11,678	11,715	11,359	11,545	11,543	11,795
Peso molde (gr.)	6,731	6,731	6,724	6,724	7,150	7,150
Peso suelo compactado (gr.)	4,947	4,984	4,635	4,821	4,394	4,646
Volumen del molde (cm ³)	2,096	2,096	2,101	2,101	2,101	2,101
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,360	2,378	2,206	2,294	2,091	2,211
Densidad Seca (gr./cm ³)	2,204	2,196	2,049	2,108	1,946	2,034

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	27.4	27.6	26.8	26.2	27.6	26.6
Tara + suelo húmedo (gr.)	136.3	154.2	140.4	143.6	129.8	139.5
Tara + suelo seco (gr.)	129.1	144.5	132.3	134.2	122.7	130.5
Peso de agua (gr.)	7.2	9.7	8.1	9.4	7.1	9.0
Peso de suelo seco (gr.)	101.7	116.7	105.5	106.0	95.1	103.7
Humedad (%)	7.1	8.3	7.7	8.9	7.5	8.7

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
15-feb	15:30	0	0.1161	0.0000	0.0000	0.0519	0.0000	0.0000	0.7130	0.0000	0.0000
16-feb	15:30	24	0.1320	0.0004	0.0003	0.0727	0.0005	0.0005	0.7329	0.0005	0.0004
17-feb	15:30	48	0.1350	0.0005	0.0004	0.0760	0.0006	0.0005	0.7340	0.0005	0.0005
18-feb	15:30	72	0.1370	0.0005	0.0005	0.0780	0.0007	0.0006	0.7348	0.0006	0.0005
19-feb	15:30	96	0.1380	0.0006	0.0005	0.0793	0.0007	0.0006	0.7350	0.0006	0.0005

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		111	5.7			23	1.2			14	0.7		
0.050		283	14.4			82	4.2			28	1.4		
0.075		447	22.8			146	7.4			45	2.3		
0.100	70.307	614	31.3	31.0	44.1	215	10.9	13.8	19.6	64	3.2	3.6	5.1
0.150		909	46.3			361	18.4			100	5.1		
0.200	105.460	1146	58.4	58.7	55.7	481	24.5	27.4	26.0	129	6.6	6.9	6.5
0.300		1502	76.5			692	35.2			188	8.5		
0.400		1726	88.0			806	41.0			180	9.2		
0.500		1982	100.9			914	46.5			197	10.0		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por los tesistas
 * ---
 * ---
 * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio Cesar Rivas Plata Diaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Alvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
ASTM D1883 - NTP 339.122

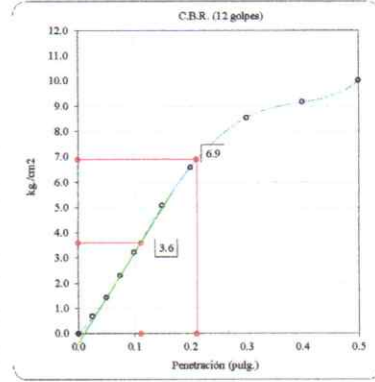
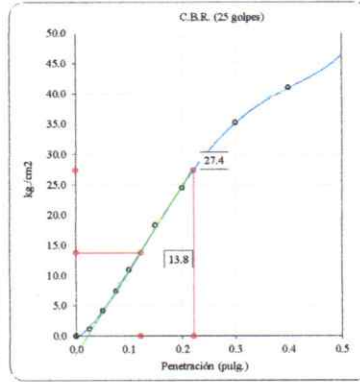
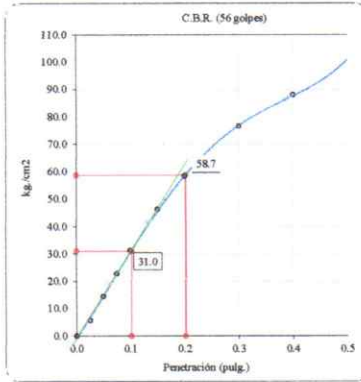
Código	VS-CBR-01
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	1
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122

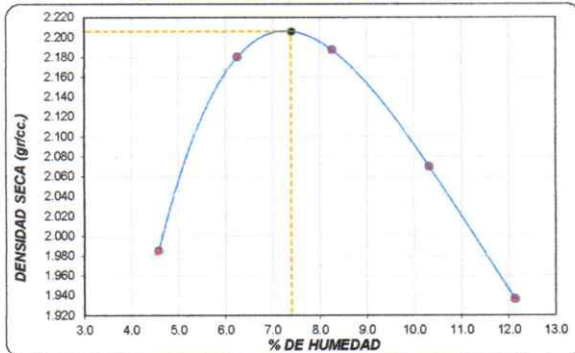
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 2.206 gr./cm^3 Optimo Contenido de Humedad 7.4%
Máxima Densidad Seca al 95% 2.096 gr./cm^3



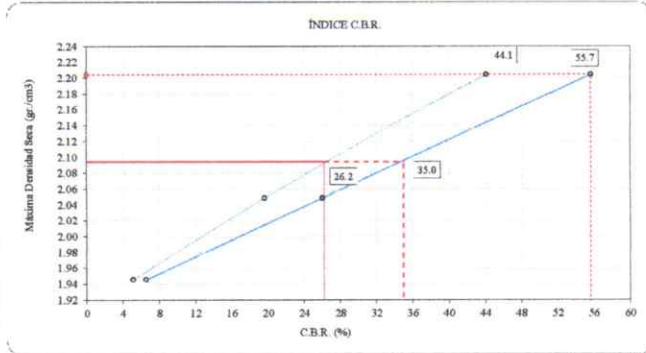
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 44.1 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 19.6 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 5.1 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 44.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 26.2 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 55.7 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 35.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz 	Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 - NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 2 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 11/12/2023 Turno: Diurno
Identificación : Subrasante Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-1 Progresiva : -	Profundidad: 1.00 Norte: --- Este: --- Cota: ---

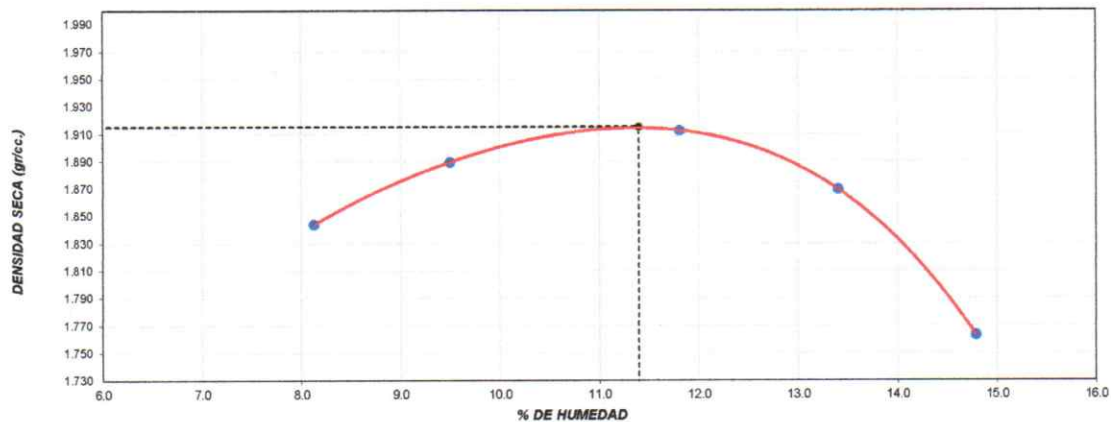
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2754.2	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.994	2.069	2.138	2.120	2.024
Contenido de agua	%	8.1	9.5	11.8	13.4	14.8
Densidad Seca	gr/cc	1.844	1.889	1.912	1.870	1.763

Densidad Máxima Seca:	1.915	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	11.4	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vincharmarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	2
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-2	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Condición de la muestra	Molde N° 2		Molde N° 4		Molde N° 1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11.175	11.345	10.825	11.385	10.952	11.300
Peso molde (gr.)	6.724	6.724	6.731	6.731	7.150	7.150
Peso suelo compactado (gr.)	4.451	4.621	4.094	4.654	3.802	4.151
Volumen del molde (cm³)	2.096	2.096	2.101	2.101	2.101	2.101
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.124	2.205	1.948	2.215	1.810	1.975
Densidad Seca (gr./cm³)	1.911	1.962	1.748	1.982	1.620	1.749

CONTENIDO DE HUMEDAD

	Molde N° 2	Molde N° 4	Molde N° 1
Peso de tara (gr.)	28.1	27.3	27.3
Tara + suelo húmedo (gr.)	132.1	142.5	136.3
Tara + suelo seco (gr.)	121.7	129.6	124.9
Peso de agua (gr.)	10.4	12.7	11.4
Peso de suelo seco (gr.)	93.6	102.5	97.6
Humedad (%)	11.1	12.4	11.7

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
19-feb	12:15	0	0.0760	0.0000	0.0000	0.0450	0.0000	0.0000	0.7114	0.0000	0.0000
20-feb	12:15	24	0.1190	0.0011	0.0009	0.0840	0.0010	0.0008	0.7480	0.0009	0.0008
21-feb	12:15	48	0.1330	0.0014	0.0012	0.1010	0.0014	0.0012	0.7700	0.0015	0.0013
22-feb	12:15	72	0.1345	0.0015	0.0013	0.1110	0.0017	0.0014	0.7850	0.0019	0.0016
23-feb	12:15	96	0.1360	0.0015	0.0013	0.1120	0.0017	0.0015	0.7880	0.0019	0.0016

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		4	0.2			4	0.2			5	0.2		
0.050		37	1.8			24	1.2			11	0.5		
0.075		102	5.1			61	3.0			19	0.9		
0.100	70.307	184	9.1	18.4	26.2	106	5.2	9.7	13.8	28	1.4	1.8	2.5
0.150		374	18.5			211	10.4			48	2.4		
0.200	105.460	542	26.9	34.5	32.7	304	15.0	18.7	17.7	65	3.2	3.5	3.3
0.300		787	39.0			436	21.6			86	4.2		
0.400		862	42.7			475	23.5			89	4.4		
0.500		1003	49.7			548	27.1			92	4.6		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---
* ---
* ---

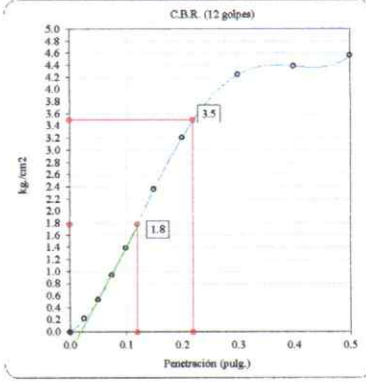
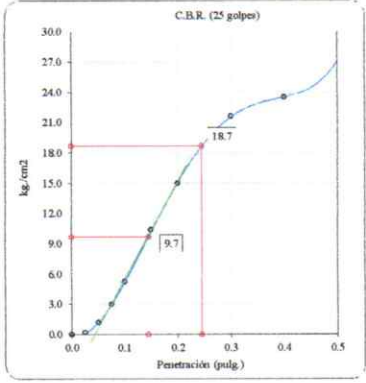
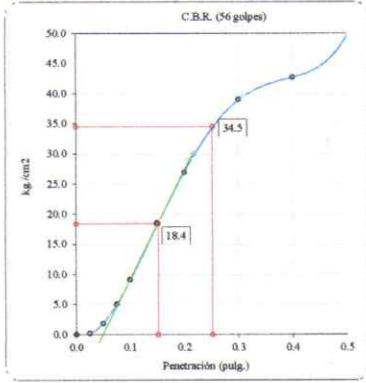
TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivaspiata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 2 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 15/12/2023 Turno: Diurno	
Identificación : Subrasante Procedencia : C-2 N° de Muestra : M-1 Progresiva : -	Profundidad: 1.00 m Norte: --- Este: --- Cota: ---	

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

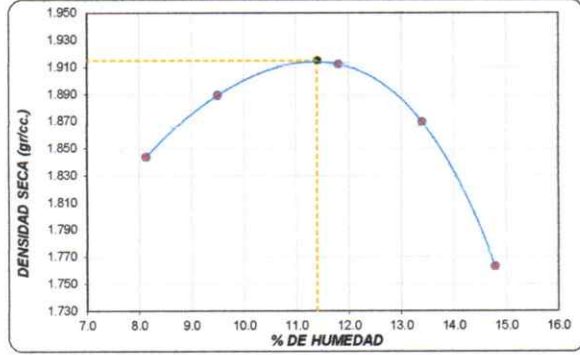
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.915 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.819 gr./cm³
 Optimo Contenido de Humedad 11.4 %



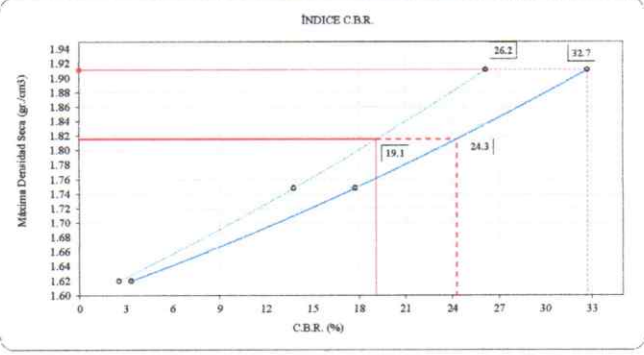
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 26.2 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 13.8 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 2.5 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 26.2 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 19.1 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 32.7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 24.3 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma: Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	--

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	3
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	11/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

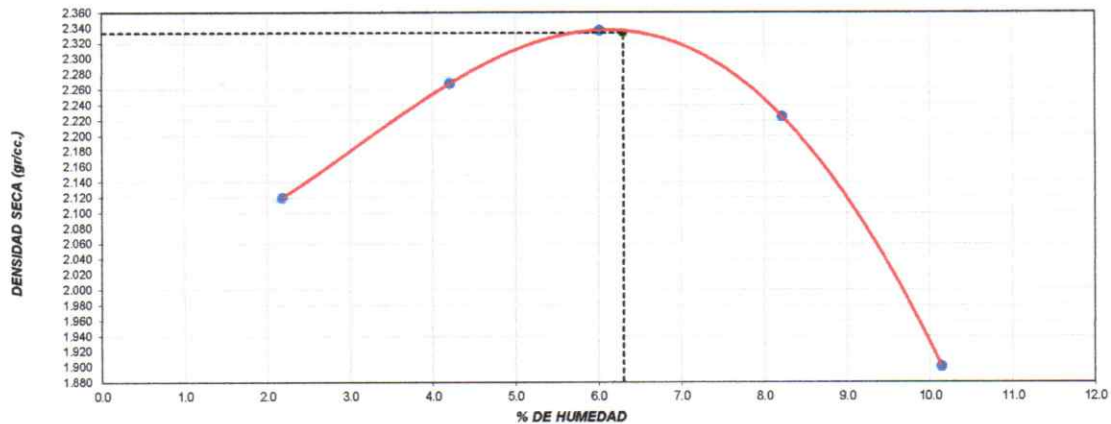
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2077.3	cm ³
Peso Molde	2754	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.166	2.364	2.477	2.407	2.093
Contenido de agua	%	2.2	4.2	6.0	8.2	10.1
Densidad Seca	gr/cc	2.120	2.268	2.337	2.225	1.900

Densidad Máxima Seca:	2.333	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	6.3	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	3
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		26		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11.927	12.006	11.604	11.698	11.754	11.824
Peso molde (gr.)	6.724	6.724	6.731	6.731	7.150	7.150
Peso suelo compactado (gr.)	5.203	5.282	4.873	4.967	4.605	4.675
Volumen del molde (cm ³)	2.101	2.101	2.101	2.101	2.101	2.101
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.476	2.514	2.319	2.364	2.191	2.225
Densidad Seca (gr./cm ³)	2.330	2.341	2.177	2.184	2.061	2.073

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	26.9	27.6	27.5	26.3	27.2	27.6
Tara + suelo húmedo (gr.)	138.9	145.3	146.3	136.2	156.3	148.3
Tara + suelo seco (gr.)	132.3	137.2	136.0	128.3	148.6	138.2
Peso de agua (gr.)	6.6	8.1	7.3	7.9	7.7	8.1
Peso de suelo seco (gr.)	105.4	109.6	111.5	102.0	121.4	110.6
Humedad (%)	6.3	7.4	6.5	7.7	6.3	7.3

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
31-mar	14:00	0	0.0922	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000
01-abr	14:00	24	0.0980	0.0001	0.0001	0.0260	0.0002	0.0001	0.0410	0.0003	0.0002
02-abr	14:00	48	0.0990	0.0002	0.0001	0.0280	0.0002	0.0002	0.0420	0.0003	0.0003
03-abr	14:00	72	0.0992	0.0002	0.0002	0.0290	0.0002	0.0002	0.0430	0.0003	0.0003
04-abr	14:00	96	0.0997	0.0002	0.0002	0.0291	0.0002	0.0002	0.0432	0.0003	0.0003


PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		191	9.4			91	4.5			54	2.7		
0.050		452	22.4			253	12.5			116	5.7		
0.075		698	34.5			433	21.4			166	8.2		
0.100	70.307	909	45.0	72.0	102.4	549	27.2	27.6	39.3	214	10.6	10.3	14.7
0.150		1681	83.2			796	39.4			285	14.1		
0.200	105.460	2461	121.8	147.0	139.4	1003	49.7	50.0	47.4	343	17.0	17.0	16.1
0.300		3893	192.7			1322	65.4			438	21.7		
0.400		5126	253.8			1521	75.3			515	25.5		
0.500		5625	278.5			1697	84.0			602	29.8		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

• ---
• ---
• ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivas Plata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

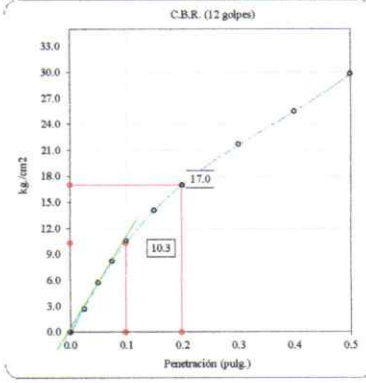
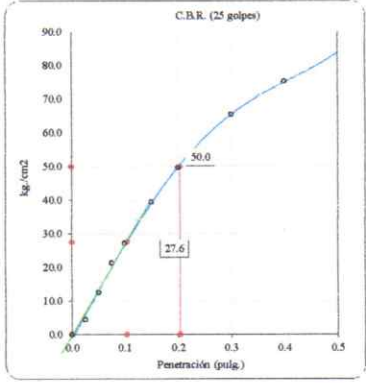
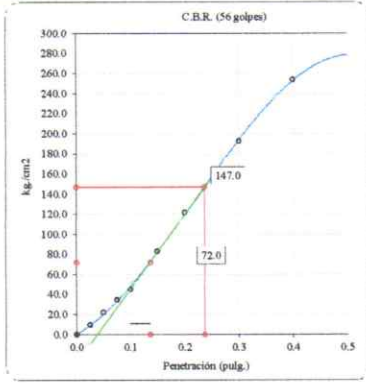
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	3
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-3	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

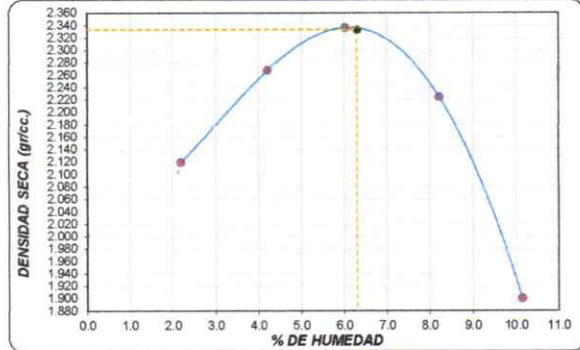
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca _____ 2.333 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 6.3 %
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 2.216 gr./cm³



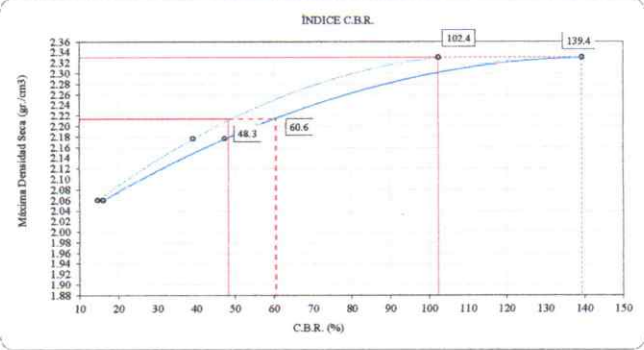
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 102.4 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 39.3 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 14.7 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 102.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 48.3 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 139.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 60.6 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz  JEFATURA	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	4
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	11/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-4	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

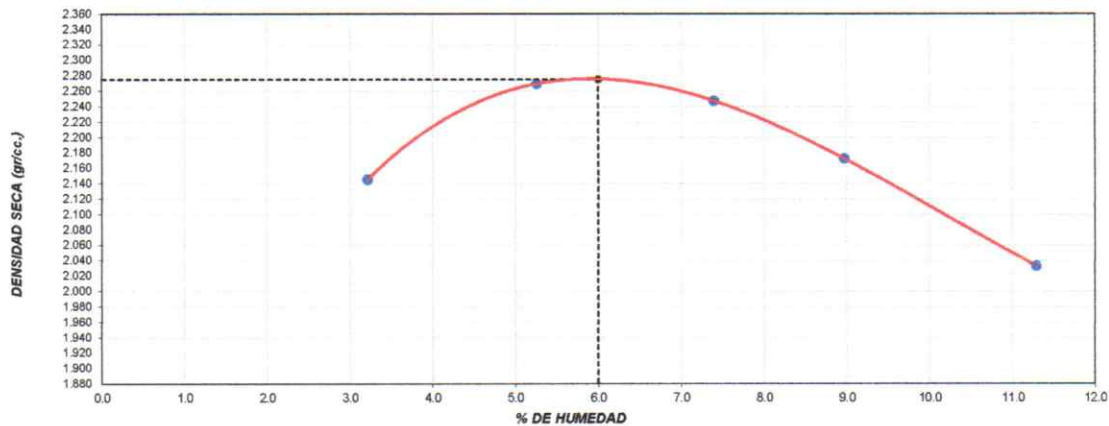
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2077.3	cm ³
Peso Molde	2754	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	6
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.214	2.389	2.413	2.367	2.263
Contenido de agua	%	3.2	5.3	7.4	9.0	11.3
Densidad Seca	gr/cc	2.145	2.269	2.247	2.172	2.033

Densidad Máxima Seca:	2.275	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	6.0	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Divasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	4
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-4	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11.784	11.845	11.918	12.085	11.295	11.485
Peso molde (gr.)	6.724	6.724	7.150	7.150	6.731	6.731
Peso suelo compactado (gr.)	5.060	5.121	4.769	4.916	4.564	4.754
Volumen del molde (cm ³)	2.101	2.101	2.101	2.101	2.096	2.096
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.408	2.437	2.270	2.339	2.178	2.268
Densidad Seca (gr./cm ³)	2.272	2.298	2.140	2.204	2.054	2.138

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	28.9	28.9	28.4	28.4	29.0	29.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	147.6	147.6	145.6	145.6	134.8	134.8
Tara + suelo seco (gr.)	140.9	140.6	138.9	138.6	128.6	128.7
Peso de agua (gr.)	6.7	6.8	6.7	6.8	6.0	6.1
Peso de suelo seco (gr.)	112.0	111.9	110.5	110.4	99.8	99.7
Humedad (%)	6.0	6.1	6.1	6.2	6.0	6.1

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
24-ene	12:30	0	0.0550	0.0000	0.0000	0.7100	0.0000	0.0000	0.0860	0.0000	0.0000
25-ene	12:30	24	0.0590	0.0001	0.0001	0.7150	0.0001	0.0001	0.0940	0.0002	0.0002
26-ene	12:30	48	0.0620	0.0002	0.0002	0.7190	0.0002	0.0002	0.0980	0.0003	0.0003
27-ene	12:30	72	0.0630	0.0002	0.0002	0.7210	0.0003	0.0002	0.1000	0.0004	0.0003
28-ene	12:30	96	0.0630	0.0002	0.0002	0.7210	0.0003	0.0002	0.1000	0.0004	0.0003


PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		4.96	21.6			106	5.2			64	3.2		
0.050		871	43.1			271	13.4			126	6.2		
0.075		1295	64.1			417	20.7			176	8.7		
0.100	70.307	1644	81.4	71.0	101.0	560	27.7	28.0	39.8	220	10.9	10.4	14.8
0.150		2268	112.3			809	40.0			288	14.2		
0.200	105.460	2753	136.3	130.0	123.3	1018	50.4	51.2	48.5	344	17.0	17.0	16.1
0.300		3468	171.7			1340	66.4			438	21.7		
0.400		4017	198.9			1542	76.3			519	25.7		
0.500		4532	224.4			1716	85.0			593	29.4		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivaspiata Diaz  JEFATURA	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

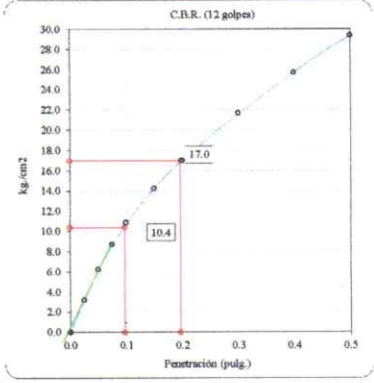
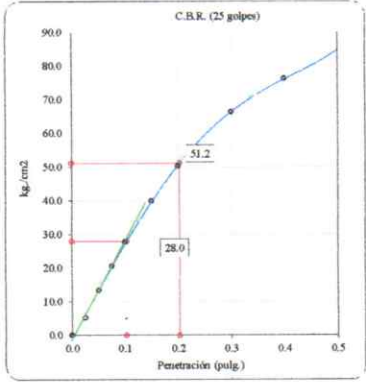
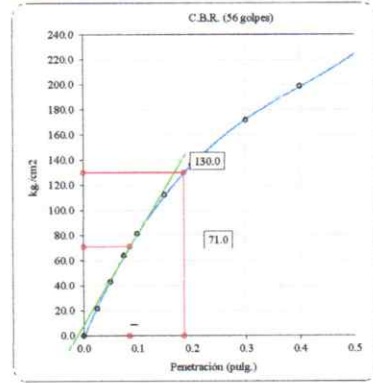
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adiccionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	4
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-4	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

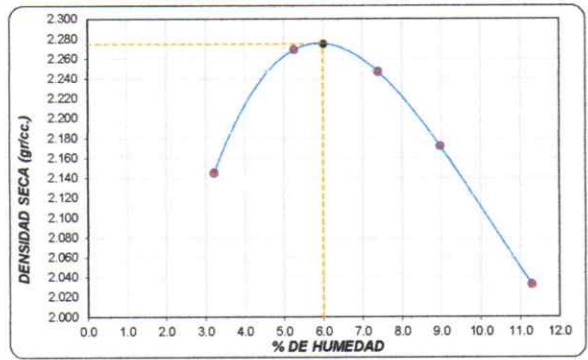
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca _____ 2.275 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 6.0 %
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 2.161 gr./cm³



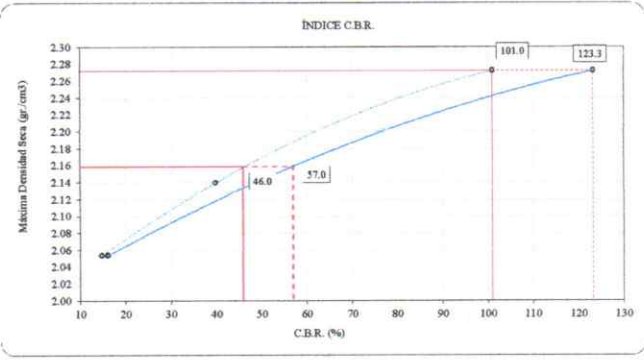
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 101.0 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 39.8 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 14.8 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 101.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 46.0 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 123.3 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 57.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata: 5
Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por : Tesistas
Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por : Tesistas
Ubicación del Proyecto : Moro	Fecha de Ensayo: 11/12/2023
Material : Subrasante	Turno: Diurno
Identificación : Subrasante	Profundidad: 1.00
Procedencia : C-5	Norte: ---
N° de Muestra : M-1	Este: ---
Progresiva : -	Cota: ---

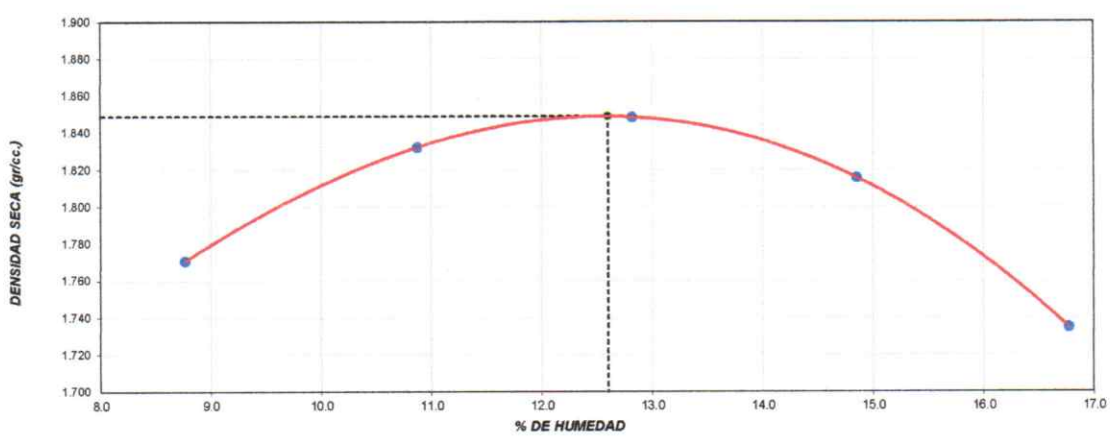
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2114	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.926	2.032	2.085	2.085	2.026
Contenido de agua	%	8.8	10.9	12.8	14.9	16.8
Densidad Seca	gr/cc	1.771	1.832	1.848	1.816	1.735

Densidad Máxima Seca:	1.849	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	12.6 %
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	---------------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz 	ASESORA Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	--

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		26		10	
Peso suelo + molde (gr.)	11.780	12.104	11.481	11.835	10.513	10.754
Peso molde (gr.)	7.539	7.539	7.482	7.482	6.757	6.757
Peso suelo compactado (gr.)	4.241	4.565	3.999	4.353	3.756	3.997
Volumen del molde (cm³)	2.042	2.042	2.076	2.076	2.045	2.045
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.077	2.235	1.927	2.097	1.837	1.955
Densidad Seca (gr./cm³)	1.845	1.971	1.709	1.846	1.630	1.718

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	26.0	26.0	26.6	26.6	26.7	26.7
Tara + suelo húmedo (gr.)	175.0	175.0	157.4	157.4	144.8	144.8
Tara + suelo seco (gr.)	158.4	157.4	142.6	141.7	131.4	130.4
Peso de agua (gr.)	16.6	17.6	14.8	15.7	13.4	14.4
Peso de suelo seco (gr.)	132.4	131.4	116.0	115.1	105.7	104.7
Humedad (%)	12.5	13.4	12.7	13.6	12.7	13.8

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
29-feb	12:30	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
01-mar	12:30	24	0.0640	0.0016	0.0014	0.1150	0.0029	0.0025	0.1560	0.0040	0.0034
02-mar	12:30	48	0.0700	0.0018	0.0015	0.1420	0.0036	0.0031	0.1700	0.0043	0.0037
03-mar	12:30	72	0.0730	0.0019	0.0016	0.1551	0.0039	0.0034	0.1740	0.0044	0.0038
04-mar	12:30	96	0.0750	0.0019	0.0016	0.1550	0.0039	0.0034	0.1760	0.0045	0.0038

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		9	0.5			8	0.4			8	0.3		
0.050		20	1.0			15	0.8			11	0.5		
0.075		32	1.6			22	1.1			14	0.7		
0.100	70.307	45	2.2	2.8	4.0	28	1.4	1.3	1.8	18	0.9	0.7	0.9
0.150		75	3.7			38	1.9			22	1.1		
0.200	105.460	103	5.1	5.5	5.2	46	2.3	2.2	2.1	24	1.2	1.1	1.1
0.300		147	7.3			60	2.9			29	1.4		
0.400		183	9.1			71	3.5			33	1.6		
0.500		217	10.8			82	4.1			37	1.8		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

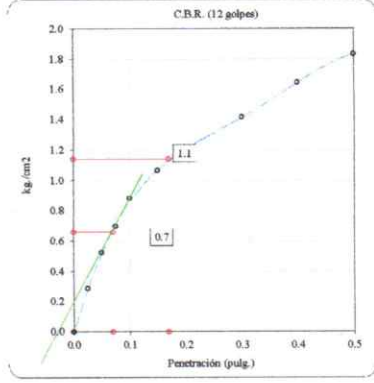
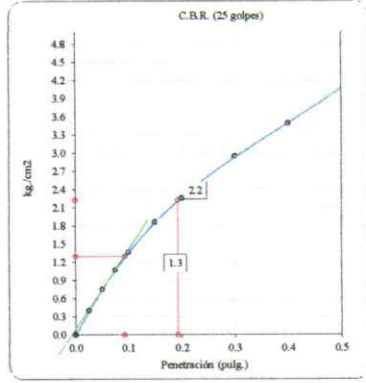
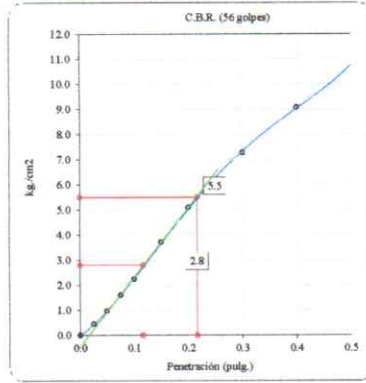
TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 5 Muestreado por : Ensayado por : Fecha de Ensayo: 15/12/2023 Turno: Diurno	Tesistas Tesistas 15/12/2023 Diurno
Identificación : Subrasante Procedencia : C-5 N° de Muestra : M-1 Progresiva : -	Profundidad: 1.00 m Norte: --- Este: --- Cota: ---	

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

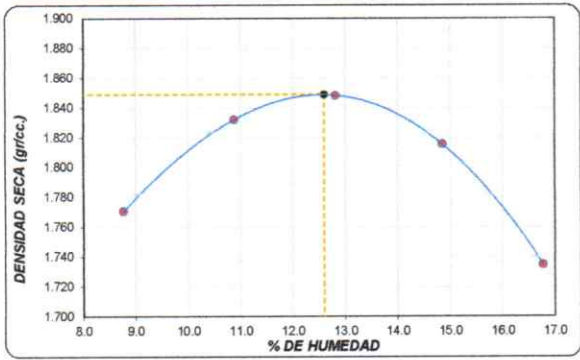
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.849 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.757 gr./cm³
 Optimo Contenido de Humedad 12.6 %



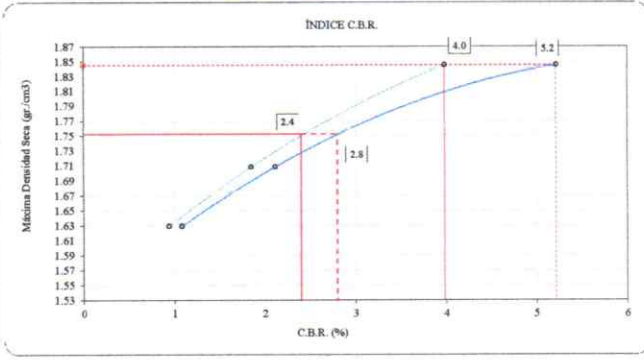
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 4.0 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 1.8 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 0.9 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 4.0 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 2.4 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 5.2 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 2.8 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los testistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS

Nombre y firma:

Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco

 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO


Nombre y firma:

Ms. Julio César Rivas Plata Díaz

ASESORA

Nombre y firma:

Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	6
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	11/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-6	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

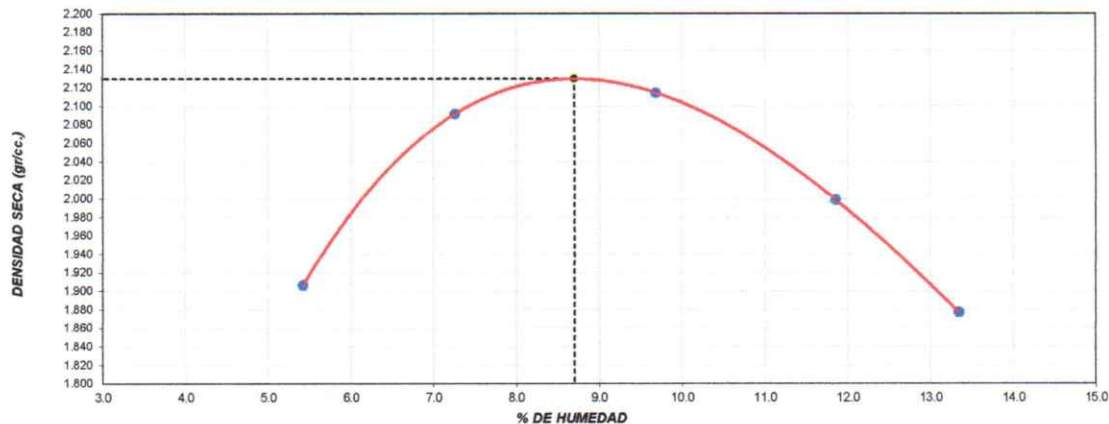
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2106.7	cm ³
Peso Molde	2753.2	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.010	2.244	2.319	2.236	2.127
Contenido de agua	%	5.4	7.3	9.7	11.9	13.3
Densidad Seca	gr/cc	1.906	2.092	2.114	1.999	1.877

Densidad Máxima Seca:	2.130	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	8.7	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
-
-
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vincharmarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	6
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-6	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,255	13,410	12,145	12,235	11,254	11,162
Peso molde (gr.)	8,462	8,462	7,482	7,482	6,757	6,757
Peso suelo compactado (gr.)	4,793	4,948	4,663	4,753	4,497	4,405
Volumen del molde (cm ³)	2,074	2,074	2,076	2,076	2,045	2,045
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,311	2,386	2,246	2,290	2,199	2,154
Densidad Seca (gr./cm ³)	2,128	2,176	2,065	2,085	2,021	1,965

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	26.1	26.8	27.6	26.9	27.3	27.6
Tara + suelo húmedo (gr.)	169.6	174.3	156.3	154.3	163.3	165.4
Tara + suelo seco (gr.)	156.2	161.3	145.9	142.9	152.3	153.9
Peso de agua (gr.)	11.4	13.0	10.4	11.4	11.0	12.1
Peso de suelo seco (gr.)	132.2	134.5	118.3	116.0	125.0	125.7
Humedad (%)	8.6	9.7	8.8	9.8	8.8	9.6

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
31-mar	14:00	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
01-abr	14:00	24	0.0350	0.0009	0.0008	0.0400	0.0010	0.0009	0.0480	0.0012	0.0010
02-abr	14:00	48	0.0370	0.0009	0.0008	0.0450	0.0011	0.0010	0.0520	0.0013	0.0011
03-abr	14:00	72	0.0380	0.0010	0.0008	0.0480	0.0012	0.0010	0.0540	0.0014	0.0012
04-abr	14:00	96	0.0390	0.0010	0.0008	0.0490	0.0012	0.0011	0.0550	0.0014	0.0012


PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		16	0.8			52	2.6			17	0.8		
0.050		177	8.7			132	6.5			50	2.5		
0.075		353	17.5			217	10.7			87	4.3		
0.100	70.307	553	27.4	43.0	61.2	298	14.7	16.7	23.8	125	6.2	7.0	10.0
0.150		1004	49.7			458	22.7			192	9.5		
0.200	105.460	1387	68.7	83.0	78.7	612	30.3	31.8	30.2	262	13.0	13.8	13.1
0.300		2006	99.3			823	40.8			378	18.7		
0.400		2311	114.4			935	46.3			482	23.9		
0.500		2727	135.0			1026	50.8			594	29.4		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---
* ---

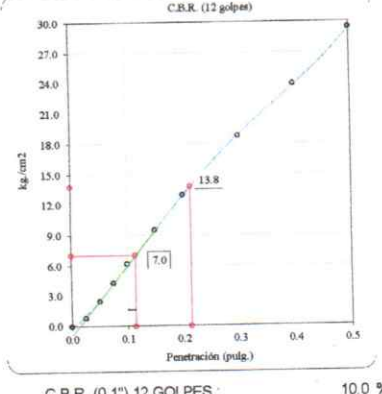
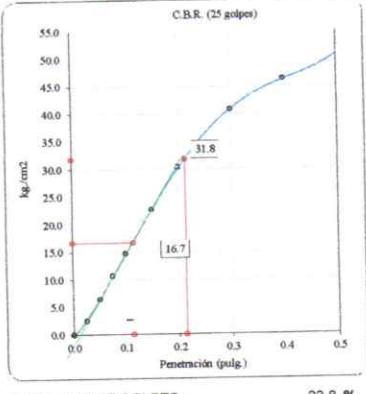
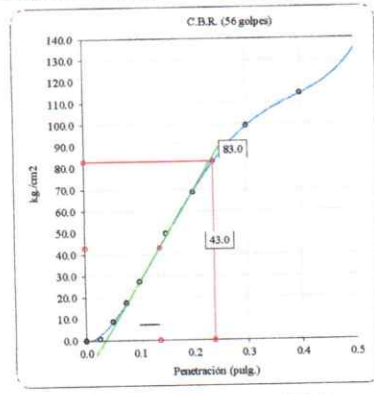
TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz  JEFATURA	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO		Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122		Versión	01
			Fecha	14-06-2024
			Página	3 de 3

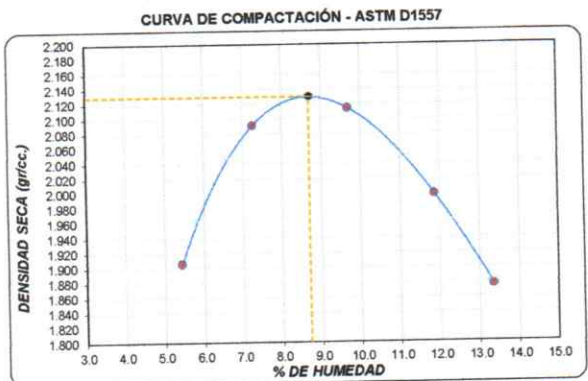
Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	6
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-6	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122

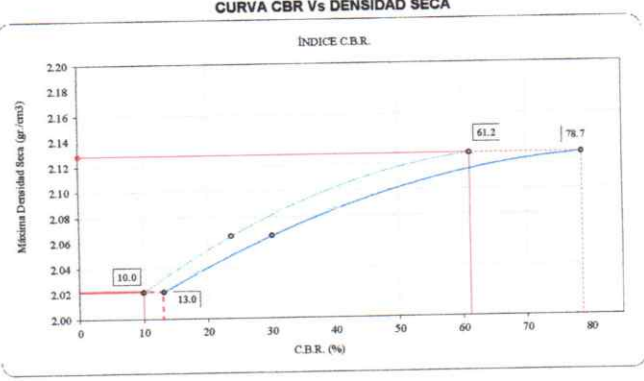
Datos de muestra
Máxima Densidad Seca 2.130 gr/cm³ Optimo Contenido de Humedad 8.7 %
Máxima Densidad Seca al 95% 2.024 gr/cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: **61.2 %** C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: **23.8 %** C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: **10.0 %**




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **61.2 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **10.0 %**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **78.7 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **13.0 %**

OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por los tesistas
* ---
* ---
* ---

TESISTAS Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma:  Mtro. César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	---

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 - NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	7
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	11/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-7	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

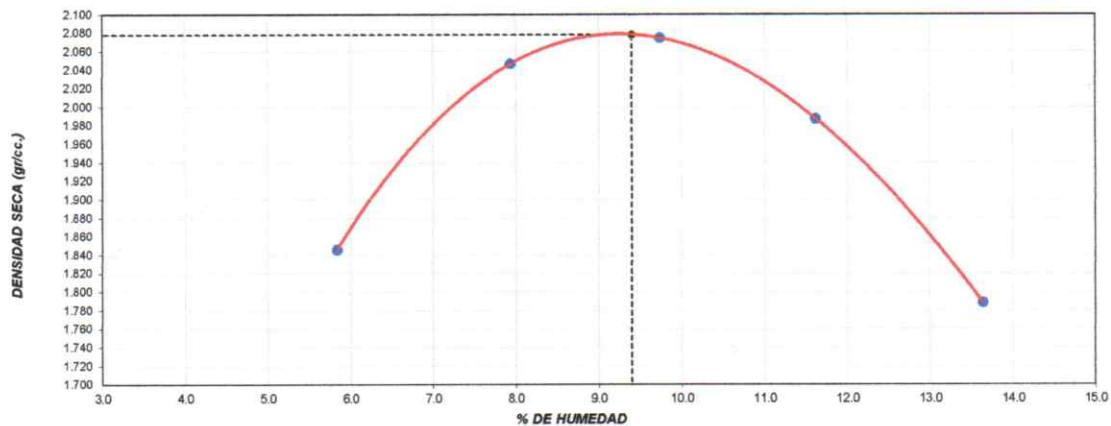
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2106.7	cm ³
Peso Molde	2753.7	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.954	2.209	2.277	2.218	2.032
Contenido de agua	%	5.8	7.9	9.7	11.6	13.6
Densidad Seca	gr/cc	1.846	2.047	2.075	1.987	1.788

Densidad Máxima Seca:	2.078	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	9.4	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivaspiata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vincharmarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	7
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-7	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Condición de la muestra	Molde N° 2		Molde N° 4		Molde N° 1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.885	13.035	12.540	12.705	12.421	12.682
Peso molde (gr.)	8.161	8.161	8.054	8.054	8.143	8.143
Peso suelo compactado (gr.)	4.724	4.874	4.486	4.651	4.278	4.539
Volumen del molde (cm³)	2.081	2.081	2.076	2.076	2.070	2.070
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.270	2.342	2.161	2.241	2.066	2.193
Densidad Seca (gr./cm³)	2.075	2.122	1.961	2.033	1.892	1.987

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	25.9	26.8	26.8	27.6	28.1	27.5
Tara + suelo húmedo (gr.)	178.4	185.3	156.3	146.2	186.3	154.2
Tara + suelo seco (gr.)	165.3	152.3	145.5	135.2	173.0	142.3
Peso de agua (gr.)	13.1	13.0	10.8	11.0	13.3	11.9
Peso de suelo seco (gr.)	139.4	125.5	118.7	107.6	144.9	114.8
Humedad (%)	9.4	10.4	9.1	10.2	9.2	10.4

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
29-feb	12:00	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
01-mar	12:00	24	0.0320	0.0008	0.0007	0.0400	0.0010	0.0009	0.0490	0.0012	0.0011
02-mar	12:00	48	0.0360	0.0009	0.0008	0.0450	0.0011	0.0010	0.0530	0.0013	0.0012
03-mar	12:00	72	0.0370	0.0009	0.0008	0.0470	0.0012	0.0010	0.0550	0.0014	0.0012
04-mar	12:00	96	0.0380	0.0010	0.0008	0.0480	0.0012	0.0010	0.0560	0.0014	0.0012


PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		112	5.5			22	1.1			15	0.7		
0.050		252	12.5			77	3.8			28	1.4		
0.075		392	19.4			141	7.0			42	2.1		
0.100	70.307	565	28.0	33.5	47.6	205	10.1	13.0	18.5	57	2.8	2.6	3.7
0.150		912	45.2			338	16.7			77	3.8		
0.200	105.460	1200	59.4	64.0	60.7	454	22.5	25.3	24.0	96	4.8	4.7	4.5
0.300		1824	80.4			634	31.4			126	6.3		
0.400		1833	90.7			711	35.2			145	7.2		
0.500		2056	101.8			805	39.9			164	8.1		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivas Plata Díaz	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

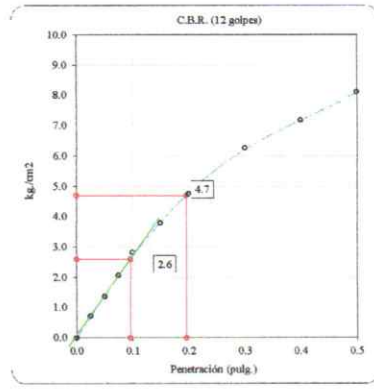
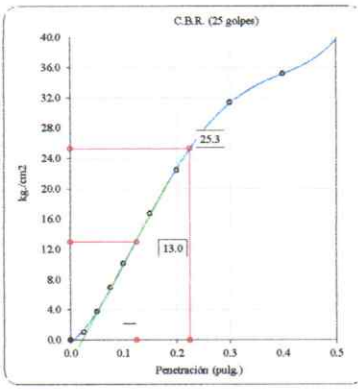
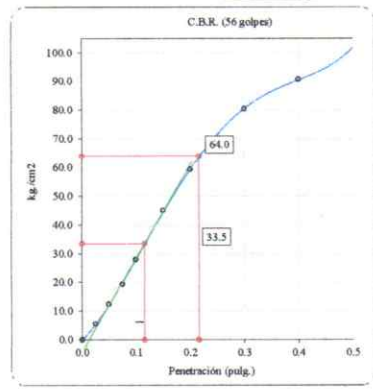
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	7
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-7	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

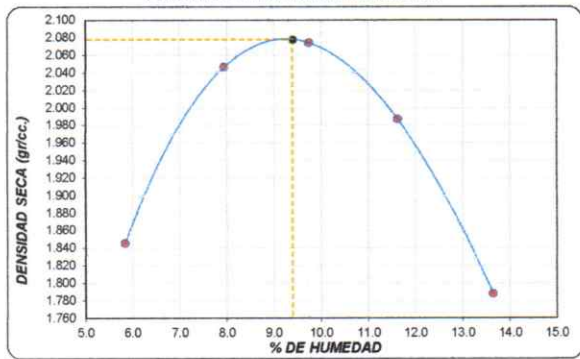
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 2.078 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 9.4 %
Máxima Densidad Seca al 95% 1.974 gr./cm³



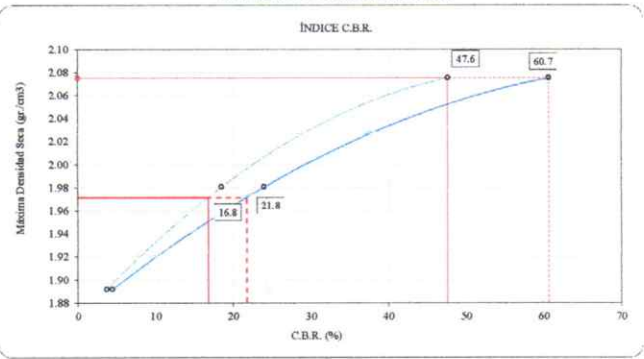
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 47.6 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 18.5 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 3.7 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 47.6 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 16.8 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 60.7 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 21.8 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
-
-
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 8 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 11/12/2023 Turno: Diurno
Identificación : Subrasante Procedencia : C-8 N° de Muestra : M-1 Progresiva : -	Profundidad: 1.00 Norte: --- Este: --- Cota: ---

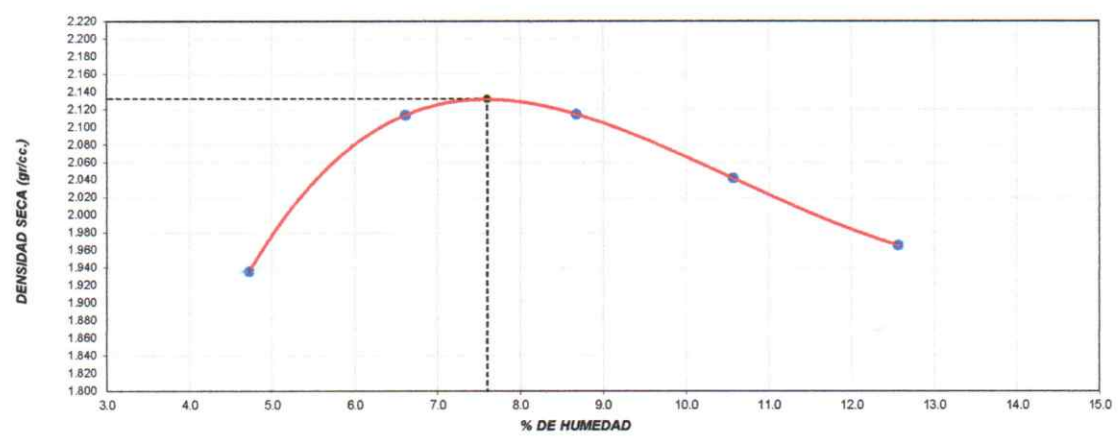
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2106.7	cm ³
Peso Molde	2753.7	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.027	2.253	2.298	2.258	2.213
Contenido de agua	%	4.7	6.6	8.7	10.6	12.6
Densidad Seca	gr/cc	1.936	2.114	2.115	2.042	1.966

Densidad Máxima Seca:	2.132	gr/cm ³	Contenido Humedad Optima:	7.6	%
------------------------------	-------	--------------------	----------------------------------	-----	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma: Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	--



INFORME DE ENSAYO

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
ASTM D1883 - NTP 339.122

Código	VS-CBR-01
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	8
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-8	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.568	12.684	12.200	12.336	12.001	12.208
Peso molde (gr.)	7.804	7.804	7.642	7.642	7.690	7.690
Peso suelo compactado (gr.)	4.764	4.880	4.558	4.694	4.311	4.516
Volumen del molde (cm³)	2.075	2.075	2.064	2.064	2.036	2.036
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.296	2.352	2.208	2.274	2.117	2.218
Densidad Seca (gr./cm³)	2.131	2.167	2.052	2.095	1.973	2.049

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	26.8	27.3	26.1	26.9	26.5	27.5
Tara + suelo húmedo (gr.)	179.6	154.3	174.7	146.2	199.6	156.2
Tara + suelo seco (gr.)	168.6	144.3	164.1	136.8	187.7	146.4
Peso de agua (gr.)	11.0	10.0	10.5	9.4	11.8	9.8
Peso de suelo seco (gr.)	141.8	117.0	138.1	109.9	161.3	118.9
Humedad (%)	7.7	8.5	7.6	8.6	7.3	8.2

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											


PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		108	5.3			105	5.2			73	3.6		
0.050		300	14.8			267	13.2			139	6.9		
0.075		498	24.7			416	20.6			202	10.0		
0.100	70.307	729	36.1	40.0	56.9	568	28.1	26.0	37.0	256	12.7	12.2	17.4
0.150		1127	55.8			787	39.0			340	16.8		
0.200	105.460	1496	72.6	77.0	73.0	1006	49.8	48.6	46.1	409	20.3	20.0	19.0
0.300		1952	96.6			1348	66.8			526	26.0		
0.400		2225	110.1			1638	81.1			638	31.6		
0.500		2513	124.4			1926	95.4			747	37.0		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma: Mg. Julio César Rivas Plata Díaz 	Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto

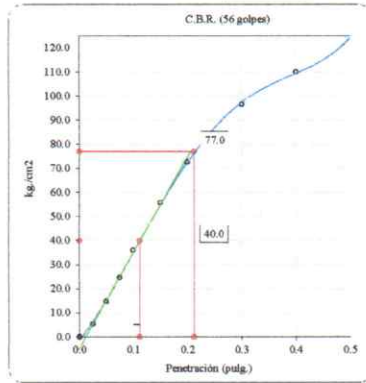
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	8
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	15/12/2023
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-8	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

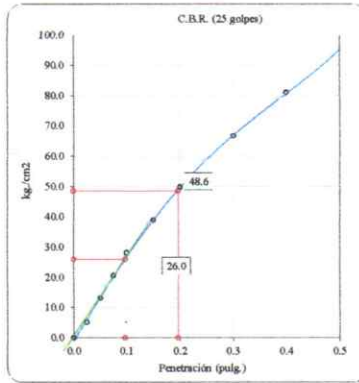
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

Datos de muestra

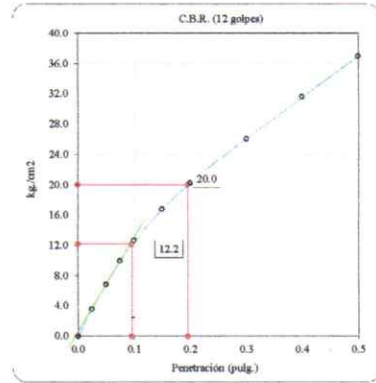
Máxima Densidad Seca _____ 2.132 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 7.6 %
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 2.025 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 56.9 %

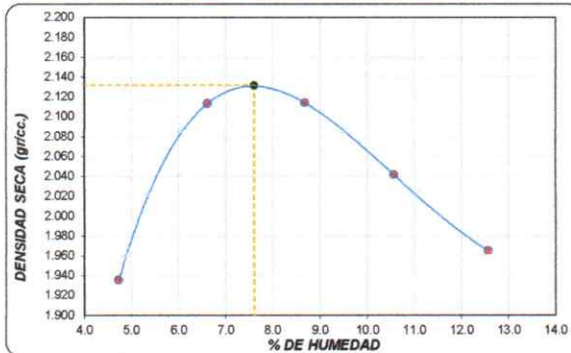


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 37.0 %



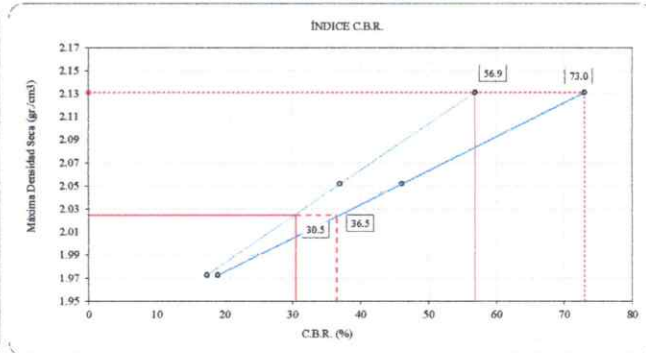
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 17.4 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 56.9 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 30.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 73.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 36.5 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- ---
- ---
- ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto



ANEXO 2

Ensayos al material luego de sustituir vinaza y adicionar cal.



INFORME DE ENSAYO

Código	VS-CS-05
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

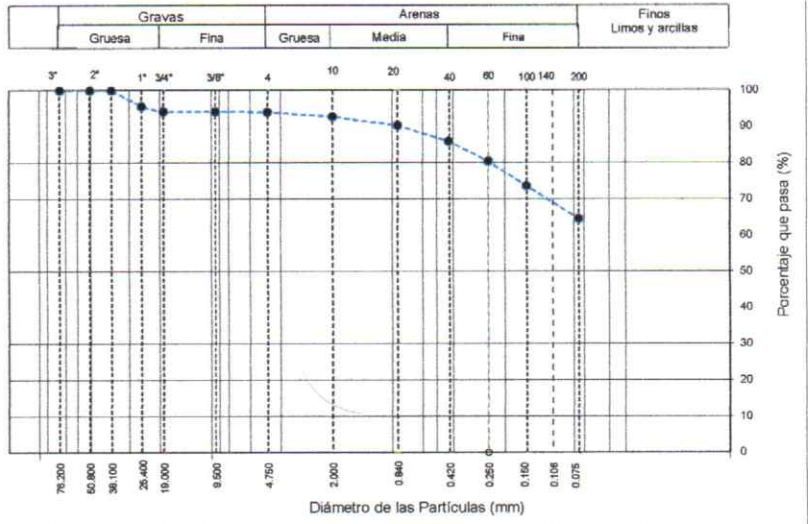
Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
 Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 Ubicación de Proyecto : Moro
 Material : 0

Registro N°: 5
 Muestreado por : Tesistas
 Ensayado por : Tesistas
 Fecha de Ensayo: 05/12/2023
 Turno: Diurno

Código de Muestra : + 4% de Cal Viva
 Sondaje / Calicata : C-5
 N° de Muestra : M-1
 Progresiva : ---

Profundidad: 1.00 m
 Norte: ---
 Este: ---
 Cota: ---

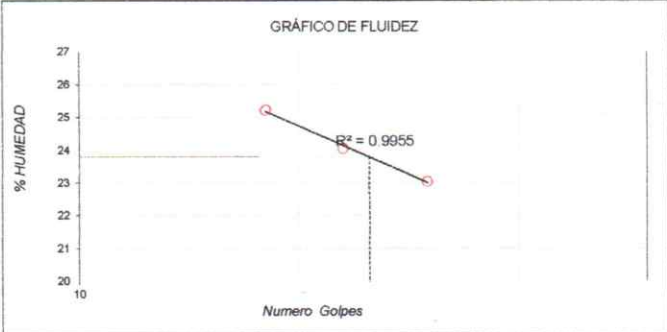
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	100.0
1"	25.400	4.4	95.6
3/4"	19.000	5.9	94.1
3/8"	9.500	5.9	94.1
N° 4	4.750	6.0	94.0
N° 10	2.000	7.3	92.7
N° 20	0.840	9.7	90.3
N° 40	0.425	14.0	86.0
N° 60	0.250	19.6	80.4
N° 100	0.150	26.4	73.6
N° 200	0.075	35.4	64.6



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM - SC Arena Limosa o Arena Arcillosa de color beige claro en condición parcialmente húmeda, muy densa, con poca presencia de grava.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITE LÍQUIDO	24
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	4.0
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-3.0
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL - ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	6.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	29.5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	64.6

TESISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivaspiata Díaz

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

Código	VS-CS-05
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

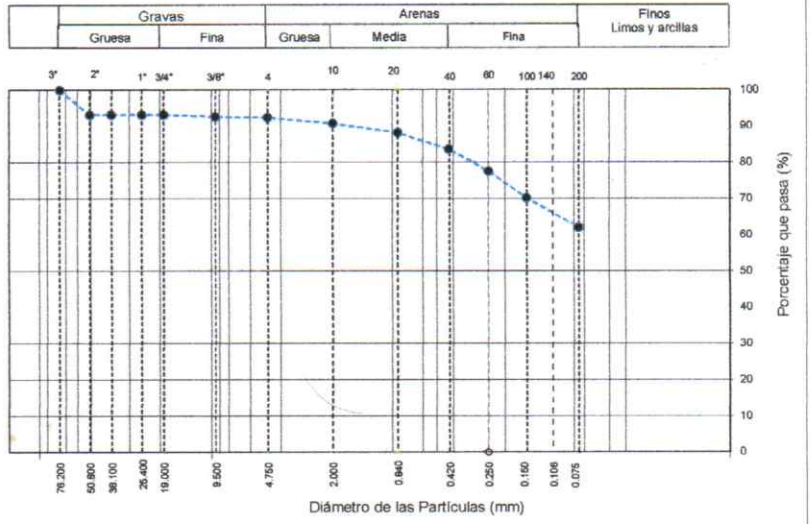
CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao
 Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 Ubicación de Proyecto : Moro
 Material : 0

Registro N°: 5
 Muestreado por : Tesistas
 Ensayado por : Tesistas
 Fecha de Ensayo: 06/03/2024
 Turno : Diurno

Código de Muestra : + 6% de Cal Viva
 Sondaje / Calicata : C-5
 N° de Muestra : M-1
 Progresiva : ---
 Profundidad: 1.00 m
 Norte: ---
 Este: ---
 Cota: ---

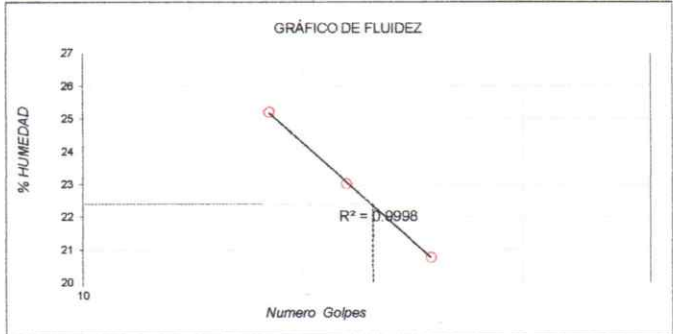
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	6.8	93.2
1 1/2"	38.100	6.8	93.2
1"	25.400	6.8	93.2
3/4"	19.000	6.8	93.2
3/8"	9.500	7.4	92.6
N° 4	4.750	7.6	92.4
N° 10	2.000	9.2	90.8
N° 20	0.840	11.8	88.2
N° 40	0.425	16.3	83.7
N° 60	0.250	22.4	77.6
N° 100	0.150	29.8	70.2
N° 200	0.075	38.0	62.0



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM - SC Arena Limosa o Arena Arcillosa de color beige claro en condición parcialmente húmeda, muy densa, con poca presencia de grava.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITE LÍQUIDO	22
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	5.3
ÍNDICE DE LIQUEDEZ (IL)	-4.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	7.6
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	30.4
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	62.0

TESTISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Mg. Julio César Rivaspiata Díaz

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

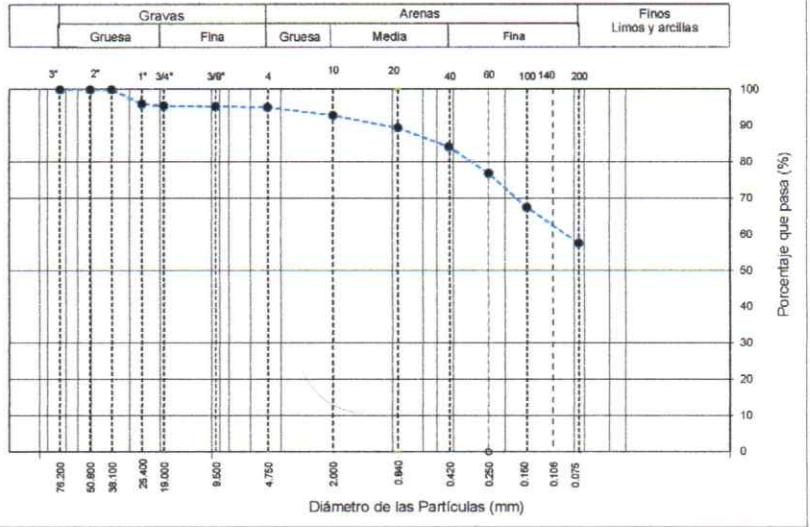
Código	VS-CS-05
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	1 de 1

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216 - MTC E 108 - NTP 339.127
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913 - MTC E 107 - NTP 339.129
 LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318 - MTC E 110 - MTC E 111 - NTP 339.133

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	Registro N°:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	06/03/2024
Material	: 0	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: + 8% de Cal Viva	Profundidad:	1.00 m
Sondaje / Calicata	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: M-1	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

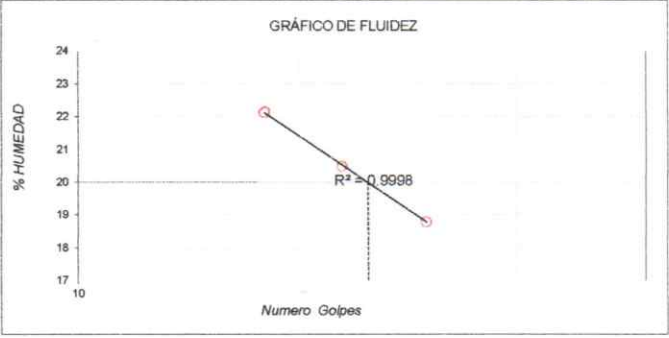
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	100.0
1"	25.400	3.9	96.1
3/4"	19.000	4.5	95.5
3/8"	9.500	4.7	95.3
N° 4	4.750	4.9	95.1
N° 10	2.000	7.1	92.9
N° 20	0.840	10.5	89.5
N° 40	0.425	15.8	84.2
N° 60	0.250	23.1	76.9
N° 100	0.150	32.5	67.5
N° 200	0.075	42.5	57.5



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM - SC Arena Limosa o Arena Arcillosa de color beige claro en condición parcialmente húmeda, muy densa, con poca presencia de grava.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4



LÍMITE LÍQUIDO	20
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	1
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	15.6
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-14.6
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad


CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	4.9
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	37.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	57.5

TESISTAS
 Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco

 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
 Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivasplata Díaz

ASESORA
 Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

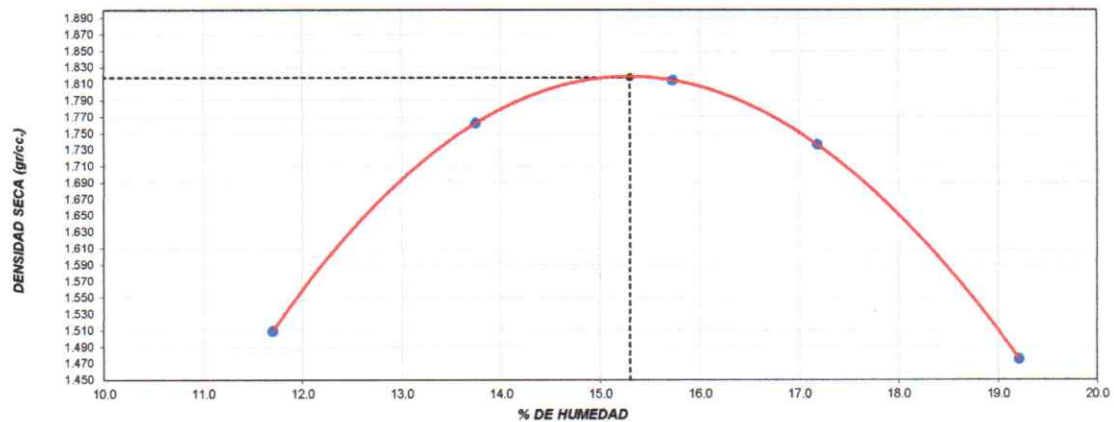
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.686	2.005	2.100	2.035	1.759
Contenido de agua	%	11.7	13.7	15.7	17.2	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.510	1.763	1.814	1.736	1.476

Densidad Máxima Seca:	1.818	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15.3	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mr. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,798	11,984	11,395	11,624	10,460	10,835
Peso molde (gr.)	7,494	7,494	7,482	7,482	6,761	6,761
Peso suelo compactado (gr.)	4,304	4,490	3,913	4,142	3,699	4,074
Volumen del molde (cm ³)	2,058	2,058	2,076	2,076	2,031	2,031
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,092	2,182	1,885	1,995	1,822	2,006
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,817	1,879	1,637	1,714	1,577	1,722

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	61.2	27.3	60.2	26.9	57.8	27.1
Tara + suelo húmedo (gr.)	177.7	145.2	181.2	145.3	191.9	156.2
Tara + suelo seco (gr.)	162.4	128.8	165.3	128.6	172.9	137.9
Peso de agua (gr.)	15.3	16.4	15.9	16.7	18.0	18.3
Peso de suelo seco (gr.)	101.2	101.5	105.1	101.7	116.1	110.8
Humedad (%)	15.1	16.2	15.1	16.4	15.5	16.5

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	12:30	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	12:30	24	0.0130	0.0003	0.0003	0.0140	0.0004	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003
24-mar	12:30	48	0.0150	0.0004	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003	0.0180	0.0005	0.0004
25-mar	12:30	72	0.0170	0.0004	0.0004	0.0170	0.0004	0.0004	0.0190	0.0005	0.0004
26-mar	12:30	96	0.0170	0.0004	0.0004	0.0180	0.0005	0.0004	0.0200	0.0005	0.0004

PENETRACIÓN


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		257	12.7			107	5.3			32	1.6		
0.050		546	27.0			233	11.5			82	4.0		
0.075		791	39.2			344	17.0			131	6.5		
0.100	70.307	1034	51.2	49.0	69.7	438	21.7	21.0	29.9	178	8.7	9.3	13.2
0.150		1394	69.0			586	29.0			267	13.2		
0.200	105.460	1678	83.1	82.0	77.8	707	35.0	34.5	32.7	348	17.2	17.5	16.6
0.300		2074	102.7			866	42.9			427	21.1		
0.400		2343	116.0			1004	49.7			437	21.6		
0.500		2533	125.4			1187	58.8			452	22.4		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

• ---
• ---
• ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

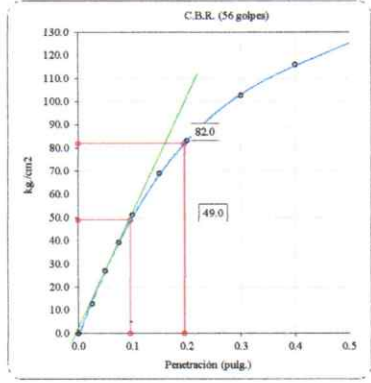
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuancas, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

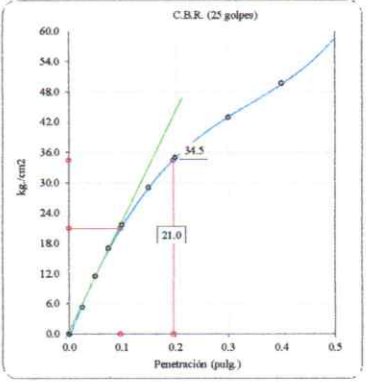
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

Datos de muestra

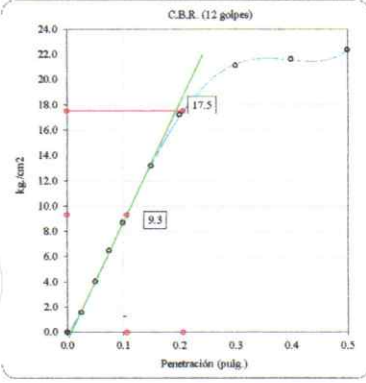
Máxima Densidad Seca 1.818 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 15.3 %
Máxima Densidad Seca al 95% 1.727 gr./cm³



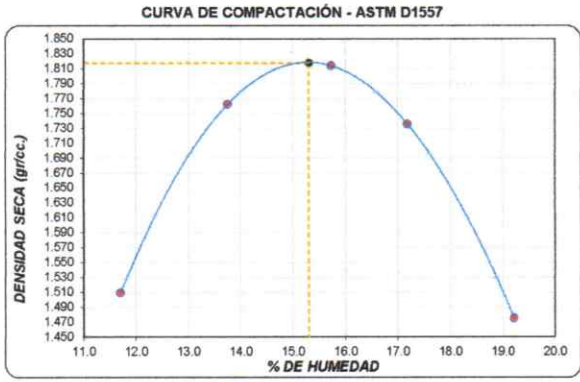
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 69.7 %



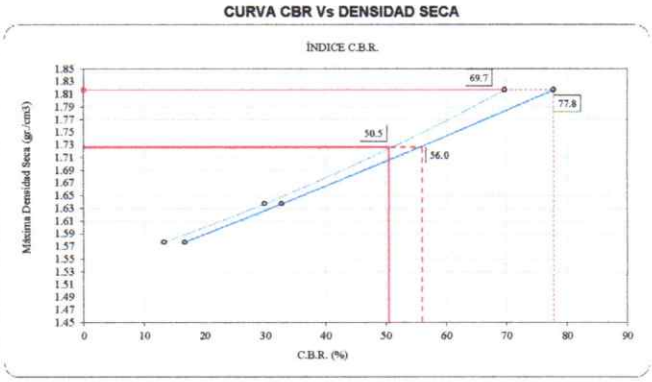
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 29.9 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 13.2 %




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 69.7 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 50.5 %




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 77.8 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 56.0 %

OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por los tesistas
* ---
* ---
* ---

TESISTAS

Nombre y firma: 
Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco


Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao


JEFE DE LABORATORIO

Nombre y firma: 
Mg. Julio César Rivasplata Díaz


JEFATURA

ASESORA

Nombre y firma: 
Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 - NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

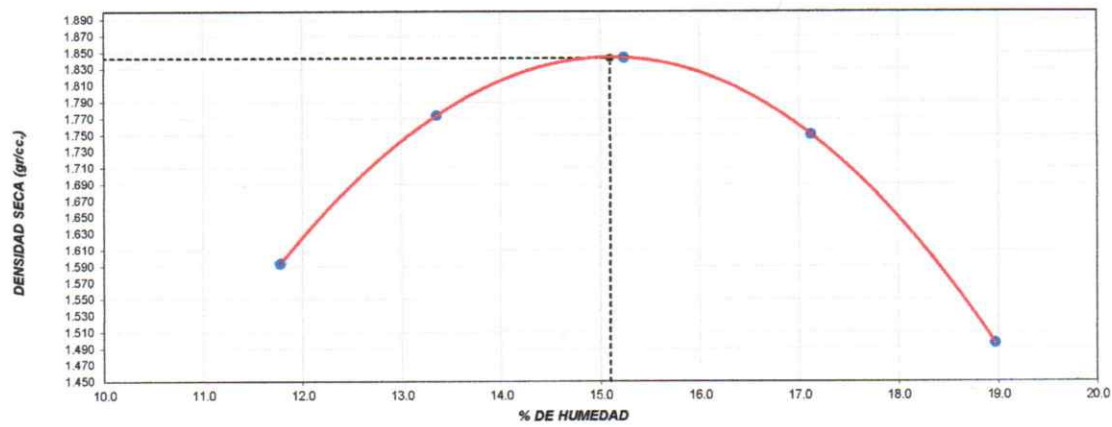
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.781	2.011	2.125	2.050	1.780
Contenido de agua	%	11.8	13.4	15.2	17.1	19.0
Densidad Seca	gr/cc	1.594	1.774	1.844	1.751	1.497


Densidad Máxima Seca:	1.843	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15.1	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por los tesistas
 * ---
 * ---
 * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno

Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
	Peso suelo + molde (gr.)	12,866	12,998	11,565	11,785	11,173	11,615					
Peso molde (gr.)	8,463	8,463	7,482	7,482	7,557	7,557						
Peso suelo compactado (gr.)	4,403	4,535	4,083	4,303	3,616	4,058						
Volumen del molde (cm ³)	2,076	2,076	2,076	2,076	2,028	2,028						
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,120	2,184	1,967	2,073	1,783	2,001						
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,845	1,885	1,711	1,789	1,550	1,723						

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	62.0	62.0	63.0	64.5	63.1	63.2
Tara + suelo húmedo (gr.)	180.5	180.5	175.3	186.2	191.7	186.3
Tara + suelo seco (gr.)	165.1	164.3	160.7	169.5	174.9	169.2
Peso de agua (gr.)	15.4	16.2	14.6	16.7	16.8	17.1
Peso de suelo seco (gr.)	103.1	102.3	97.7	105.0	111.8	106.0
Humedad (%)	14.9	15.8	14.9	15.9	15.0	16.1

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	12:45	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	12:45	24	0.0140	0.0004	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003	0.0180	0.0005	0.0004
24-mar	12:45	48	0.0200	0.0005	0.0004	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005
25-mar	12:45	72	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005	0.0280	0.0007	0.0006
26-mar	12:45	96	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005	0.0280	0.0007	0.0006

PENETRACIÓN


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		199	9.8			117	5.8			36	1.8		
0.050		456	22.6			261	12.9			67	3.3		
0.075		687	34.0			392	19.4			98	4.8		
0.100	70.307	891	44.1	42.0	59.7	507	25.1	25.0	35.6	123	6.1	6.1	8.7
0.150		1255	62.2			714	35.4			174	8.6		
0.200	105.460	1527	75.6	74.0	70.2	869	43.0	42.0	39.8	212	10.5	10.4	9.9
0.300		1941	96.1			1094	54.2			247	12.2		
0.400		2231	110.5			1242	61.5			253	12.5		
0.500		2459	121.7			1363	67.5			267	13.2		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 - NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

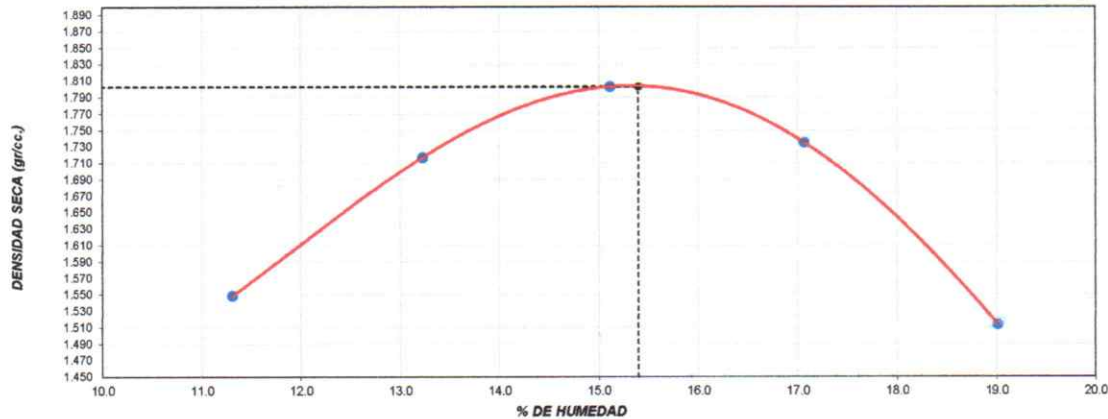
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.724	1.944	2.075	2.031	1.801
Contenido de agua	%	11.3	13.2	15.1	17.1	19.0
Densidad Seca	gr/cc	1.549	1.717	1.803	1.735	1.514

Densidad Máxima Seca:	1.803	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	15.4	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno

Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 4% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,778	12,998	11,495	11,885	11,103	11,615
Peso molde (gr.)	8,463	8,463	7,482	7,482	7,557	7,557
Peso suelo compactado (gr.)	4,315	4,535	4,013	4,383	3,546	4,058
Volumen del molde (cm ³)	2,076	2,076	2,076	2,076	2,028	2,028
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,078	2,184	1,933	2,112	1,749	2,001
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,801	1,873	1,673	1,810	1,516	1,718

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	62.0	62.0	63.0	64.5	63.1	63.2
Tara + suelo húmedo (gr.)	180.5	180.5	175.3	186.2	191.7	186.3
Tara + suelo seco (gr.)	164.7	163.6	160.2	168.8	174.6	168.9
Peso de agua (gr.)	15.8	16.9	15.1	17.4	17.1	17.4
Peso de suelo seco (gr.)	102.7	101.6	97.2	104.3	111.5	105.7
Humedad (%)	15.4	16.6	15.5	16.7	15.3	16.5

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	12:45	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	12:45	24	0.0140	0.0004	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003	0.0180	0.0005	0.0004
24-mar	12:45	48	0.0200	0.0005	0.0004	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005
25-mar	12:45	72	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005	0.0280	0.0007	0.0006
26-mar	12:45	96	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005	0.0280	0.0007	0.0006


PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		159	7.9			92	4.6			26	1.3		
0.050		376	18.6			216	10.7			57	2.8		
0.075		607	30.1			347	17.2			88	4.3		
0.100	70.307	811	40.2	40.5	57.6	462	22.9	23.0	32.7	113	5.6	5.6	8.0
0.150		1225	60.7			684	34.4			164	8.1		
0.200	105.460	1547	76.6	76.6	72.6	874	43.3	43.0	40.8	202	10.0	10.0	9.5
0.300		1961	97.1			1089	54.4			237	11.7		
0.400		2151	106.5			1195	59.2			240	11.9		
0.500		2379	117.8			1318	65.2			257	12.7		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS
Nombre y firma:
 Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco
 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivasplata Díaz


ASESORA
Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	6
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

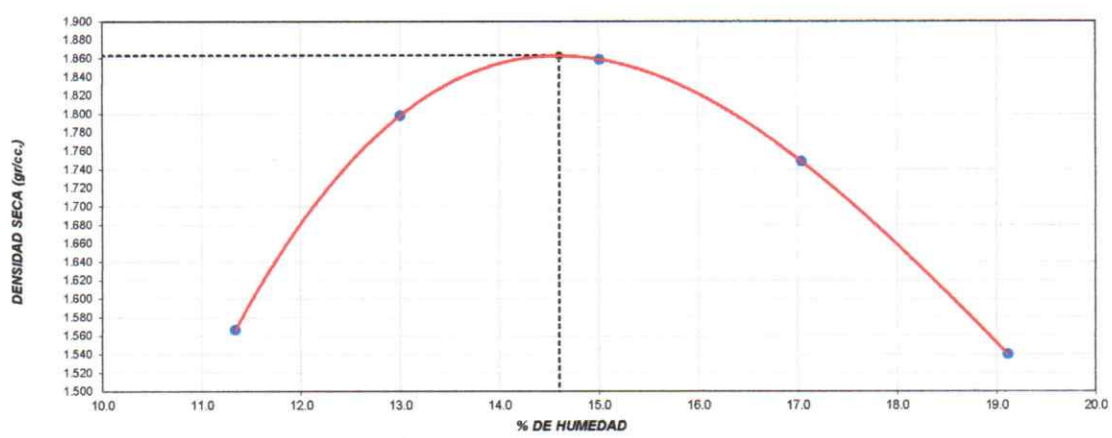
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.744	2.032	2.138	2.047	1.835
Contenido de agua	%	11.3	13.0	15.0	17.0	19.1
Densidad Seca	gr/cc	1.567	1.798	1.859	1.749	1.540

Densidad Máxima Seca:	1.863	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	14.6 %
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	---------------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
-
-
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.552	12.662	11.664	11.894	11.789	12.195		
Peso molde (gr.)	8.160	8.160	7.482	7.482	8.127	8.127		
Peso suelo compactado (gr.)	4.392	4.502	4.182	4.412	3.662	4.068		
Volumen del molde (cm ³)	2.059	2.059	2.076	2.076	2.053	2.053		
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.133	2.186	2.015	2.126	1.784	1.981		
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.860	1.886	1.759	1.837	1.555	1.712		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	28.2	29.1	27.6	27.3	51.0	28.3
Tara + suelo húmedo (gr.)	176.6	154.3	154.3	146.3	203.6	162.1
Tara + suelo seco (gr.)	157.6	137.1	138.2	130.2	186.3	143.9
Peso de agua (gr.)	19.0	17.2	16.1	16.1	18.3	18.2
Peso de suelo seco (gr.)	129.4	108.0	110.6	102.4	124.3	115.6
Humedad (%)	14.7	15.9	14.6	15.7	14.7	15.7

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	13:00	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	13:00	24	0.0120	0.0003	0.0003	0.0147	0.0004	0.0003	0.0188	0.0005	0.0004
24-mar	13:00	48	0.0153	0.0004	0.0003	0.0189	0.0005	0.0004	0.0231	0.0006	0.0005
25-mar	13:00	72	0.0178	0.0005	0.0004	0.0227	0.0006	0.0005	0.0261	0.0007	0.0006
26-mar	13:00	96	0.0190	0.0005	0.0004	0.0240	0.0006	0.0005	0.0280	0.0007	0.0006

PENETRACIÓN


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		431	21.3			246	12.2			52	3.1		
0.050		771	38.2			440	21.8			108	5.3		
0.075		1088	53.9			621	30.8			155	7.7		
0.100	70.307	1326	65.7	60.8	86.5	761	37.7	37.0	52.6	197	9.7	9.7	13.8
0.150		1728	85.6			1005	49.8			282	14.0		
0.200	105.460	2012	99.6	96.6	91.6	1182	58.5	58.0	55.0	352	17.4	17.0	16.1
0.300		2359	116.8			1390	68.8			421	20.8		
0.400		2598	128.6			1514	75.0			430	21.3		
0.500		2939	145.5			1689	83.6			438	21.7		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---
* ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco	Nombre y firma:  Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Alvarez Asto
 Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao		

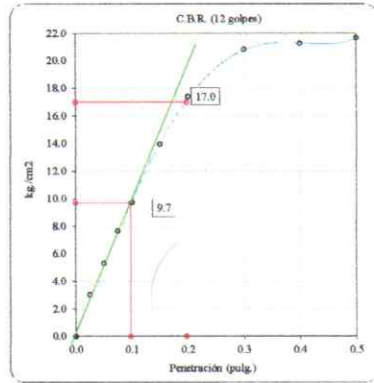
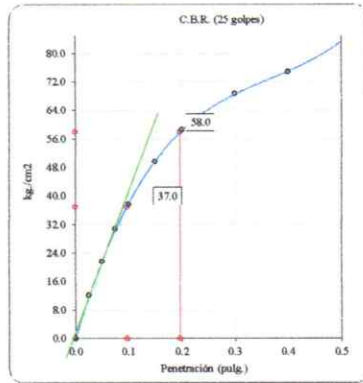
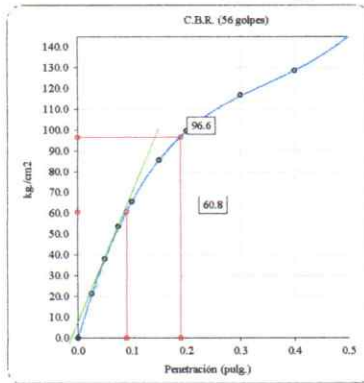
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

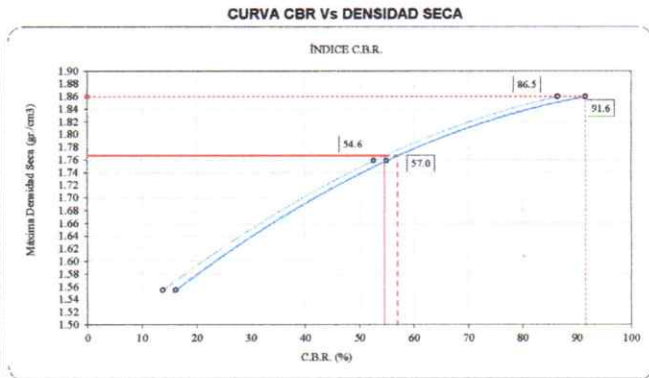
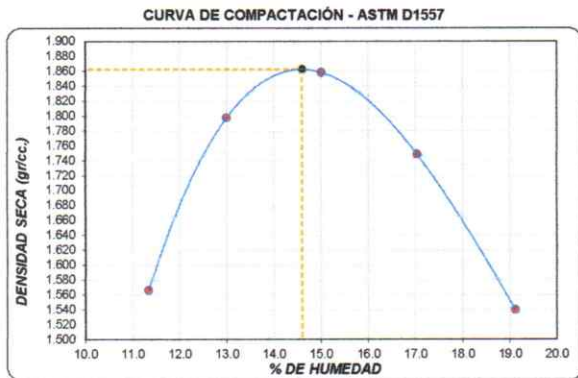
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca _____ 1.863 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 14.6 %
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 1.770 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 86.5 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 52.6 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 13.8 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 86.5 % C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 91.6 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 54.6 % C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 57.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivaspiata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

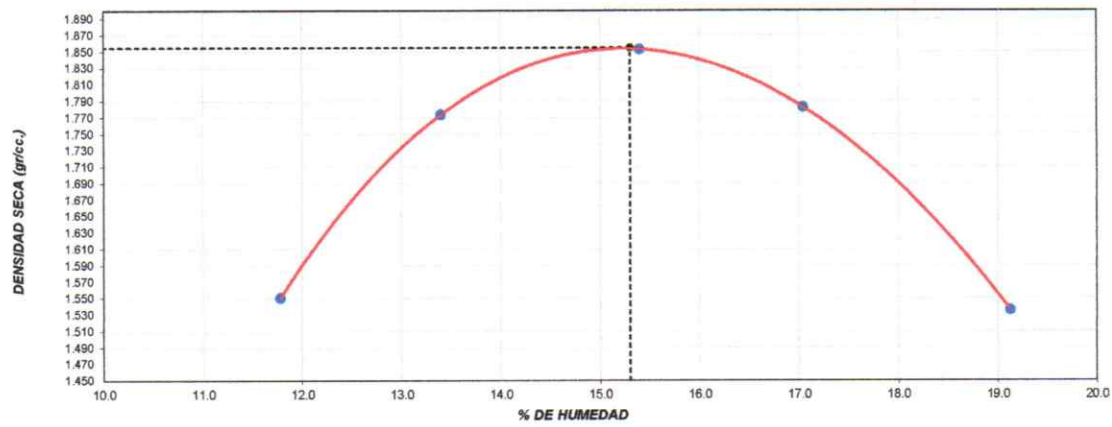
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.733	2.011	2.138	2.086	1.829
Contenido de agua	%	11.8	13.4	15.4	17.0	19.1
Densidad Seca	gr/cc	1.551	1.774	1.853	1.783	1.536

Densidad Máxima Seca:	1.855	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15.3	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	---

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,050	12,150	11,594	11,783	11,318	11,719
Peso molde (gr.)	7,643	7,643	7,482	7,482	7,692	7,692
Peso suelo compactado (gr.)	4,407	4,507	4,112	4,301	3,626	4,027
Volumen del molde (cm ³)	2,066	2,066	2,076	2,076	2,050	2,050
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,133	2,181	1,981	2,072	1,769	1,964
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,853	1,879	1,717	1,778	1,534	1,687

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	26.5	27.5	27.3	26.3	26.2	27.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	148.5	145.2	154.2	146.2	170.8	153.1
Tara + suelo seco (gr.)	132.5	128.9	137.3	129.2	151.8	135.3
Peso de agua (gr.)	16.0	16.3	16.9	17.0	19.2	17.8
Peso de suelo seco (gr.)	106.0	101.4	110.0	102.9	125.4	108.3
Humedad (%)	15.1	16.1	15.4	16.5	15.3	16.4

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	12:00	0	0.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	12:00	24	0.4170	0.0004	0.0004	0.0180	0.0005	0.0004	0.0200	0.0005	0.0004
24-mar	12:00	48	0.4180	0.0005	0.0004	0.0200	0.0005	0.0004	0.0230	0.0006	0.0005
25-mar	12:00	72	0.4190	0.0005	0.0004	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005
26-mar	12:00	96	0.4200	0.0005	0.0004	0.0240	0.0006	0.0005	0.0270	0.0007	0.0006

PENETRACIÓN


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		237	11.7			136	6.9			42	2.1		
0.050		566	28.0			327	16.2			88	4.3		
0.075		808	40.0			467	23.1			127	6.3		
0.100	70.307	1056	52.3	52.0	74.0	612	30.3	30.0	42.7	169	8.4	8.4	11.9
0.150		1453	72.0			847	41.9			241	11.9		
0.200	105.460	1731	85.7	85.7	81.3	1017	50.4	50.0	47.4	303	15.0	15.0	14.2
0.300		1976	97.8			1171	58.0			367	18.2		
0.400		2101	104.0			1241	61.5			382	18.9		
0.500		2458	121.6			1426	70.6			396	19.6		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---
* ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

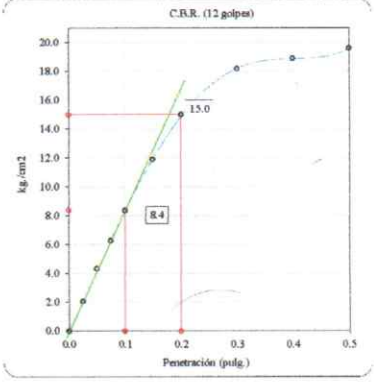
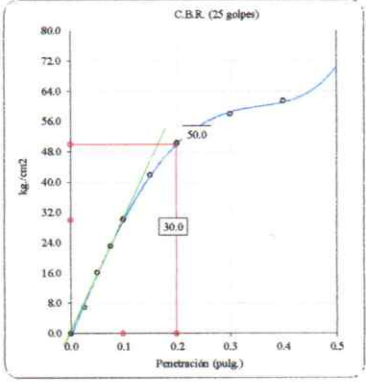
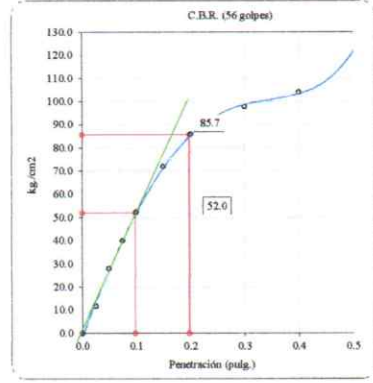
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

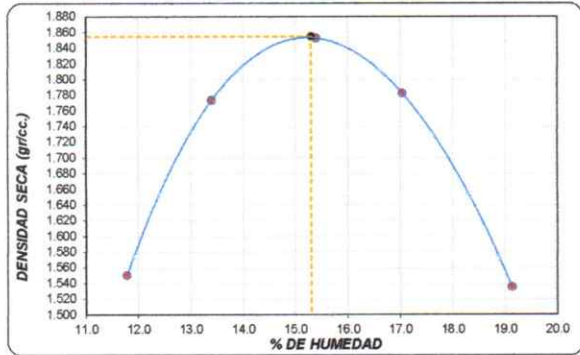
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca _____ 1.855 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 15.3 %
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 1.762 gr./cm³



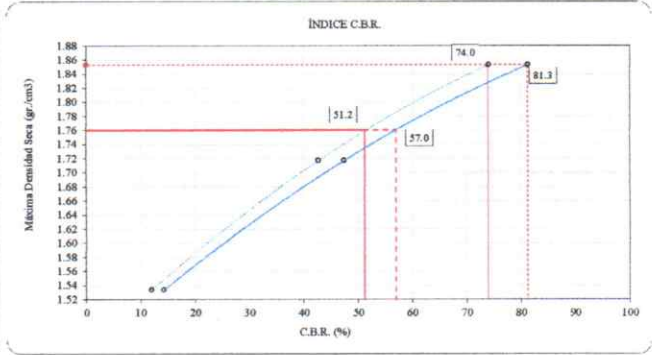
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 74.0 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 42.7 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 11.9 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 74.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 51.2 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 81.3 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 57.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata: 5
Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por : Tesistas
Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por : Tesistas
Ubicación de Proyecto : Moro	Fecha de Ensayo: 21/03/2024
Material : Subrasante	Turno: Diurno
Identificación : Subrasante	Profundidad: 1.00
Procedencia : C-5	Norte: ---
N° de Muestra : 6% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este: ---
Progresiva : -	Cota: ---

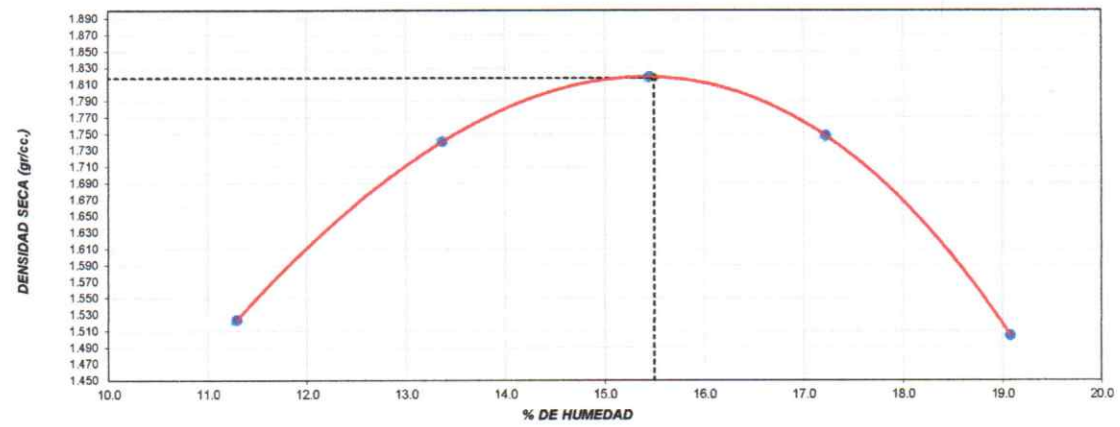
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.695	1.973	2.100	2.048	1.791
Contenido de agua	%	11.3	13.4	15.5	17.2	19.1
Densidad Seca	gr/cc	1.523	1.741	1.819	1.747	1.504

Densidad Máxima Seca:	1.818	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	15.5 %
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	---------------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
-
-
-

<p>TESISTAS</p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco </div> <div style="text-align: center;">  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao </div>	<p>JEFE DE LABORATORIO</p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">  Ms. Julio César Rivasplata Díaz </div> <div style="text-align: center;">  JEFATURA </div>	<p>ASESORA</p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">  Mg. Luz Esther Álvarez Asto </div>
---	--	--

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11.972	11.662	11.514	11.695	11.288	11.689
Peso molde (gr.)	7.643	7.643	7.482	7.482	7.692	7.692
Peso suelo compactado (gr.)	4.329	4.219	4.032	4.213	3.596	3.997
Volumen del molde (cm ³)	2.066	2.066	2.076	2.076	2.050	2.050
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.095	2.042	1.942	2.030	1.754	1.949
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.816	1.752	1.685	1.740	1.519	1.671

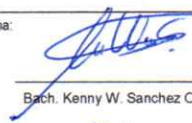

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	26.5	27.5	27.3	26.3	26.2	27.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	143.5	142.3	150.3	141.3	165.6	150.2
Tara + suelo seco (gr.)	127.9	126.0	134.0	124.9	148.9	132.6
Peso de agua (gr.)	15.6	16.3	16.3	16.4	18.7	17.6
Peso de suelo seco (gr.)	101.4	98.5	106.7	98.6	120.7	105.6
Humedad (%)	15.4	16.5	15.3	16.6	15.5	16.7

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-mar	12:00	0	0.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23-mar	12:00	24	0.4170	0.0004	0.0004	0.0180	0.0005	0.0004	0.0200	0.0005	0.0004
24-mar	12:00	48	0.4180	0.0005	0.0004	0.0200	0.0005	0.0004	0.0230	0.0006	0.0005
25-mar	12:00	72	0.4190	0.0005	0.0004	0.0220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005
26-mar	12:00	96	0.4200	0.0005	0.0004	0.0240	0.0006	0.0005	0.0270	0.0007	0.0006

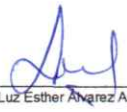
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		152	7.5			94	4.7			37	1.8		
0.050		427	21.1			252	12.5			77	3.8		
0.075		688	34.1			402	19.9			117	5.8		
0.100	70.307	936	46.3	46.0	65.4	547	27.1	27.0	38.4	159	7.9	8.0	11.4
0.150		1330	65.9			780	38.6			231	11.4		
0.200	105.460	1651	81.8	82.0	77.8	972	48.1	48.5	46.0	293	14.5	14.5	13.7
0.300		1916	94.8			1136	56.3			357	17.7		
0.400		2001	99.1			1186	58.7			372	18.4		
0.500		2576	127.6			1481	73.3			386	19.1		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
-
-
-

TESISTAS
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma:  M ^{sc} . Julio César Rivasplata Díaz 

ASESORA
Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

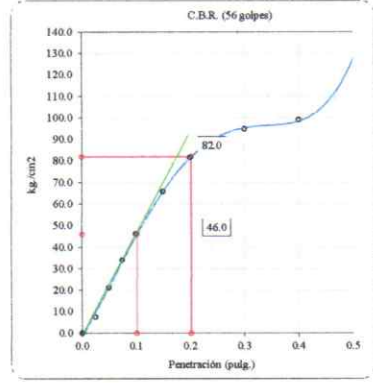
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 6% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

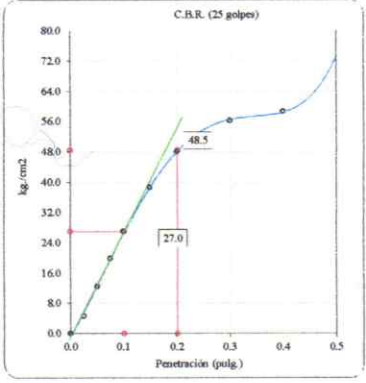
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

Datos de muestra

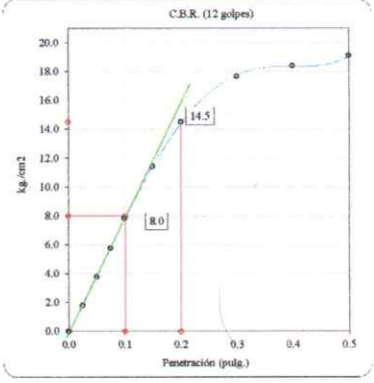
Máxima Densidad Seca 1.818 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 15.5 %
Máxima Densidad Seca al 95% 1.727 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **65.4 %**

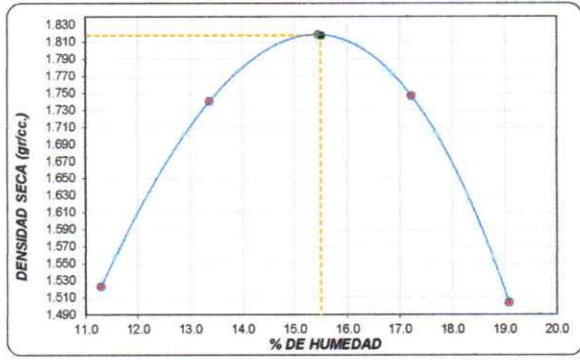


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **38.4 %**



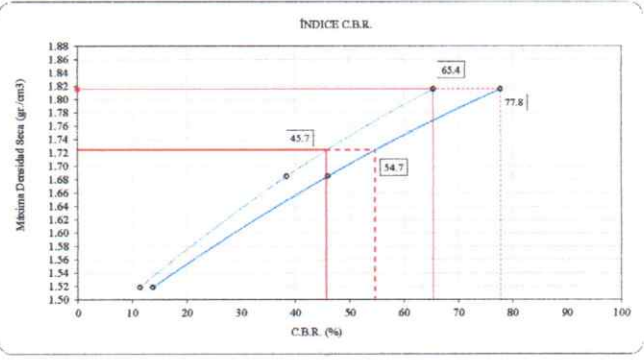
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **11.4 %**

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **65.4 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **45.7 %**

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **77.8 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **54.7 %**

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

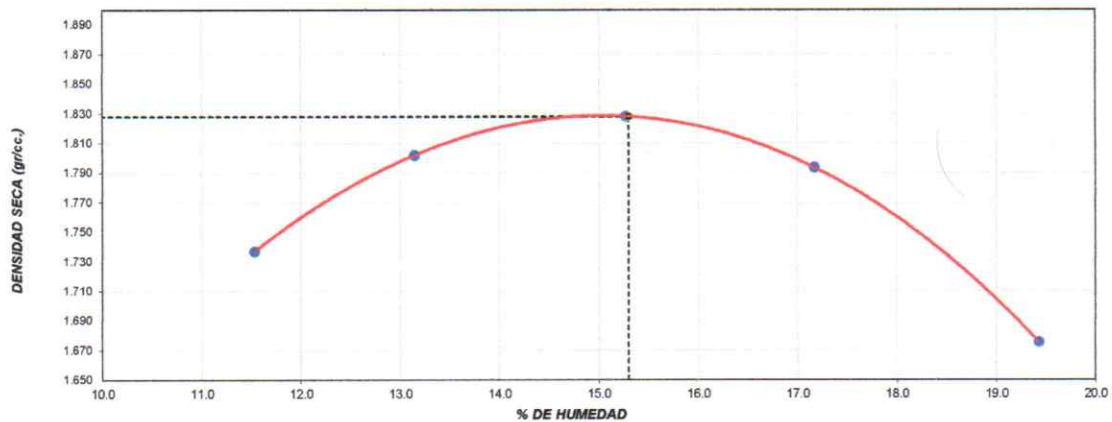
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.937	2.039	2.107	2.102	2.001
Contenido de agua	%	11.5	13.1	15.3	17.2	19.4
Densidad Seca	gr/cc	1.737	1.802	1.828	1.794	1.675

Densidad Máxima Seca:	1.828	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15.3	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vincharmarca Grande - Virahuana, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 25% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	11.830	11.934	11.624	11.824	10.318	10.751
Peso molde (gr.)	7.494	7.494	7.482	7.482	6.761	6.761
Peso suelo compactado (gr.)	4.336	4.440	4.142	4.342	3.557	3.990
Volumen del molde (cm ³)	2.058	2.058	2.076	2.076	2.031	2.031
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.107	2.158	1.995	2.092	1.752	1.985
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.826	1.852	1.728	1.795	1.520	1.687

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	25.7	26.9	27.3	27.0	26.2	26.5
Tara + suelo húmedo (gr.)	200.3	147.6	154.2	152.3	148.7	136.6
Tara + suelo seco (gr.)	177.0	130.5	137.2	134.5	132.5	121.0
Peso de agua (gr.)	23.3	17.1	17.0	17.8	16.2	15.6
Peso de suelo seco (gr.)	151.3	103.6	109.9	107.5	106.3	94.5
Humedad (%)	15.4	16.5	15.5	16.6	15.2	16.5

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-mar	12:00	0	0.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27-mar	12:00	24	0.4080	0.0002	0.0002	0.0130	0.0003	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003
28-mar	12:00	48	0.4150	0.0004	0.0003	0.0200	0.0005	0.0004	0.0230	0.0006	0.0005
29-mar	12:00	72	0.4200	0.0005	0.0004	0.0230	0.0006	0.0005	0.0260	0.0007	0.0006
30-mar	12:00	96	0.4220	0.0006	0.0005	0.0250	0.0006	0.0005	0.0300	0.0008	0.0007

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		374	18.5			208	10.3			42	2.1		
0.050		730	36.1			408	20.2			87	4.3		
0.075		980	48.6			555	27.5			128	6.3		
0.100	70.307	1182	58.5	58.0	82.5	672	33.3	34.0	48.4	162	8.0	8.0	11.4
0.150		1584	78.4			908	45.0			232	11.5		
0.200	105.460	1883	93.2	91.5	86.8	1085	53.7	53.4	50.6	288	14.2	14.2	13.5
0.300		2128	105.3			1231	61.0			335	16.6		
0.400		2188	108.3			1266	62.7			345	17.1		
0.500		2207	109.3			1281	63.4			355	17.6		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

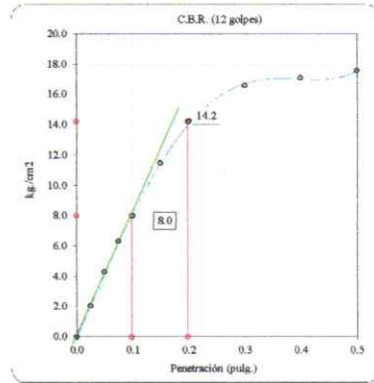
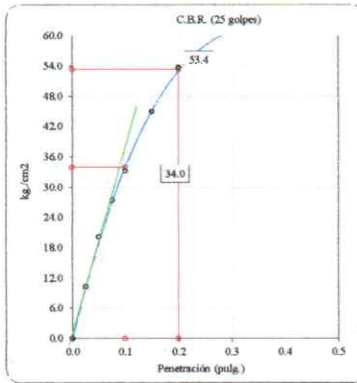
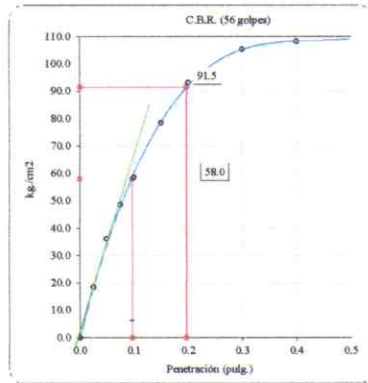
TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	 Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz JEFATURA	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 5 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 25/03/2024 Turno: Diurno
Identificación : Subrasante Procedencia : C-5 N° de Muestra : 8% CAL VIVA + 25% VINAZA Progresiva : -	Profundidad: 1.00 m Norte: --- Este: --- Cota: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

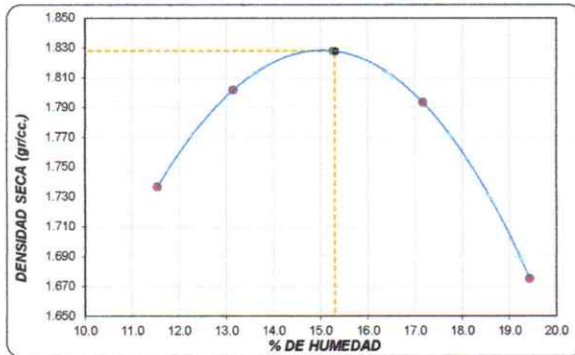
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.828 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.737 gr./cm³
 Optimo Contenido de Humedad 15.3 %



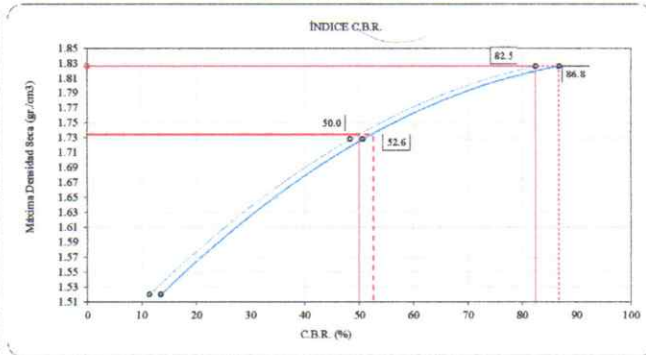
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 82.5 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 48.4 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 11.4 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 82.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 50.0 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 86.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 52.6 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
-

TESISTAS Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma: Msc. Julio César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	---	--

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

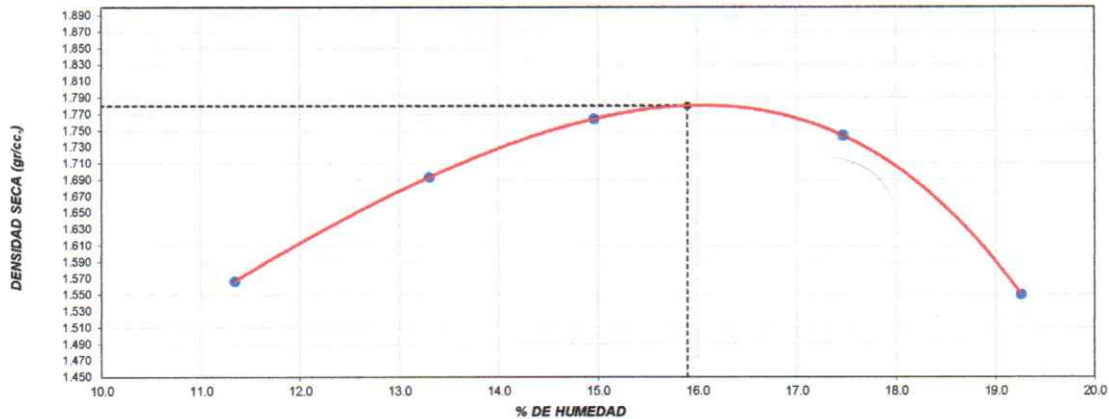
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.744	1.919	2.028	2.048	1.849
Contenido de agua	%	11.3	13.3	15.0	17.5	19.3
Densidad Seca	gr/cc	1.567	1.693	1.764	1.744	1.550

Densidad Máxima Seca:	1.780	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	15.9	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Mg. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto



INFORME DE ENSAYO

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
ASTM D1883 - NTP 339.122

Código	VS-CBR-01
Versión	01
Fecha	14-06-2024
Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 50% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,746	12,933	11,524	11,824	11,102	11,567
Peso molde (gr.)	8,463	8,463	7,482	7,482	7,557	7,557
Peso suelo compactado (gr.)	4,283	4,470	4,042	4,342	3,545	4,010
Volumen del molde (cm³)	2,076	2,076	2,076	2,076	2,028	2,028
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,063	2,153	1,947	2,092	1,748	1,977
Densidad Seca (gr./cm³)	1,783	1,845	1,680	1,789	1,508	1,693

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	26.4	27.9	27.5	26.5	26.1	26.7
Tara + suelo húmedo (gr.)	181.1	146.3	154.3	154.2	187.3	160.3
Tara + suelo seco (gr.)	160.1	129.4	136.9	135.7	165.2	132.5
Peso de agua (gr.)	21.0	16.9	17.4	18.5	22.1	17.8
Peso de suelo seco (gr.)	133.7	101.5	109.4	109.2	139.1	105.8
Humedad (%)	15.7	16.7	15.9	16.9	15.9	16.8

EXPANSIÓN

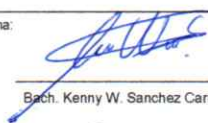

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-mar	12:00	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27-mar	12:00	24	0.0100	0.0003	0.0002	0.0120	0.0003	0.0003	0.0150	0.0004	0.0003
28-mar	12:00	48	0.0130	0.0003	0.0003	0.0160	0.0004	0.0003	0.0190	0.0005	0.0004
29-mar	12:00	72	0.0160	0.0004	0.0003	0.0200	0.0005	0.0004	0.0230	0.0006	0.0005
30-mar	12:00	96	0.0170	0.0004	0.0004	0.0210	0.0005	0.0005	0.0240	0.0008	0.0005

PENETRACIÓN


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		110	5.5			71	3.5			32	1.6		
0.050		247	12.3			158	7.8			68	3.3		
0.075		507	25.1			306	15.1			105	5.2		
0.100	70.307	851	42.2	57.0	81.1	497	24.6	31.6	44.9	142	7.0	7.0	10.0
0.150		1458	72.2			834	41.3			209	10.3		
0.200	105.460	1969	97.5	110.0	104.3	1120	55.5	61.3	58.1	272	13.5	13.5	12.8
0.300		2581	127.8			1464	72.5			347	17.2		
0.400		2837	130.6			1504	74.5			372	18.4		
0.500		2711	134.2			1554	76.9			397	19.6		


OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

<p>TESISTAS</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco</p>  <p>Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao</p>
--

<p>JEFE DE LABORATORIO</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Ms. Julio César Rivasplata Díaz</p> 
--

<p>ASESORA</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Mg. Luz Esther Álvarez Asto</p>
--

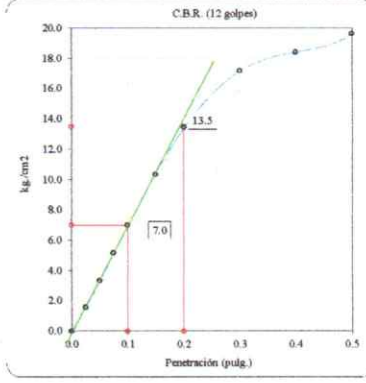
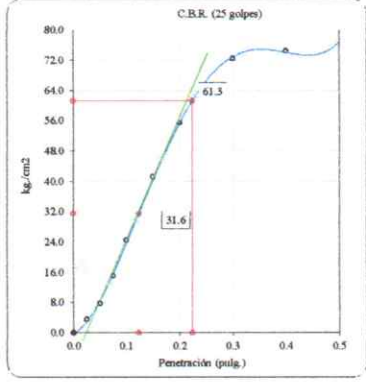
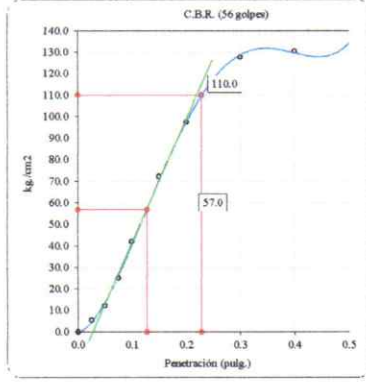
	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	3 de 3

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 5 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 25/03/2024 Turno: Diurno
Identificación : Subrasante Procedencia : C-5 N° de Muestra : 8% CAL VIVA + 50% VINAZA Progresiva : -	Profundidad: 1.00 m Norte: --- Este: --- Cota: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

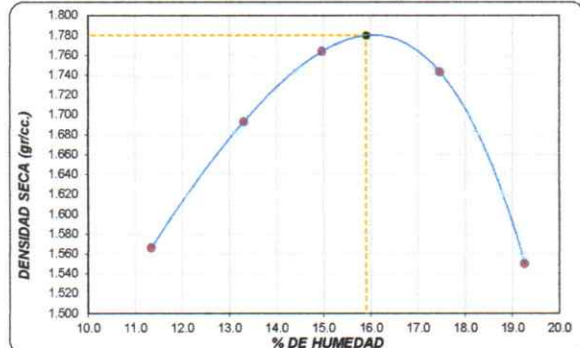
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.780 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 15.9 %
Máxima Densidad Seca al 95% 1.691 gr./cm³



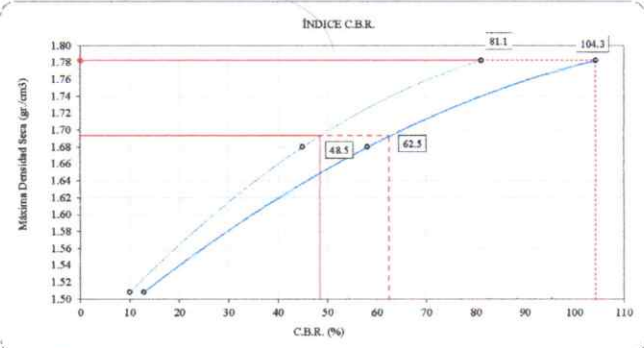
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 81.1 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 44.9 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 10.0 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 81.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 48.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 104.3 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 62.5 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- ---
- ---
- ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557- NTP 339.183	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	21/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

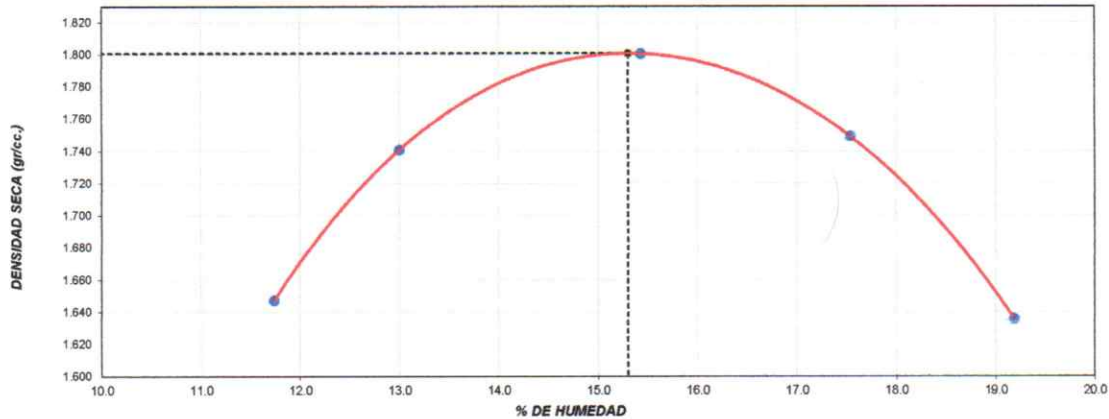
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / NTP 339.183**

Volumen Molde	2104.9	cm ³
Peso Molde	2753.4	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.841	1.967	2.078	2.056	1.950
Contenido de agua	%	11.7	13.0	15.4	17.5	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.647	1.741	1.801	1.749	1.636

Densidad Máxima Seca:	1.801	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15.3	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-CBR-01
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - NTP 339.122	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 3

Proyecto	: Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	N° de Calicata:	5
Propietario	: Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Muestreado por :	Tesistas
Código del Proyecto	: Mg. Luz Esther Álvarez Asto	Ensayado por :	Tesistas
Ubicación de Proyecto	: Moro	Fecha de Ensayo:	25/03/2024
Material	: Subrasante	Turno:	Diurno
Identificación	: Subrasante	Profundidad:	1.00 m
Procedencia	: C-5	Norte:	---
N° de Muestra	: 8% CAL VIVA + 75% VINAZA	Este:	---
Progresiva	: -	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	12,414	12,566	11,518	11,758	11,632	12,145
Peso molde (gr.)	8,160	8,160	7,482	7,482	8,127	8,127
Peso suelo compactado (gr.)	4,254	4,406	4,036	4,276	3,505	4,018
Volumen del molde (cm ³)	2,050	2,050	2,076	2,076	2,053	2,053
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,075	2,149	1,944	2,060	1,707	1,957
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,803	1,849	1,686	1,773	1,485	1,686

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	26.5	28.1	27.2	27.6	26.2	27.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	173.7	146.3	154.2	156.2	194.9	148.3
Tara + suelo seco (gr.)	154.4	129.8	137.3	138.3	172.6	131.5
Peso de agua (gr.)	19.3	16.5	16.9	17.9	22.0	16.8
Peso de suelo seco (gr.)	127.9	101.7	110.1	110.5	146.7	104.5
Humedad (%)	15.1	16.2	15.3	16.2	15.0	16.1

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-mar	13:30	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27-mar	13:30	24	0.0200	0.0005	0.0004	0.0280	0.0007	0.0006	0.0310	0.0008	0.0007
28-mar	13:30	48	0.0270	0.0007	0.0006	0.0310	0.0008	0.0007	0.0340	0.0009	0.0007
29-mar	13:30	72	0.0280	0.0007	0.0006	0.0320	0.0008	0.0007	0.0350	0.0009	0.0008
30-mar	13:30	96	0.0290	0.0007	0.0006	0.0330	0.0008	0.0007	0.0360	0.0009	0.0008

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		291	14.4			158	7.8			26	1.3		
0.050		573	28.4			317	15.7			61	3.0		
0.075		813	40.3			452	22.4			91	4.5		
0.100	70.307	1019	50.5	48.0	68.3	573	28.4	26.5	37.7	127	6.3	7.2	10.2
0.150		1354	67.1			772	38.2			189	9.3		
0.200	105.460	1637	81.1	80.0	75.9	948	46.9	45.5	43.1	258	12.8	13.4	12.7
0.300		1986	98.3			1160	57.4			334	16.5		
0.400		2146	106.2			1251	61.9			356	17.6		
0.500		2245	111.1			1312	65.0			380	18.8		

OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por los tesistas

* ---
* ---
* ---

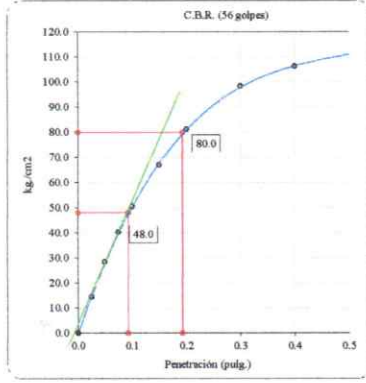
TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

Proyecto : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 Propietario : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao Código del Proyecto : Mg. Luz Esther Álvarez Asto Ubicación de Proyecto : Moro Material : Subrasante	N° de Calicata: 5 Muestreado por : Tesistas Ensayado por : Tesistas Fecha de Ensayo: 25/03/2024 Turno: Diurno	Profundidad: 1.00 m Norte: --- Este: --- Cota: ---
Identificación : Subrasante Procedencia : C-5 N° de Muestra : 8% CAL VIVA + 75% VINAZA Progresiva : -		

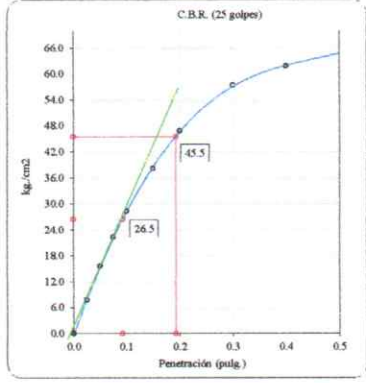
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883 - NTP 339.122

Datos de muestra

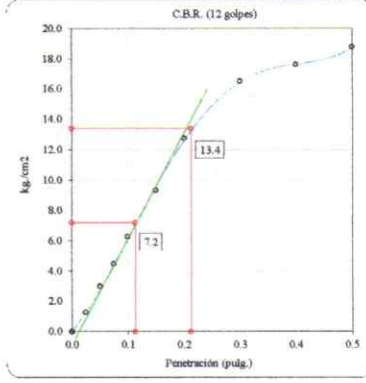
Máxima Densidad Seca _____ 1.801 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad _____ 15.3 %
 Máxima Densidad Seca al 95% _____ 1.711 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 68.3 %

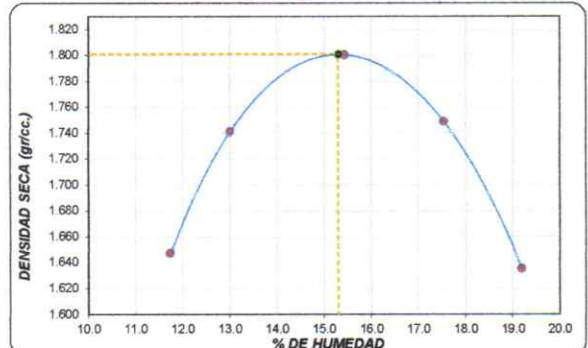


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 37.7 %



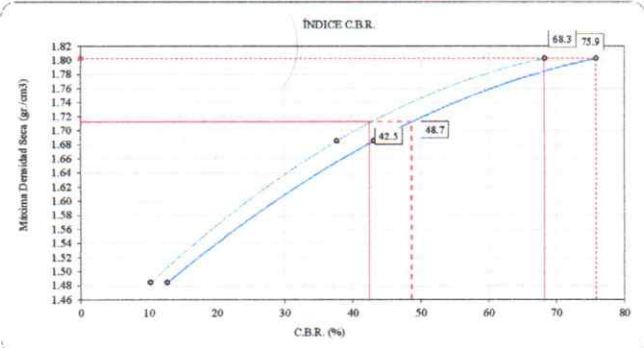
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 10.2 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 68.3 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 42.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA




C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 75.9 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 48.7 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por los tesistas
- * ---
- * ---
- * ---

TESISTAS Nombre y firma: Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma: Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	ASESORA Nombre y firma: Mg. Luz Esther Álvarez Asto
--	--	--

	INFORME DE ENSAYO	Código	VS-PM-01
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D 1557 - MTC E 115 - NTP 339.133	Versión	01
		Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 1

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, **REGISTRO N°:** 1
TESISTAS : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao **MUESTREADO POR :** Tesistas
ASESORA : Mg. Luz Esther Álvarez Asto **ENSAYADO POR :** Tesistas
UBICACIÓN DE PROYECTO : Moro **FECHA DE ENSAYO :** 18/03/2024
ATENCIÓN : 0 **TURNO :** Diurno

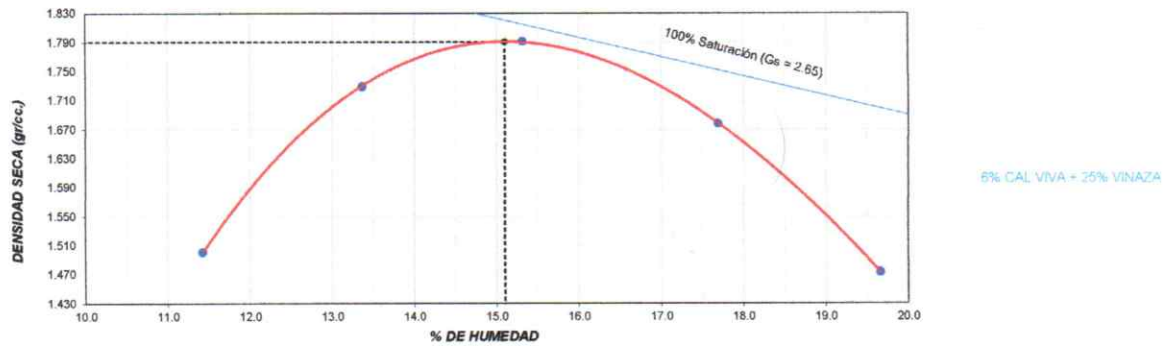
Material : Sub Rasante **Profundidad:** ---
Calicata : C-5 **Norte:** ---
N° de Muestra : 6% CAL VIVA + 25% VINAZA **Este:** ---
Ubicación : --- **Cota:** ---

**Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))
 (Ensayo de compactación - Proctor Modificado)
 ASTM D1557 - 12e1**

MÉTODO DE ENSAYO	A
Volumen Molde	2104.9 cm ³
Peso Molde	2753.4 g

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.673	1.961	2.066	1.975	1.763
Contenido de agua	%	11.4	13.4	15.3	17.7	19.7
Densidad Seca	gr/cc	1.501	1.730	1.792	1.678	1.474

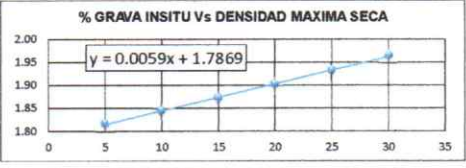
Densidad Máxima Seca: 1.791 gr/cm³ **Contenido Humedad Óptima:** 15.1 %
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



**"Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles"
 (Corrección de humedad y densidad por material de sobre dimensión)
 ASTM D4718 / D4718M - 15**

Gravedad específica seca de sobre dimensión: 2.54
 % Fracción de Sobre dimensión (Pc): 7.4 %
 % Fracción fina (Pf): 92.6 %
 Contenido de Humedad de la Grava: 0.6 %
Densidad Máxima Seca corregida: 1.83 g/cm³
Contenido Humedad Óptimo corregido: 14.0 %

VARIACIONES DE GRAVA INSITU (%)					
5	10	15	20	25	30
95	90	85	80	75	70
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
1.82	1.85	1.87	1.90	1.93	1.96
14.4	13.7	12.9	12.2	11.5	10.8



X = % de grava insitu retenida en tamiz de separación



OBSERVACIONES:
 * La Máxima densidad seca corregida será tomada en función al cuadro de variación de porcentaje de grava o calculado con la ecuación presentada en el gráfico final
 * Muestra tomada en campo por los tesistas
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de los tesistas.

TESISTAS Nombre y firma:  Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco  Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	JEFE DE LABORATORIO Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivas Plata Diaz 	ASESORA Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Alvarez Asto
--	---	---

PROYECTO	Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca Grande - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022	REGISTRO : VS-DC-02 PAGINA N° : 1
TESISTAS	Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao	
Asesora	Mg. Luz Esther Álvarez Asto	FECHA : 14/06/2024

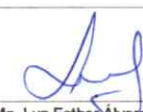
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO CON CONO DE ARENA
(ASTM D1556 - NTP 339.151)

ENSAYO / PRUEBA	N°	01	02	03	04	05	06
NIVEL / CAPA		Subrasante más 8% de Cal viva y 26% de Vinaza					
DESCRIPCION / PROGRESIVA		Calicata 05	Calicata 05	Calicata 05			
		1+400	1+402	1+404			
		Lado Der.	Centro	Lado Izq.			
PROCEDENCIA DE MATERIAL							
1	Peso del frasco + arena	gr.	7786	7526	7314		
2	Peso del frasco + arena que queda	gr.	2251	2284	2114		
3	Peso de arena en el cono	gr.	1554	1554	1554		
4	Peso de arena en el hoyo	gr.	3981	3688	3646		
5	Densidad de la arena	gr/cm ³	1.34	1.34	1.34		
6	Volumen del material extraído	cm ³	2971	2752	2721		
7	Peso del suelo con grava + recipiente	gr.	6014	5632	5523		
8	Peso del recipiente	gr.	20	20	20		
9	Peso del suelo con grava	gr.	5994	5612	5503		
10	Peso de material mayor a 3/4"	gr.	186	102	111		
11	Fración gruesa a mayor a 3/4"	%	3.1	1.8	2.0		
12	Peso específico de la grava	gr/cm ³	2.54	2.54	2.54		
13	Densidad del suelo húmedo	gr/cm ³	2.018	2.039	2.022		
14	Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.755	1.777	1.754		
DATOS DEL ENSAYO PROCTOR							
15	Máxima densidad seca	gr/cm ³	1.791	1.791	1.791		
16	Óptimo contenido de humedad	%	15.10	15.10	15.10		
HUMEDAD INSITU							
17	Humedad Speedy	%	15.40	15.00	15.60		
18	Humedad Speedy Corregida	%	14.94	14.74	15.30		
RESULTADOS DEL ENSAYO							
19	Máxima Densidad Seca corregida	gr/cm ³	1.807	1.801	1.802		
20	Óptimo Contenido de humedad corregida	%	14.65	14.84	14.81		
21	GRADO DE COMPACTACIÓN	%	97.11	98.70	97.36		

TESISTAS
Nombre y firma:

Bach. Kenny W. Sanchez Carrasco

Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma:

Ms. Julio César Rivasplata Díaz


ASESORA
Nombre y firma:

Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME	Código	VS-FO-01
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 REGISTRO N°: 1

Tesistas : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao VERIFICADO POR : TESISTAS

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto ENSAYADO POR : TESISTAS

UBICACIÓN DE PROYECTO: Moro FECHA DE ENSAYO : 02/04/2024

TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-1

Norte

Este

Cota

Peso del martillo : 8,0 kg

Factor del Martillo : 1,0

Clasificación del suelo : ML

Nivel Freático : NO PRESENTA

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)	Número de golpes acumulados	% golpes	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	0	0.0			
6	50	6	2.3	50	8.3	27.17
6	100	12	4.5	50	8.3	27.17
16	150	28	10.5	50	3.1	81.50
11	200	39	14.7	50	4.5	53.57
16	250	55	20.7	50	3.1	81.50
16	300	71	26.7	50	3.1	81.50
11	350	82	30.8	50	4.5	53.57
13	400	95	35.7	50	3.8	64.59
11	450	106	39.8	50	4.5	53.57
13	500	119	44.7	50	3.8	64.59
16	550	135	50.8	50	3.1	81.50
16	600	151	56.8	50	3.1	81.50
17	650	168	63.2	50	2.9	87.22
15	700	183	68.8	50	3.3	75.82
15	750	198	74.4	50	3.3	75.82
15	800	213	80.1	50	3.3	75.82
15	850	228	85.7	50	3.3	75.82
11	900	239	89.8	50	4.5	53.57
11	950	250	94.0	50	4.5	53.57
16	1000	266	100.0	50	3.1	81.50
Promedio (%):						66.0

OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:


Norma ASTM D6951

$$CBR = 297 / (PDC)^{1.12}$$

TESISTAS
Nombre y firma:
 Bach. Kenny Sanchez  Bach. Miguel Vilchez

JEFE DE LABORATORIO
Nombre y firma:
 Ms. Julio César Rivasplata Díaz 

ASESORA
Nombre y firma:
 Mg. Luz Esther Álvarez Asto

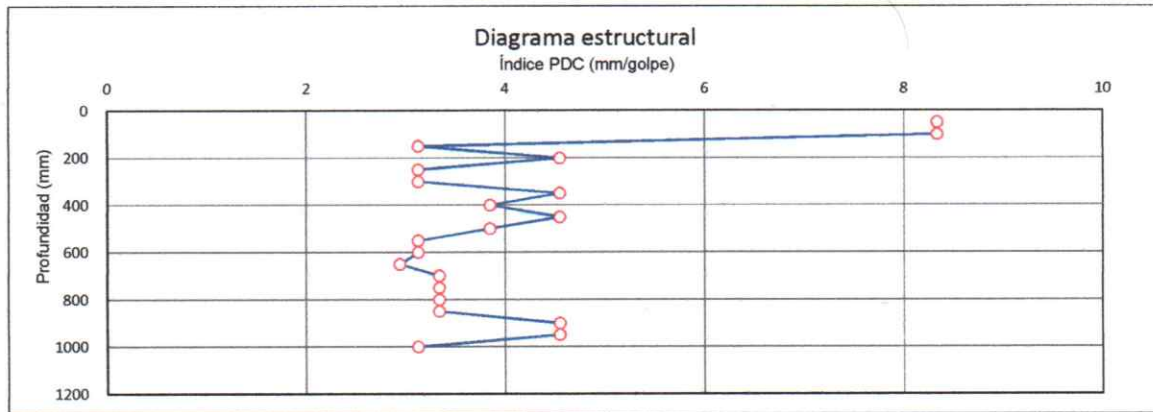
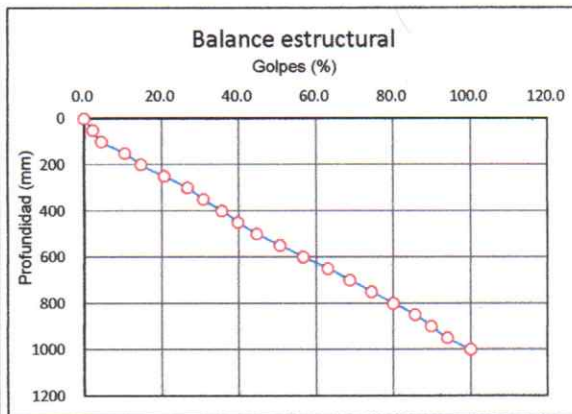
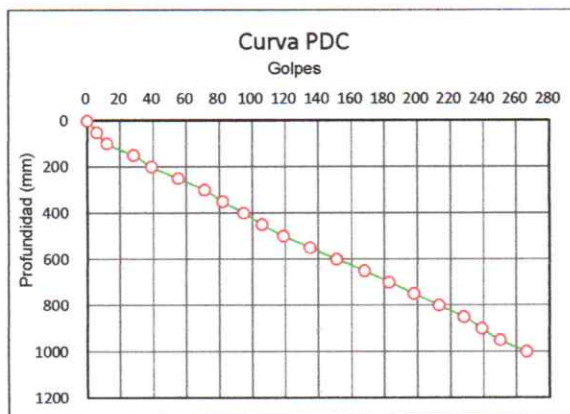
	INFORME	Código	VS-FO-01
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - Pucallpa - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 SOLICITANTE : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiani
 CÓDIGO DE PROYECTO : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Moro

REGISTRO N°: 1
 MUESTREO POR : TESISTAS
 ENSAYO POR : TESISTAS
 FECHA DE ENSAYO : 02/04/2024
 TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-1
 Norte : 0
 Este : 0
 Cota : 0

Peso del martillo : 8,0 kg
 Factor del Martillo : 1,0
 Clasificación del suelo : ML
 Nivel Freático : NO PRESENTA



OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:

Norma ASTM D6951 $CBR = 292/(PDC)^{1.12}$

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Bach. Kenny Sanchez  Bach. Miguel Vilchez	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME	Código	VS-FO-01
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 REGISTRO N°: 1

Tesistas : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao VERIFICADO POR : TESISTAS

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto ENSAYADO POR : TESISTAS

UBICACIÓN DE PROYECTO : Moro FECHA DE ENSAYO : 02/04/2024

TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-2

Norte

Este

Cota

Peso del martillo : 8,0 kg

Factor del Martillo : 1,0

Clasificación del suelo : ML

Nivel Freático : NO PRESENTA

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)	Número de golpes acumulados	% golpes	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	0	0.0			
6	50	6	2.2	50	8.3	27.17
9	100	15	5.5	50	5.6	42.78
13	150	28	10.2	50	3.8	64.59
13	200	41	14.9	50	3.8	64.59
15	250	56	20.4	50	3.3	75.82
14	300	70	25.5	50	3.6	70.18
13	350	83	30.2	50	3.8	64.59
15	400	98	35.6	50	3.3	75.82
15	450	113	41.1	50	3.3	75.82
14	500	127	46.2	50	3.6	70.18
16	550	143	52.0	50	3.1	81.50
16	600	159	57.8	50	3.1	81.50
15	650	174	63.3	50	3.3	75.82
16	700	190	69.1	50	3.1	81.50
16	750	206	74.9	50	3.1	81.50
15	800	221	80.4	50	3.3	75.82
15	850	236	85.8	50	3.3	75.82
13	900	249	90.5	50	3.8	64.59
13	950	262	95.3	50	3.8	64.59
13	1000	275	100.0	50	3.8	64.59
Promedio (%):						69.2

OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:

Norma ASTM D6951

$$CBR = 292/(PDC)^{1.12}$$

TESISTAS	JEFE DE LABORATORIO	ASESORA
Nombre y firma:  Bach. Kenny Sanchez  Bach. Miguel Vilchez	Nombre y firma:  Ms. Julio César Rivasplata Díaz 	Nombre y firma:  Mg. Luz Esther Álvarez Asto

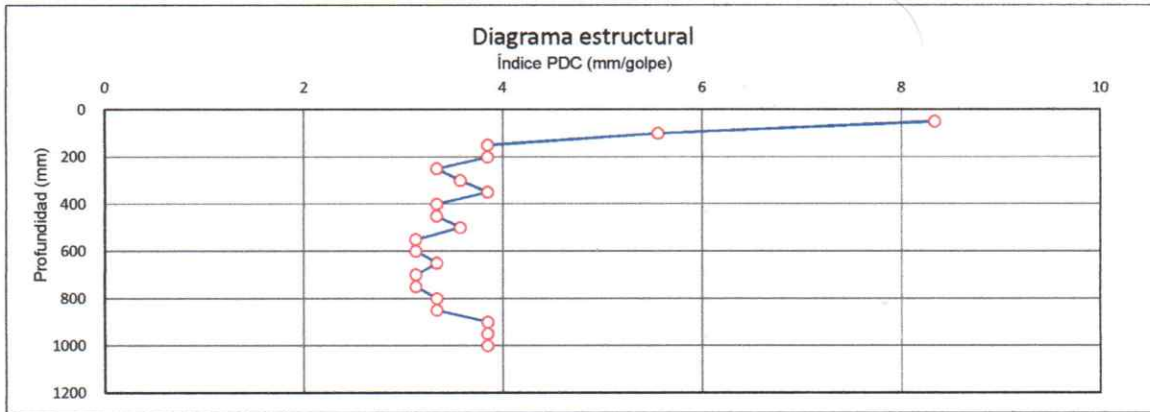
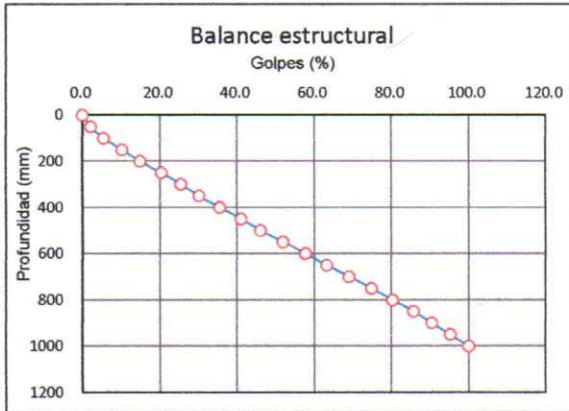
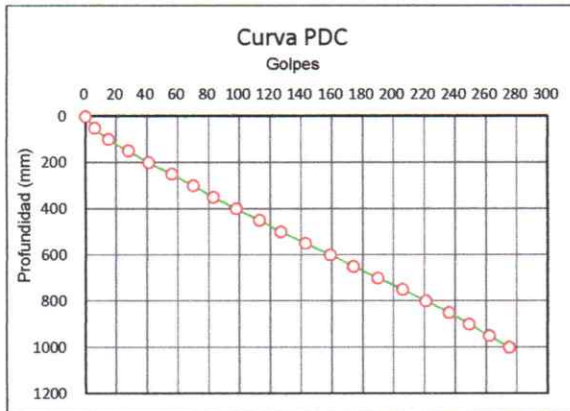
	INFORME	Código	VS-FO-01
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 SOLICITANTE : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiad
 CÓDIGO DE PROYECTO : Mg. Luz Esther Álvarez Asto
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Moro

REGISTRO N° : 1
 MUESTREO POR : TESISITAS
 ENSAYO POR : TESISITAS
 FECHA DE ENSAYO : 02/04/2024
 TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-2
 Norte : 0
 Este : 0
 Cota : 0

Peso del martillo : 8,0 kg
 Factor del Martillo : 1,0
 Clasificación del suelo : ML
 Nivel Freático : NO PRESENTA



OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:

Norma ASTM D6951 $CBR = 292/(PDC)^{1.12}$

TECNICO LEM

Nombre y firma:


Bach. Kenny Sanchez


Bach. Miguel Vilchez

JEFE LEM


Nombre y firma:


Ms. Julio César Rivasplata Díaz



CQC - LEM

Nombre y firma:


Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME	Código	VS-FO-59
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	1 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022 **REGISTRO N°:** 1

Tesistas : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiao **VERIFICADO POR :** TESISTAS

Asesora : Mg. Luz Esther Álvarez Asto **ENSAYADO POR :** TESISTAS

UBICACIÓN DE PROYECTO: Moro **FECHA DE ENSAYO :** 02/04/2024

TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-3

Norte

Este

Cota

Peso del martillo : 8,0 kg

Factor del Martillo : 1,0

Clasificación del suelo : ML

Nivel Freático : NO PRESENTA

Número de golpes	Penetración acumulada (mm)	Número de golpes acumulados	% golpes	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR (%)
0	0	0	0.0			
6	50	6	2.3	50	8.3	27.2
8	100	14	5.3	50	6.3	37.5
13	150	27	10.2	50	3.8	64.6
14	200	41	15.5	50	3.6	70.2
14	250	55	20.8	50	3.6	70.2
14	300	69	26.0	50	3.6	70.2
13	350	82	30.9	50	3.8	64.6
13	400	95	35.8	50	3.8	64.6
13	450	108	40.8	50	3.8	64.6
13	500	121	45.7	50	3.8	64.6
16	550	137	51.7	50	3.1	81.5
16	600	153	57.7	50	3.1	81.5
16	650	169	63.8	50	3.1	81.5
15	700	184	69.4	50	3.3	75.8
14	750	198	74.7	50	3.6	70.2
14	800	212	80.0	50	3.6	70.2
14	850	226	85.3	50	3.6	70.2
14	900	240	90.6	50	3.6	70.2
13	950	253	95.5	50	3.8	64.6
12	1000	265	100.0	50	4.2	59.0
Promedio (%):						66.4

OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:

Norma ASTM D6951

$$CBR = 292 / (PDC)^{1.12}$$

TECNICO LEM

Nombre y firma:


 Bach. Kenny Sanchez

 Bach. Miguel Vilchez


JEFE LEM


Nombre y firma:


 Ms. Julio César Rivasplata Díaz


CQC - LEM

Nombre y firma:

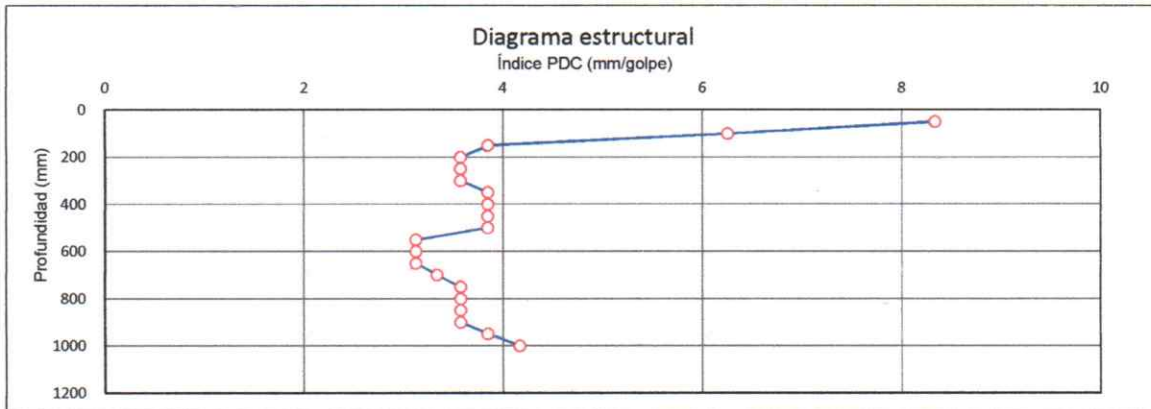
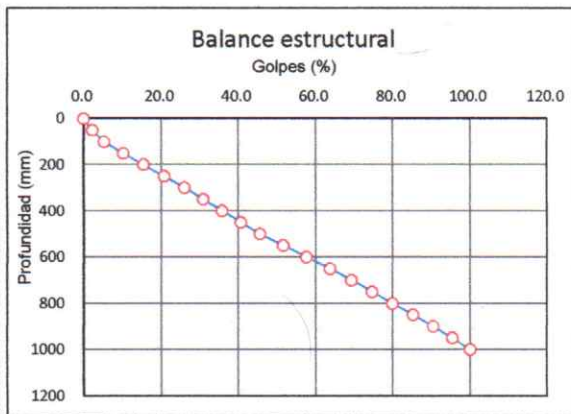
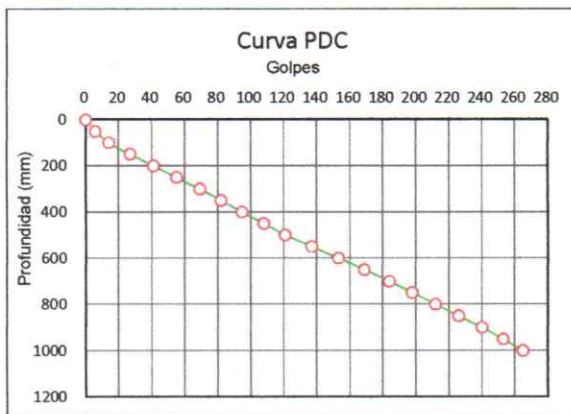

 Mg. Luz Esther Álvarez Asto

	INFORME	Código	VS-FO-59
	ENSAYO CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO PARA DETERMINACIÓN DE CBR INSITU	Versión	01
	ASTM D 6951 - NTP 339.156	Fecha	14-06-2024
		Página	2 de 2

PROYECTO : Comportamiento Físico-Mecánico de la subrasante, entre la vía Vinchamarca - PISCOS N°: 1
 - Virahuanca, al sustituir vinaza y adicionar Cal Viva, Moro - 2022
 SOLICITANTE : Bach. Kenny W. Sánchez Carrasco - Bach. Miguel A. Vilchez Bachiad MUESTRADO POR : TESISTAS
 CÓDIGO DE PROYECTO : Mg. Luz Esther Álvarez Asto ENSAYADO POR : TESISTAS
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Moro FECHA DE ENSAYO : 02/04/2024
 TURNO : Diurno

Punto N° : PDC-3
 Norte : 0
 Este : 0
 Cota : 0

Peso del martillo : 8,0 kg
 Factor del Martillo : 1,0
 Clasificación del suelo : ML
 Nivel Freático : NO PRESENTA



OBSERVACIONES:

Penetración realizada sobre el nivel natural del terreno

CORRELACIONES:

Norma ASTM D6951 $CBR = 292/(PDC)^{1.12}$


TECNICO LEM
 Nombre y firma:

 Bach. Kenny Sanchez

 Bach. Miguel Vilchez

JEFE LEM
 Nombre y firma:

 Ms. Julio César Rivasplata Díaz


CQC - LEM
 Nombre y firma:

 Mg. Luz Esther Álvarez Asto



ANEXO 3

Ficha Técnica de la cal pulverizada



FICHA TÉCNICA CAL PULVERIZADA

NOMBRE COMERCIAL: Cal Viva

MARCA: OXID

FORMULA QUÍMICA: CaO

NOMBRE QUÍMICO: Óxido de Calcio



❖ CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

CaO Disponible/Útil	$\geq 80\%$	%	ASTM C-25
CaO Total	$\geq 87\%$	%	ASTM C-25
MgO	0.5% - 0.8%	%	ASTM C-25
Pérdidas por calcinación	< 2.5	%	LECO CS744
SiO ₂	2.5% - 3.5%	%	XRF
Fe ₂ O ₃	0.3	%	XRF
Al ₂ O ₃	≤ 0.8	%	XRF
Carbón	$< 0.5\%$	%	LECO CS744

❖ CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Reactividad ($\Delta^{\circ}T$) en 30 segundos	≥ 14	$^{\circ}C$	ASTM C110
Reactividad ($\Delta^{\circ}T$) en 3 minutos	≥ 40	$^{\circ}C$	ASTM C110
Humedad	≤ 0.1	%	

+51 993084671
ventascalidraperu@calidra.com.mx
www.calidraperu.com.pe



❖ **GRANULOMETRÍA (cal viva pulverizado)**

Malla	%Retenido
#100	3.00
#200	12.00
<#200	85.00

❖ **PRESENTACIÓN**

Big Bag 1.0 Tn y 1.5 Tn
Saquillo de 25 kg
Granel Bombona

+51 993084671
ventascalidraperu@calidra.com.mx
www.calidraperu.com.pe



ANEXO 4

Características físico-químicas de la vinaza



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 22-000855/22

Pág. 1/2

Solicitante : Alegre De La Cruz Luis Angel
Gallarday Alejos José Armando

Domicilio Legal : Barrio Santa Rosa – C.P. San Jacinto MZ. 5 LT. 2 Nepeña – Santa - Ancash

Producto Declarado : Vinaza

Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 278 g.
Muestra proporcionada por el Solicitante

Forma de Presentación : En frasco de plástico conservado a temperatura ambiente.

Identificación de muestra : Vinaza. (Producto residuo – Agua de riego) – Agroindustrias San Jacinto S.A.

Tipo de muestra : Analisis físico-químico

Fecha de Recepción : 2022—03—05

Fecha de Inicio del ensayo : 2022—06—05

Fecha de Término del ensayo : 2022—09—05

Ensayo realizado en : Laboratorio

Identificado con : H/S 0002548 (EPNE-00165-2022)

Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Nota: La muestra de codigo AGUA/ VINAZA A/ FD: FABRICA, AGUA/ VINAZA B/ FD: FABRICA, no se analizaron en el esquema SA_CLAW73 por la característica de la muestra.

Metales totales

Esquema	Método
SA_CLAW73	CERPER-MN-ME-229/Abril 2014 Rev. 02/ Soluciones de Fertilirriego: Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos SGS-
SA_COND2HA	MN-ME-250 /Abril 2014 Rev.00 / Soluciones de Fertilirriego: Conductividad Eléctrica en Aguas
SA_IMS80T	CERPER-MN-ME-225-/ Mayo 2014 Rev. 02 /ANÁLISIS DE AGUA DE FERTIRRIEGO – POR ICPMS
SA_PH32HA	CERPER-MN-ME-251 / Abril 2014 Rev.00 / Soluciones de Fertilirriego: pH en Aguas
SA_UVWN03	CERPER-MN-ME-228/Noviembre 2014 Rev. 04/ Soluciones de Fertilirriego: Determinación de Nitratos
SA_UVXCL	CERPER-MN-ME-277/ Setiembre 2015 Rev. 00/ Aguas y Soluciones de Fertilirriego: Determinación de Cloruros por UV-VIS
SA_UVXNH3	CERPER-MN-ME-278/Octubre 2015 R.00/ Aguas y Soluciones de Fertilirriego: Determinación de Amonio por espectrofotometría UV-VIS

Análisis N° 01
Humedad y solidos totales de la vinaza
Muestra 15ml.

Peso de la muestra	16,9215 g.
Peso final de la muestra (seca)	1,5855 g.
Agua	15,336 g.
Contenido de Humedad	90,63 %
Solidos Totales	0,6215 g. materia seca / g. de vinaza

Tamaño de muestra analizada 15ml. x densidad g/cm³.
Tamaño de muestra en gramos 16.9215g.
El contenido de humedad fue determinado por el método de secado en microondas.



CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos IE Av. Panamericana
Nro. 0 Mz-A Lote -02 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

- USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



Análisis N° 02

Comportamiento estadístico de las características físico/químicas de la vinaza

Pág. 2/2

Parámetros	U/M	Muestra 01
		Promedio
Temperatura	°C	24 ambiente
pH	U	3.95
Conductividad Eléctrica	ms/m	1686.53
Densidad	g/cm3	1.0152
% Cenizas	%	0.93
Sólidos Totales (ST)	mg/L	42877.5
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/L	9432.5
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/L	33430.0
Viscosidad	cP	1.19
Nitrógeno	%	0.73

Las determinaciones de pH fueron realizadas potenciométricamente. La determinación de conductividad mediante el método conductimétrico. A través de gravimetría se determinó el porcentaje de cenizas, sólidos totales, sólidos totales fijos. La viscosidad fue medida mediante el método de viscosidad cinemática, el nitrógeno orgánico total se determinó por el método al formaldehído, la demanda química de oxígeno (DQO), mediante el método espectrofotométrico

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 06 de mayo del 2022



CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACION DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla-Callao
T. (511) 3199000
info cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311048

PIURA
Urb. Angamos IE Av. Panamericana
Nro. 0Mz-A Lote- 02 - Piura
T. (073) 322908 / 99753

* EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE *



ANEXO 5

Panel fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°01.- Excavación de calicata 1 y 2.



Fotografía N°02.- Excavación de calicata 3.



Fotografía N°03.- Excavación de calicata 4 y 7.



Fotografía N°04.- Excavación de calicata 8.



Fotografía N°05.- Densidad de campo - calicata 5.



Fotografía N°06.- Densidad de campo - calicata 6.



Fotografía N°07.- Densidad de campo - calicata 7 y 8.



Fotografía N°08.- Muestreo para contenido de humedad.



Fotografía N°09.- Secado de muestras en horno para contenido de humedad.



Fotografía N°10.- Secado de material en estufa.



Fotografía N°11.- Cuarteo de material.



Fotografía N°12.- Lavado de muestra para granulometría.



Fotografía N°13.- Secado luego del lavado.



Fotografía N°14.- Tamizado de muestra para pesaje.



Fotografía N°15.- Pesaje de muestra luego del tamizado.



Fotografía N°16.- Determinación del límite líquido.



Fotografía N°17.- Determinación del límite plástico.



Fotografía N°18.- Tamizado de la muestra para Proctor modificado.



Fotografía N°19.- Toma de medidas del molde para proctor modificado.



Fotografía N°20.- Compactación con martillo para Proctor modificado.



Fotografía N°21.- Enrasado para Proctor modificado.



Fotografía N°22.- Pesaje de muestra más molde.



Fotografía N°23.- Compactación de proctor para CBR.



Fotografía N°24.- Pesaje de muestra más molde para CBR



Fotografía N°25.- Medición de expansión inicial de muestra para CBR.



Fotografía N°26.- Cuarto día, medida de expansión final de muestras.



Fotografía N°27.- Ensayo de penetración para CBR.



Fotografía N°28.- Tamizado de la cal viva.



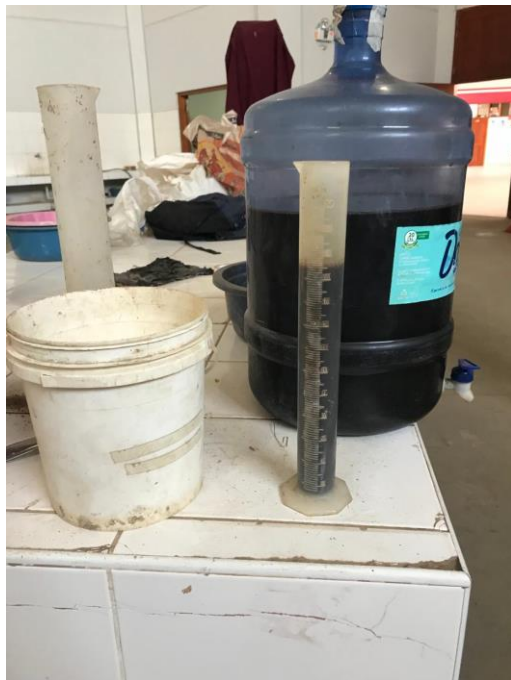
Fotografía N°29.- Límite líquido de la cal viva.



Fotografía N°30.- Límite plástico de la cal viva.



Fotografía N°31.- Obtención de la vinaza.



Fotografía N°32.- Medición de los porcentajes requeridos para los ensayos.



Fotografía N°33.- Colocación de los porcentajes de cal viva para su posterior mezcla.



Fotografía N°34.- Colocación de vinaza para su posterior mezcla.



Fotografía N°35.- Compactación para proctor modificado.



Fotografía N°36.- Pesaje de muestra con los aditivos para proctor modificado.



Fotografía N°37.- Mezcla de materiales para proctor de CBR.



Fotografía N°38.- Medición de expansión inicial de muestra más aditivos.



Fotografía N°39.- Medición de expansión final de muestra más aditivos.



Fotografía N°40.- Ensayo de penetración de muestra más aditivos.