

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO
TERRAZYME PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE
(CBR) EN SUELOS TIPO A-2 Y A-6”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. RICHARD AGUIRRE TRIGOSO

ASESOR:

Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMIREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** RICHARD AGUIRRE TRIGOSO
DNI: 71872234
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
Facultad: INGENIERIA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) EN SUELOS TIPO A-2 Y A-6"
- Fecha de evaluación:** 11 de Agosto 2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 12 %
- Código Documento:** trn:oid:::3117:481547957
- Resultado de la Evaluación de Similitud:** 12%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11 de Agosto de 2025

		Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 11/08/2025 21:34:19-0500
<hr/> FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez	<hr/> UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI	

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) EN SUELOS TIPO A-2 Y A-6.*

ASESOR : *Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0490-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 15 de agosto de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **diecinueve días del mes de agosto de 2025**, siendo las once horas (11:00 m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal : Ing. Marcos Mendoza Linares.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) EN SUELOS TIPO A-2 Y A-6*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *RICHARD AGUIRRE TRIGOSO*, asesorado por el Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *6* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *11* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *17* PTS *DIECISIETE* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *17 (DIECISIETE)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *12:30* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Presidente

Ing. Marcos Mendoza Linares.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía constante y por concederme la salud y la fortaleza necesarias para alcanzar cada uno de mis objetivos académicos.

A mis padres y hermanos, quienes, con su apoyo incondicional, enseñanzas, paciencia y arduo trabajo, me han guiado por el camino del conocimiento y el crecimiento personal.

A mi esposa e hijo, quienes han sido mi apoyo incondicional y la razón para superarme cada día.

Al Ing. Roberto Mosqueira Ramírez, mi asesor de tesis, por su orientación, seguimiento y supervisión continua. Su experiencia y dedicación fueron esenciales para el desarrollo de la tesis.

A la Facultad de Ingeniería; en especial, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca. Agradezco a todos los docentes que compartieron sus conocimientos, contribuyendo significativamente a mi formación profesional.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
CONTENIDO	ii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.1.3. HIPÓTESIS	9
1.1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.1.5. DELIMITACION Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	10
1.2. OBJETIVOS	10
1.2.1. Objetivo General	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	12
2.1.1. Antecedentes Internacionales	12
2.1.2. Antecedentes Nacionales	12
2.1.3. Antecedentes Locales	13
2.2. BASES TEÓRICAS	13
2.2.1 Los Suelos	13
2.2.2 Clasificación Del Suelo	19
2.2.3 Ensayos En Mecánica De Suelos	25
3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS	37
3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA INVESTIGACION	37
3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN	39

3.3.	metodología de la investigación	39
3.3.1.	Tipo, nivel y diseño de la Investigación	39
3.3.2.	Diseño de la investigación.....	39
3.3.3.	Población Y Muestra Del Estudio	39
3.3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.3.5.	Procedimiento	42
3.3.6.	Análisis De Datos y Presentación De Los Resultados	43
4.	CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	53
4.1.	Material sin aditivo	53
4.2.	Material con aditivo.....	53
4.3.	Contrastación de la hipótesis.....	55
5.	CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1.	CONCLUSIONES	56
5.2.	RECOMENDACIONES.....	56
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
7.	ANEXOS.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas.....	14
Tabla 2: Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.	18
Tabla 3: Condición del suelo de subrasante según su índice de grupo.....	20
Tabla 4: Sistema de clasificación AASHTO	23
Tabla 5: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado.....	23
Tabla 6: Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado.....	24
Tabla 7: Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS	25
Tabla 8: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado.....	27
Tabla 9: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado.....	31
Tabla 10: Cargas Unitarias patrón – CBR.....	34
Tabla 11: Usos de material según CBR	36
Tabla 12: ubicación geográfica del proyecto de canteras	37
Tabla 13: Ubicación geográfica de suelo tipo A2	37
Tabla 14: Ubicación geográfica de suelo tipo A6	37
Tabla 15: Ubicación de canteras y Muestreo de suelo.....	40
Tabla 16: Ensayos realizados en laboratorio de suelos y norma técnica.	41
Tabla 17: Contenido de Humedad muestra natural suelo A2	44
Tabla 18: Contenido de Humedad muestra natural suelo A6	44
Tabla 19: Resultados de Análisis granulométrico suelo Tipo A – 2 - 4	45
Tabla 20: Resultados de Análisis granulométrico suelo Tipo A6	45
Tabla 21: Resultados Limites de Atterberg.....	45
Tabla 22: Clasificación de Suelos	46
Tabla 23: Peso unitario suelto seco suelo tipo A-2-4.....	46
Tabla 24 :Peso unitario Suelto Seco Suelo tipo A-6	46
Tabla 25 : Dosificación de aditivo suelo A-2-4.....	47
Tabla 26 :Dosificación de aditivo suelo A-6.....	48
Tabla 27: Resultados de ensayo Proctor modificado.....	48
Tabla 28: Resultados de ensayo CRB suelo natural sin aditivo.....	48
Tabla 29: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.25 Lt/m3.....	49
Tabla 30: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.30 Lt/m3	49
Tabla 31: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.35 Lt/m3	49
Tabla 32: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.40 Lt/m3	49
Tabla 33: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.1”.....	50
Tabla 34: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.1”.....	50
Tabla 35: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.2”.....	51

Tabla 36: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.2”.....	52
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Humedad de un suelo (N° golpes Vs Humedad %) – Límite Líquido.....	16
Figura 2: Curvas granulométricas.....	27
Figura 3: Curva esfuerzo Vs penetración (Corrección de origen).....	35
Figura 4: Ubicación geográfica de la investigación.....	38
Figura 5: Ubicación Geográfica de Suelos Tipo A2 y Suelo Tipo A6.....	38
Figura 6: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.1”.....	50
Figura 7: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.1”.....	50
Figura 8: Comparativo de CBR en muestras al 95% y penetración 0.2”.....	51
Figura 9: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.2”.....	52
Figura 10 : Toma de muestra del terreno del suelo tipo A6 suelos finos.....	59
Figura 11: Toma de muestra de Canteras suelo tipo A2, suelos gruesos.....	59
Figura 12: Ensayo de Humedad natural de las muestras de suelos.....	60
Figura 13: Límites de Asterberg de suelo Tipo A-6.....	60
Figura 14: Límites de Asterberg de suelo tipo A-6.....	61
Figura 15: Tamizado por la malla N° 4 ensayo de Proctor Modificado.....	61
Figura 16: Preparación de Muestra sin Aditivo para ensayos Proctor Modificado.....	62
Figura 17: Preparación de muestras para ensayo de CBR sin aditivo.....	62
Figura 18: Dosificación de Aditivo Terrazyme, para CBR de suelo A2.....	63
Figura 19: Preparación de Material para ensayo de CBR Con aditivo.....	63
Figura 20: Compactación Para ensayo CBR de suelo tipo A-2.....	64
Figura 21: Enrase de espécimen para densidad compactada de la muestra.....	64
Figura 22: Control la expansión de Los suelos al saturarse.....	65
Figura 23: Molde de CBR para saturar por 4 días y verificar su expansión.....	65
Figura 24: Saturación de especímenes de muestras.....	66
Figura 25: Toma de datos de expansión de Suelo saturado cada 24 horas.....	66
Figura 26: Ensayo de CBR, en el equipo de CBR. Muestra de suelo A2 Y A6.....	67
Figura 27: Ensayo de CBR de muestras de suelo A-2 con aditivo.....	67
Figura 28: Ensayo de CBR de muestras de suelo A-6 con aditivo.....	68
Figura 29: Toma de Datos contenido de humedad de Suelo compactado.....	68

RESUMEN

En los sectores de Cashapampa Alto y Llacanora se presentan suelos de tipo A2 y A6 respectivamente, Los cuales presentan baja capacidad de soporte CBR, Lo que limita el uso en obras civiles.

Esta investigación surge ante la necesidad de mejorar suelos con baja capacidad portante, comunes en diversas regiones del país, los cuales representan un desafío para el desarrollo de obras civiles.

Se recolectaron muestras de dos Sectores en Cajamarca: la cantera (suelo tipo A2) ubicada en el Sector Cashapampa Alta y del terreno que contiene suelo tipo A6 en el sector Llacanora; Las muestras fueron sometidas a ensayos de laboratorio de suelos; ensayos como Humedad Natural, Granulometría, Límites de atterberg, Proctor Modificado, y ensayos de CBR (California Bearing Ratio), antes y después del tratamiento con el aditivo TerraZyme, siguiendo una metodología de investigación de tipo aplicada y diseño experimental.

Los resultados evidenciaron una mejora de CBR en suelo tipo A-2 se obtuvo el aumento de 54% y en suelos tipo A-6 se obtuvo un aumento de 1% en la capacidad portante de muestras de suelo, En conclusión, el uso de TERRAZYME se presenta como una solución eficaz, ecológica y de bajo costo para mejorar suelos A2(suelos Gruesos) y en suelos A6(suelos Finos) no se obtuvo mejoras sustanciales.

Palabras clave: Terrazyme, CBR, Aditivo, Suelo A2, Suelo A6

Abstract

In the areas of Cashpampa Alto and Llacanora, soils of types A2 and A6 respectively are found, which exhibit low California Bearing Ratio (CBR) values, limiting their use in civil engineering Works.

This research arises from the need to improve low-bearing-capacity soils, which are common in various regions of the country and represent a challenge for infrastructure development. Soil samples were collected from two sectors in Cajamarca: a quarry with A2-type soil located in Cashpampa Alto and land with A6-type soil in the Llacanora sector. The samples were subjected to laboratory soil tests, including Natural Moisture, Particle Size Distribution, Atterberg Limits, Modified Proctor, and California Bearing Ratio (CBR), both before and after treatment with the TerraZyme additive, following an applied research methodology and experimental design.

The results showed a CBR improvement of 54% in A2-type soils and a 1% increase in A6-type soils. In conclusion, the use of TerraZyme is presented as an effective, ecological, and low-cost solution for improving A2 (coarse) soils. However, for A6 (fine) soils, alternative treatments are necessary for their application in civil engineering projects.

Keywords: Terrazyme, CBR, Additive, A2 Soil, A6 Soil

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA

En diversas zonas del Perú, en especial en áreas altoandinas como Cajamarca, se encuentran suelos con baja capacidad de soporte y elevados niveles de deformabilidad. De acuerdo con las clasificaciones AASHTO y USCS, estos corresponden principalmente a suelos finos y gruesos. Dichas características constituyen un reto para el diseño y ejecución de proyectos de ingeniería civil, particularmente en obras viales, pues afectan la estabilidad y la vida útil de las estructuras (MTC, 2013).

Sin embargo, la cantidad de investigaciones que analicen el impacto del aditivo líquido TerraZyme en suelos de ambas clasificaciones (finos y gruesos) dentro de la región de Cajamarca es limitada. Por esta razón, resulta necesario evaluar cómo influye su aplicación en el comportamiento mecánico de estos suelos, prestando especial atención a su capacidad portante determinada mediante el ensayo CBR, en suelos tipo A-2 y A-6.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuánto influye el aditivo líquido TerraZyme en la capacidad de soporte (CBR) de los suelos tipo A2 (gruesos) y A6(finos), recolectados de las zonas de Cashapampa Alta y Llacanora, respectivamente?

1.1.3. HIPÓTESIS

La incorporación del aditivo líquido TerraZyme incrementa la capacidad de soporte de los suelos; en el caso de los suelos A-2 (gruesos), el aumento estimado es del 50% en el valor de CBR, mientras que en los suelos A-6 (finos) el incremento aproximado es del 5%.

1.1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En gran parte del territorio peruano, y particularmente en zonas altoandinas como Cajamarca, predominan suelos con deficiente capacidad portante y alta deformabilidad, clasificados como finos y gruesos bajo los sistemas AASHTO y USCS. Estas condiciones representan un desafío importante para el diseño y construcción de obras civiles, sobre todo en infraestructura vial, debido al riesgo que generan sobre la estabilidad y durabilidad estructural (MTC, 2013).

Estudios previos han demostrado la efectividad de TERRAZYME en la mejora de suelos arcillosos en la región de Cajamarca. Por ejemplo, Fernández Gálvez (2017) encontró que la aplicación de TERRAZYME incrementó significativamente la capacidad de soporte de suelos arcillosos en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca, con aumentos de CBR de

hasta 119% en ciertas calicatas. Asimismo, Quiroz Castillo (2022) reportó mejoras en el CBR de suelos cohesivos en la Prolongación Avenida Perú de Cajamarca tras la aplicación de TERRAZYME, permitiendo una reducción en el espesor del pavimento y un ahorro en costos de construcción.

Esta investigación se justifica no solo por la necesidad de mejorar las condiciones del terreno para futuras obras civiles, sino también por la urgencia de implementar tecnologías sostenibles en el sector construcción, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en cuanto a infraestructura resiliente y uso responsable de recursos (ONU, 2015).

1.1.5. DELIMITACION Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.

Los resultados obtenidos de la investigación se aplicarán a suelos finos y gruesos de dos puntos específicos de la región Cajamarca

Delimitación

La investigación se desarrollará durante un periodo de 75 días, en lo que comprende recopilación de información, análisis de datos, evaluación de resultados y su interpretación, el inicio de la extracción de muestra de suelo y toma de datos en campo se realizó a partir de 12 de junio de 2024.

En el presente proyecto de investigación, se usará para la estabilización, aditivo líquido Terrazyme en dosificaciones de 0.25 Lt/m³, 0.30 Lt/m³, 0.35 Lt/m³ y 0.40 Lt/m³ para suelos tipo A-2 y A-6.

Limitaciones

El estudio se limita a suelos finos y gruesos de dos puntos específicos de la región Cajamarca, por lo tanto, no pueden generalizarse para otros tipos de suelos

En el estudio no se realizó análisis químico del suelo por la cual no se puede ver el comportamiento de dichos suelos con el aditivo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Determinar el efecto de la aplicación del aditivo líquido Terrazyme sobre la capacidad de soporte (CBR) en suelos tipo A2 y Suelos tipo A6, con el fin de optimizar su comportamiento mecánico para usos en infraestructura civil.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la capacidad de soporte sin aditivo Terrazyme del suelo tipo A-2 y A-6.

- Determinar la capacidad de soporte con aditivo Terrazyme del suelo tipo A-2 en dosificaciones de 0.25 Lt/m³, 0.30 Lt/m³ 0.35 Lt/m³ y 0.40 Lt/m³
- Determinar la capacidad de soporte con aditivo Terrazyme del suelo tipo A-6 en dosificaciones de 0.25 Lt/m³, 0.30 Lt/m³ 0.35 Lt/m³ y 0.40 Lt/m³
- Comparar la capacidad de soporte en suelos A2 y A6, antes y después del tratamiento con aditivo.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

En Colombia, Ríos y Díaz (2019) llevaron a cabo un estudio titulado "Evaluación del desempeño del aditivo enzimático TerraZyme en la estabilización de suelos arcillosos para vías terciarias". La investigación mostró que la adición de TerraZyme mejoró la densidad seca máxima y redujo la humedad óptima, logrando mejores condiciones de resistencia para el tránsito vehicular rural. Esto respalda el uso de estabilizantes enzimáticos en zonas con suelos problemáticos similares a los del estudio actual.

Según Lozano et al (2015) en su tesis en Colombia "Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico (Terrazyme)", concluye que en el análisis inalterado de CBR a dos penetraciones antes de la inmersión fue en promedio de 2.2% y después de la inmersión fue un promedio de CBR de 2.0%; cuando se estabilizó el suelo se obtuvo un CBR de 8.8% lo cual mejoró sustancialmente la resistencia del suelo.

En la India, Patel y Desai (2017) realizaron un estudio titulado "Stabilization of soil using TerraZyme for road construction in India", en el cual evaluaron el uso del aditivo enzimático TerraZyme para mejorar suelos destinados a la construcción de carreteras rurales. Los resultados demostraron que el aditivo redujo significativamente la plasticidad del suelo, aumentó los valores del CBR y mejoró la estabilidad general de la subrasante. Esta investigación evidencia el potencial del TerraZyme como una alternativa eficiente y sostenible para la estabilización de suelos en proyectos viales, lo cual respalda su aplicación en contextos similares al presente estudio.

2.1.2. *Antecedentes Nacionales*

Según Vera y Villanueva (2021) en su tesis de pregrado titulada "Análisis de estabilización de suelos arcillosos mediante Terrazyme en la carretera Cachipampa - Sartimbamba, Sánchez Carrión, La Libertad. 2021" expone que se analizó el aditivo Terrazyme con el suelo en la carretera Cachipampa Sartimbamba dando resultados favorables para la vía, aumentando el CBR en un 61%.

Según Calderon Pive (2022) en su tesis de pregrado titulada "Estabilización de suelos a nivel de subrasante usando terrazyme en pistas y veredas de Huancayo" determina que a nivel de sub rasante de esta forma el cambio que se generó en los espesores de pavimento con un porcentaje de CBR 44.10% para Carpeta Asfáltica 4.50 pulg, Base 8.00 pulg y Sub

base 0.00 pulg siguiendo las recomendaciones de la norma; con un porcentaje de CBR 60.40% con aditivo fueron Carpeta Asfáltica 3.00 pulg, Base 5.00 pulg y Sub Base 6.50 pulg

En el tramo Lara–Lliqui, región Cusco, Romero Sara (2022) realizó un **estudio comparativo entre tres estabilizantes** (PROES, CONAID y TerraZyme) en suelos para vías no pavimentadas. Se observó que, aunque TerraZyme (2 %–4 %) mejoró el CBR del 4.6 % inicial hasta 14.7 % en la dosis más alta, su costo (S/. 537 824.78) fue menor respecto a otros estabilizantes. Esto evidencia que TerraZyme, aunque menos eficaz en CBR puro, puede ser más rentable donde el presupuesto es limitado.

2.1.3. Antecedentes Locales

Fernández, A (2017), en su tesis de maestría titulada “Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca” determinó que a utilización del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante incrementó 19% de la capacidad de soporte del terreno. Se realizaron siete excavaciones geotécnicas, por cada muestra se realizó cinco ensayos colocando una proporción de terrazyme de 10, 20, 30 40 y 60 ml/m³.

Quiroz Castillo L.C. (2022), en su tesis de maestría titulada “Influencia de la aplicación de aditivos químicos (terrazyme) en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos en la prolongación avenida Perú de Cajamarca 2021” concluye que al aplicar el aditivo Terrazyme en el suelo de la prolongación de la Av. Perú en la ciudad de Cajamarca se obtiene un mejoramiento en la capacidad de soporte (CBR) de 123% teniendo un incremento del 23% en una dosificación de 24ml/m³. Por lo que se puede decir que se tiene un mejoramiento significativo a nivel de sub rasante.

En la carretera Chirinos–El Limón, Cruz Fuentes (2023) analizó la efectividad del aditivo enzimático TerraZyme en cuatro calicatas. Con dosis de 5, 7, 9 y 11 ml/L, se identificó 9 ml/L como la óptima, lo que elevó el CBR promedio de 7 % a 8.9 %. Además, el estudio financiero indicó un Valor Actual Neto de S/. 752 546 y una TIR del 16.5 %, evidenciando además su rentabilidad.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Los Suelos

El suelo es una capa relativamente delgada, ubicada en la corteza terrestre... afectado por las distintas actividades del ser humano (Crespo, 2004).

Para propósitos de ingeniería, el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas... (Das, 2013).

2.2.1.1 Granulometría Del Suelo

Según el MTC (2014), la finalidad del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función del tamaño de sus partículas, a partir de los cuales se definen los términos grava, arena y material fino (limo y arcilla).

Tabla 1: Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas.

Tipo de material		Tamaño de las partículas
	Grava	75mm - 4.75mm
	Arena Gruesa	4.75mm - 2.00mm
Arena	Arena Media	2.00 mm - 0.425mm
	Arena Fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: Tomado del MTC 2014:31.

NTP 339.127: *Determinación de la distribución granulométrica por tamizado en suelos.* Basada en normas ASTM.

1. Secado inicial de la muestra

Seca una muestra representativa del suelo en horno a 110 ± 5 °C.

Pésala (ejemplo: 500 g).

2. Dispersión en agua

Coloca la muestra en un recipiente con agua y agita para liberar las partículas finas.

3. Lavado con tamiz N°200 (0.075 mm)

Lava el suelo usando agua y el tamiz N°200 hasta que el agua que pasa sea clara (sin partículas finas visibles).

Recoge y seca el material retenido en el tamiz.

4. Tamizado en seco del material grueso

Una vez seco, realiza el tamizado mecánico con la batería de tamices usuales: N°4, N°10, N°40, N°100, etc.

5. Pesado y cálculo

Pesa el material retenido en cada tamiz.

Calcula los porcentajes que pasan y grafica la curva granulométrica.

La AASHTO en su designación M 145 – 91 define los términos “grava”, “arena”

y “limo – arcilla” de la siguiente manera:

- Grava: material que pasa el tamiz con 75 mm (3”) de abertura y es retenido en el tamiz 2 mm (No. 10).
- Arena gruesa: material que pasa el tamiz 2 mm (No. 10) y es retenido en el tamiz 0.425 mm (No. 40).
- Arena fina: material que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40) y es retenido en el tamiz 75 μ m (No. 200).
- Limo – arcilla (combinado limo y arcilla): material que pasa el tamiz 75 μ m (No. 200).
- Los cantos rodados y bloques (retenido en el tamiz 75 mm (3’’)), serán excluidos de la porción de la muestra para la cual la clasificación es aplicada, pero el porcentaje de tal material, si lo hay, deberá registrarse.
- Además, se indica que el término “limoso” es aplicado para material fino que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos; el término “arcilloso” es aplicado para material fino que tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

2.2.1.2 Límites De Consistencia Del Suelo

Los límites de consistencia o de Atterberg, según el MTC (2014), establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad; definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo con ello puede presentarse un suelo:

líquido, plástico o sólido. Estos límites son:

- a) **Límite líquido (LL).** Es el contenido de humedad del suelo cuando este pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Procedimiento del límite líquido (según ASTM D4318 y NTP 339.129)

Método del dispositivo de Casagrande (el más común)

1. Preparación de la muestra:

Se tamiza la muestra por el tamiz N° 40 (0.425 mm).

Se obtiene una porción representativa y se mezcla con agua hasta formar una pasta uniforme.

2. Uso del aparato Casagrande:

Se llena la copa del dispositivo con la pasta de suelo, alisándola con una espátula.
 Se traza una ranura en el centro con la cuchilla estándar (de latón).
 Se deja caer la copa desde 1 cm de altura a una frecuencia de 2 golpes por segundo.

3. Medición:

Se cuenta el número de golpes necesarios para que la ranura se cierre 13 mm de largo.
 Se toma una muestra para determinar el contenido de humedad de esa mezcla.
 Se repite el procedimiento con diferentes humedades (mínimo 3 veces), buscando valores entre 15 y 35 golpes.

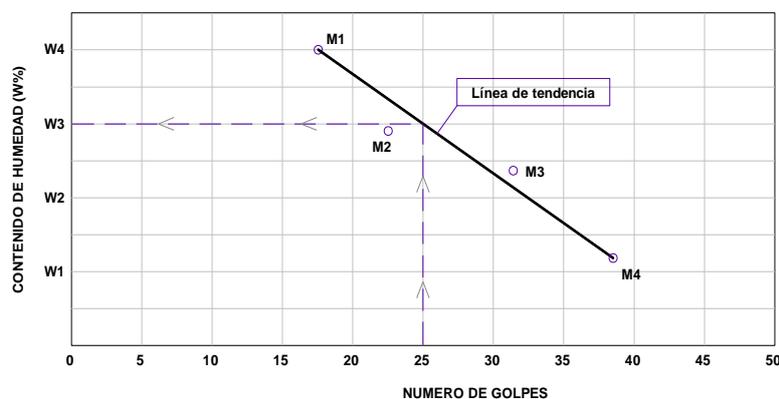
4. Cálculo:

Se grafica el número de golpes (escala logarítmica) vs. el contenido de humedad.
 El límite líquido es el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes sobre la curva.

Determinación del Límite Líquido

Juárez Badillo, Rico Rodríguez 2005, el objetivo es determinar el contenido de agua de un suelo, por lo cual se emplea la copa de casa grande, el cual es una copa de bronce, en la cual se coloca una pasta de suelo hasta una cierta altura y se hace que la copa caiga periódicamente hasta golpear la base. El suelo contenido en la copa será ranurado mediante un acanalador. La altura de caída es de 1 cm. El contenido de agua que tiene el suelo cuando se cierra la ranura en el fondo de la copa cuando se le haya dado 25 golpes, corresponde al valor para el límite líquido. Para encontrar este contenido de humedad según los 25 golpes, se realiza el ensayo varias veces con pastas de diferentes consistencias, luego se ubica en el gráfico para hallar el valor buscado.

Figura 1: Humedad de un suelo (N° golpes Vs Humedad %) – Límite Líquido.



Fuente: Tomado de Braja M. Das (2013).

b) Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad del suelo cuando este pasa de un estado plástico a un estado semisólido y empieza a romperse.

Procedimiento para determinar el límite plástico (según ASTM D4318 y NTP 339.129)

1. Preparación de la muestra

Se tamiza el suelo por el tamiz N° 40 (0.425 mm).

Se mezcla con agua destilada hasta lograr una masa plástica.

2. Formación de hilos

Se toma una pequeña porción (unos 3 g) y se forma un hilo cilíndrico usando la palma y la superficie de la mano.

Se rueda el hilo sobre una superficie lisa y no porosa (como una placa de vidrio), con presión suficiente para reducir el diámetro de forma progresiva.

3. Criterio de ruptura

Se continúa rodando hasta que el hilo alcance 3 mm de diámetro.

Si el hilo se agrieta o se desmorona a ese diámetro, se considera que ha alcanzado el límite plástico.

4. Determinación de humedad

Se toma una muestra del hilo en ese momento y se determina su contenido de humedad mediante secado en horno a 105–110 °C.

Se repite el procedimiento al menos tres veces y se promedia el contenido de humedad: ese valor es el límite plástico (LP).

Determinación del Límite Plástico

Juárez Badillo, Rico Rodríguez 2005, indica que es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado plástico a semisólido. El contenido de agua de la muestra está definido como aquel donde el suelo, después de dejarse moldear hasta alcanzar rollitos de 3.2 mm de diámetro, se empieza a romper en pequeñas piezas. Para ello se utiliza un aproximado de 100 gr de suelo que pasa la malla N° 40, previamente secada al aire. Para calcular la humedad se utiliza la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Dónde:

Ww: Peso del agua presente en la muestra. Se calcula mediante la diferencia entre el peso de la muestra húmeda y el peso de la muestra seca.

Ws: Peso de la muestra seca

2.2.1.3 Índices Obtenidos A Partir De Los Límites De Consistencia

a) Índice de plasticidad

Es un parámetro útil para cuantificar la plasticidad de un suelo. Se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP=LL-LP \dots (1)$$

Donde:

LL: límite líquido

LP: límite plástico

Cuando el límite plástico del suelo no se puede determinar, se dice que éste es no plástico (NP), y el índice de plasticidad se dice que es igual a cero.

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar un suelo. Un índice de plasticidad grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario un índice de plasticidad pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Tabla 2: Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.

Índice de plasticidad	Plasticidad	característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
7 < IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP ≤ 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Tomado del MTC 2014

La plasticidad, de acuerdo con Crespo (2004), es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

El MTC (2018) recomienda tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo con su magnitud, puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido, sobre todo, a su gran sensibilidad al agua.

2.2.2 Clasificación Del Suelo

2.2.2.1 Sistema De Clasificación Aashto

La AASHTO en su designación M 145 – 91 (especificación estándar para clasificación de suelos y mezclas de agregados para propósitos de construcción de carreteras), describe un procedimiento para la clasificación del suelo dentro de siete grupos, basados en la distribución del tamaño de partículas, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación del suelo dentro de cada grupo es hecha por medio del “índice de grupo” el cual es un valor calculado de una fórmula empírica.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo deben ser utilizados para evaluar la calidad relativa del material que constituye el suelo para uso en estructuras de trabajos con tierra, terraplenes, subrasantes, subbases y bases.

a) Índice de grupo (IG)

El índice de grupo es calculado a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$IG=(F-35) [0.2 + 0005 (LL-40)]+0.01(F-15) (IP-10)$$

Donde:

IG = índice de grupo

F = porcentaje que pasa el tamiz 75 μm (No. 200), expresado como un número entero. Este porcentaje está basado solo en el material que pasa el tamiz 75 mm (3”).

LL = límite líquido

IP = índice de plasticidad

Consideraciones importantes sobre el índice de grupo:

- El primer término de la ecuación: $(F-35)[0.2+0.005(LL-40)]$, es el índice parcial de grupo determinado con el límite líquido.

- El segundo término: $0.01(F-15)(IP-10)$, es el índice parcial de grupo determinado con el índice de plasticidad. El índice de grupo de los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 debe calcularse utilizando solo este término.
- El porcentaje mínimo crítico asumido que pasa el tamiz $75 \mu\text{m}$ (No. 200) es 35 sin considerar la plasticidad, y 15 según se vea afectado por un índice de plasticidad mayor que 10.
- Un límite líquido de 40 o más es asumido como crítico.
- Un índice de plasticidad de 10 o más es asumido como crítico.
- Cuando el índice de grupo calculado es negativo, se reportará como cero.
- Para suelos que son no plásticos y cuando el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo deberá ser considerado cero.
- El índice de grupo debe ser reportado como el número entero más cercano.
- No hay un límite superior del valor del índice de grupo obtenido mediante el uso de la fórmula 5. Los valores críticos adoptados del porcentaje que pasa el tamiz $75 \mu\text{m}$ (No. 200), el límite líquido y el índice de plasticidad se basan en una evaluación de la subrasante, subbase y materiales de la capa de base, por parte de varias organizaciones de carreteras que utilizan las pruebas involucradas en este sistema de clasificación.
- Bajo condiciones normales de buen drenaje y mediante compactación, el valor de soporte de un material de subrasante puede ser asumido como una relación inversa del índice de grupo; es decir, un índice de grupo de cero indica un “buen material” de subrasante y un índice de grupo de 20 o mayor indica un “muy pobre material” de subrasante.

El MTC (2014), establece categorías del suelo para subrasante en función del valor de su índice de grupo de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3: Condición del suelo de subrasante según su índice de grupo

Índice de grupo	Suelo de Subrasante
IG mayor que 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: Adaptado de Bowles 1997.

b) Descripción de los grupos de clasificación AASHTO

La AASHTO en su designación M 145 – 91, describe los grupos de clasificación de suelos considerados por la misma:

Material granular – contiene 35 por ciento o menos de material que pasa el tamiz 75 μm (No. 200).

Grupo A – 1, el material típico de este grupo es una mezcla bien gradada de fragmentos de roca o grava, arena gruesa, arena fina, y material aglutinante no plástico o ligeramente plástico. Sin embargo, este grupo también incluye fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc. sin material aglutinante.

Subgrupo A – 1 – a, incluye aquellos materiales constituidos principalmente de fragmentos de roca o grava bien gradada, ya sea con o sin aglutinante de material fino.

Subgrupo A – 1 – b, incluye aquellos materiales constituidos principalmente de arena gruesa bien gradada, ya sea con o sin aglutinante.

Grupo A – 3, el material típico de este grupo es arena fina de playa o desierto sin finos de limo o arcilla o con una muy pequeña cantidad de limo no plástico. El grupo incluye también mezclas de arena fina pobremente gradada y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

Grupo A – 2, este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares los cuales están en el límite entre los materiales que caen en los grupos A – 1 y A – 3 y los materiales limo arcillosos de los grupos A – 4, A – 5, A – 6, y A – 7.

Este incluye todos los materiales que contienen el 35 por ciento o menos que pasa el tamiz 75 μm (No. 200) que no pueden ser clasificados como A – 1 o A – 3, debido al contenido de finos o plasticidad o ambos, que exceden las limitaciones para aquellos grupos.

- Subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5, incluyen varios grupos de materiales granulares que contienen 35 por ciento o menos que pasa el tamiz 75 μm (No. 200) y con una porción menor a 0.425 mm (No. 40) tienen las características de los grupos A – 4 y A – 5. Estos grupos incluyen materiales como grava y arena gruesa con contenido de limo o un índice de plasticidad que exceden las limitaciones del grupo A – 1, y arena fina con contenido de limo no plástico que exceden las limitaciones del grupo A – 3.
- Subgrupos A – 2 – 6 y A – 2 – 7 incluyen materiales similares a aquellos descritos bajo los subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5, excepto que la porción fina contiene arcilla plástica con las características de los grupos A – 6 o A – 7.

Materiales de limo y arcilla – contienen más del 35 por ciento de material que

pasa el tamiz 75 μm (No. 200).

Grupo A – 4, el material típico de este grupo es suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, usualmente tiene el 75 por ciento o más que pasa el tamiz 75 μm (No. 200). El grupo también incluye mezclas de suelo fino limoso y hasta 64 por ciento de arena y grava retenido en el tamiz 75 μm (No. 200).

Grupo A – 5, el material típico de este grupo es similar al que se describe en el grupo A – 4, excepto que este es usualmente de carácter diatomáceo o micáceo y puede ser altamente elástico como es indicado por su alto límite líquido.

Grupo A – 6, el material típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico que usualmente tiene el 75 por ciento o más que pasa el tamiz 75 μm (No. 200). El grupo incluye también mezclas de suelo fino arcilloso y hasta 64 por ciento de arena y grava retenido en el tamiz 75 μm (No. 200). Los materiales de este grupo usualmente tienen cambios volumétricos elevados entre el estado húmedo y el estado seco.

Grupo A – 7, el material típico de este grupo es similar al que se describe en el grupo A – 6, excepto que este tiene un elevado límite líquido característico del grupo A – 5 y pueden ser elásticos, así como estar sujetos a altos cambios volumétricos.

Subgrupo A – 7 – 5, incluye aquellos materiales con índice de plasticidad moderado en relación al límite líquido, los cuales pueden ser altamente elásticos, así como sujetos a considerables cambios volumétricos.

Subgrupo A – 7 – 6, incluye aquellos materiales con alto índice de plasticidad en relación al límite líquido, los cuales están sujetos a cambios volumétricos extremadamente altos.

Suelos altamente orgánicos (turba o estiércol) pueden ser clasificados en un Grupo A – 8. La clasificación de estos materiales está basada en una inspección visual, y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 75 μm (No. 200), límite líquido o índice de plasticidad. El material está compuesto principalmente por materia orgánica descompuesta, generalmente tiene textura fibrosa, color marrón oscuro o negro, y un olor a descomposición. Estos materiales orgánicos son inadecuados para uso en terraplenes y subrasantes. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia.

Tabla 4: Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos que pasa el tamiz No. 200)							Materiales de limo y arcilla (Más del 35% que pasa el tamiz No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A - 5	A - 6	A-7 *
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5, A-7-6
Análisis por tamices, porcentaje que pasa:											
2.00 mm (No. 10)	50 máx	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0.425 mm (No. 40)	30 máx	50 máx	51 mín	–	–	–	–	–	–	–	–
75 µm (No. 200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40):											
Límite líquido	–	–	–	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx.	–	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de materiales constitutivos significativos	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación general como subrasante	Excelente a bueno							Regular a malo			

* IP del subgrupo A – 7 – 5 es menor o igual que LL menos 30; IP del subgrupo A – 7 – 6 es mayor que LL menos 30.

Fuente: Tomado de la norma AASHTO M 145 – 91:2.

2.2.2.2 Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (USCS)

Este sistema de clasificación lo propuso originalmente Arthur Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation (USBR) y el US Army Corps of Engineers (USACE). En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico. En el Sistema Unificado se utilizan los siguientes símbolos para fines de identificación:

Tabla 5: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos orgánicos y arcilla
H	Alta plasticidad
L	Baja Plasticidad
W	Bien Graduado
P	Mal graduado
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos

Fuente: Tomado de Braja M. Das 2012:19

La ASTM en su designación D 2487 – 11 (práctica estándar para clasificación de suelos para propósitos de ingeniería) describe un sistema para clasificación mineral y orgánica – mineral de suelos para propósitos de ingeniería, basados en la determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice de plasticidad y será usado cuando se requiera una clasificación precisa.

Como se muestra en la Tabla 11, este sistema de clasificación identifica tres divisiones mayores de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones se subdividen en un total 15 grupos básicos de suelos.

Tabla 6: Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado.

tipo de suelo	Símbolo de grupo	Nombre de Grupo	Descripción del material
Suelo de Grano Grueso (más de 50% retenido en el Tamiz N° 200)	GW	Grava bien gradada	Mezclas gravosas - poco o ningún material Fino. Variación en tamaños granulares
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava - arena - poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava - arena - limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava - arena - arcillas, Grava con material fino en cantidad apreciable
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada - grava - poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. Amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios
	SP	Arena Mal gradada	Mezcla de arena bien gradada - grava - poco o ningún material fino. Un tamaño predominante o en una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias
	SM	Arena Limosa	Mezcla de arena - Limo
	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena - Arcilla
	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas Gravasas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad	limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas
Suelo de Grano Fino (50% o más pasa por el Tamiz N° 200)	OL	arcilla orgánica Limo orgánico	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	Arcillas gruesas
	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	Limos inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Suelos Altamente Orgánicos	Pt	Turba	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Adaptado de la norma ASTM D 2487 – 11:2 y el MTC 2014

Los sistemas de clasificación de suelos AASHTO y SUCS, se pueden correlacionar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 7: *Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS*

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

Fuente: Tomado del MTC 2014:33

2.2.3 Ensayos En Mecánica De Suelos

2.2.3.1 Análisis Granulométrico

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, indica que es la medición que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, con el fin de ser analizados, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Pasos del procedimiento NORMA TECNICA ASTM D-422:

1. Preparación de la muestra:

- Se obtiene una muestra representativa del suelo y se reduce su tamaño por cuarteo, asegurando que sea ligeramente superior a la cantidad mínima recomendada según el tamaño máximo de las partículas.
- La muestra se seca completamente para eliminar la humedad.

2. Lavado de la muestra:

- La muestra seca se coloca en una bandeja o recipiente amplio.
- Se agrega agua y se realiza un lavado manual, agitando suavemente la muestra para separar las partículas finas de las gruesas.
- El agua con las partículas finas se decanta o se vierte a través de un tamiz (generalmente el N° 200) para retener las partículas más grandes.

- El proceso de lavado se repite hasta que el agua de lavado salga limpia, indicando que se han eliminado la mayoría de las partículas finas.

3. Secado y tamizado:

- El material retenido en el tamiz (las partículas gruesas) se seca completamente en un horno a una temperatura controlada (generalmente $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) hasta obtener una masa constante.
- Una vez seco, se procede al tamizado en seco, utilizando una serie de tamices con aberturas decrecientes para clasificar las partículas por tamaño.

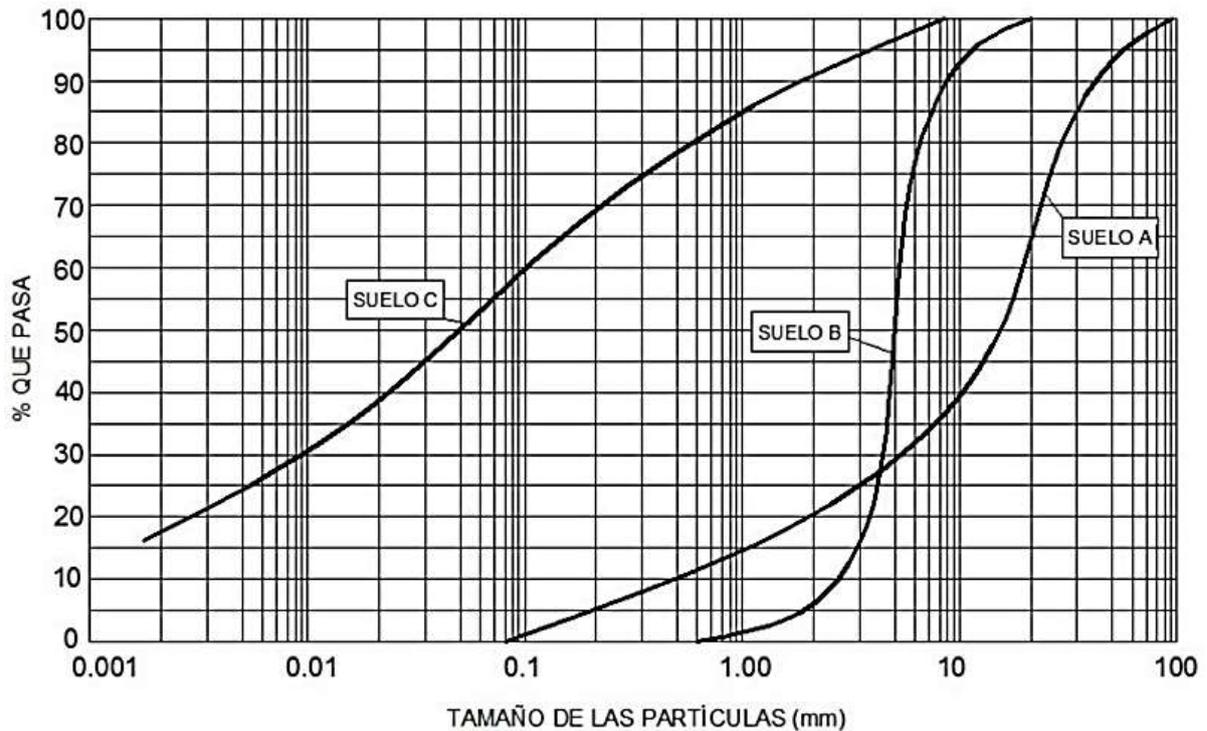
4. Análisis y cálculos:

- Se pesa el material retenido en cada tamiz.
- Se calculan los porcentajes retenidos y los porcentajes que pasan en cada tamiz.
- Se elabora una curva granulométrica para visualizar la distribución de tamaños de partículas del suelo.

Análisis Mecánico del suelo.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, la muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes hasta la malla N° 200 (0.074 mm); los retenidos en cada malla se pesan y el porcentaje que presentan respecto al peso de la muestra total se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño; el complemento al 100% de esa cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión. Así se puede obtener puntos en la curva acumulativa correspondiente a cada abertura. Este método se dificulta cuando las aberturas son pequeñas y, por ejemplo, el cribado a través de las mallas N° 100 (0.149 mm) y N° 200 (0.074 mm) suele requerir agua para ayudar el paso de la muestra (procedimiento de lavado). Los tamaños menores de suelo exigen una investigación fundada en otros principios, uno de ellos el método del hidrómetro (densímetro), quizá uno de los más usados y el único que se ve con cierto grado de detalle.

Figura 2: Curvas granulométricas.



Fuente: Juárez Badillo, Rico Rodríguez.

Un suelo constituido por partículas de un solo tamaño, es representado por una línea vertical; una curva muy tendida indica gran variedad en tamaños (suelos heterogéneos, suelos bien granulados).

Tabla 8: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado

Tipo de Curva	Descripción
Curva A	Suelo bien gradado y de grano grueso
Curva B	Suelo mal gradado, poco uniforme
Curva C	Suelo arcilloso o limoso

Fuente: Juárez Badillo, Rico Rodríguez.

Parámetros de clasificación de un suelo

Las curvas granulométricas se utilizan para obtener diferencias de los suelos. Es por ello que existen tres parámetros básicos que se usan para clasificar el suelo, los cuales son: Diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad (C_u) o coeficiente de Hazen que nos indica la variación del tamaño de las partículas presentes en una muestra y el coeficiente de curvatura

(Cc) que es una medida de la forma de la curva entre el D60 y D10 y si el valor es diferente de 1.0 nos indica que falta una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes a D60 y D10 cuyos coeficientes dan la gradación del suelo.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad , \quad C_C = \frac{(D_{60})^2}{(D_{10} * (D_{60}))}$$

Dónde:

- Cu es el coeficiente de uniformidad.

- Cc es el coeficiente de curvatura.

- Los Di con i = 10, 30 y 60 son los tamaños o diámetros de las partículas, para lo cual el i % del material es más fino que ese tamaño.

Un suelo es bien gradado cuando: $C_u > 4$ o 6 y $1 < C_c < 3$

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, cuanto más alto sea el coeficiente de uniformidad mayor será el rango de los tamaños del suelo.

El diámetro en la curva de distribución de tamaños de las partículas correspondientes al 10% de finos, se define como diámetro efectivo o D10.

2.2.3.2 Ensayo Proctor

Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2005), las relaciones que existen entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo fueron establecidos por R. Proctor en 1933, en lo que luego se le denominaría la prueba de compactación proctor estándar y 15 años más tarde, conforme aumentaban las cargas vehiculares, se denominó la prueba de compactación proctor modificado. El objetivo de esta prueba es determinar la correcta cantidad de agua de amasado a usar en un suelo y el grado de compacidad que puede esperarse al compactar el suelo a esa humedad óptima.

Chang, (2007), menciona que la compactación es el proceso de empaquetamiento de las partículas de suelo más cercanamente posibles por medios mecánicos aumentando la densidad seca, donde se logra reducir la relación de vacíos, reducción del contenido de agua. Los vacíos no pueden eliminarse por compactación, solo se reducen al mínimo.

Braja, (2010), indica que para realizar la compactación se realizan pruebas estándar de laboratorio usadas para evaluar los pesos específicos secos máximos y los contenidos óptimos de agua para varios suelos, estos son la prueba proctor estándar y prueba Proctor Modificada.

2.2.3.3 Ensayo Proctor Modificado

Procedimiento del Proctor Modificado

(según ASTM D1557 y NTP 339.152)

1. Preparación del suelo

Se tamiza por el tamiz N° 4 (4.75 mm) o N° 10 si se especifica.

Se seca al aire o en horno a menos de 60 °C si está húmedo.

Se divide en 4–5 porciones y se mezcla con **diferentes contenidos de agua**.

2. Molde y equipo

Molde cilíndrico de 4 pulgadas (101.6 mm) de diámetro

Altura del molde: 116.4 mm

Volumen del molde: 944 cm³ (±0.5 cm³)

Pisón o martillo de compactación: 4.54 kg (10 lb)

Altura de caída del martillo: 457 mm (18")

3. Compactación en capas

Se compacta en 5 capas.

Cada capa debe recibir 25 golpes uniformemente distribuidos.

Luego se raspa el exceso y se alisa la superficie superior.

4. Pesado y cálculo

Se pesa el molde con suelo compactado.

Se extrae una muestra para determinar su contenido de humedad (por horno o método rápido).

5. Repetición del proceso

Se repite el proceso con diferentes humedades (añadiendo más agua) en al menos 4–5 puntos.

Se elabora una curva de densidad seca vs. humedad.

6. Resultados

Se grafica la curva Proctor:

Eje X: Humedad (%)

Eje Y: Densidad seca (g/cm³ o kg/m³)

Se determina:

Humedad óptima: Punto donde se alcanza la densidad seca máxima.

Densidad seca máxima (γ_d máx)

Esta prueba consistió en compactar el suelo en 5 capas dentro de un molde de dimensiones y forma especificada, por medio de 25 o 56 golpes, usando para ello un pisón también especificado (4.5 kg), que se deja caer libremente desde una altura fijada (18") y repartidos en el área del molde.

La energía específica de compactación es de 27.2 kg cm/cm calculado con la siguiente formula:

$$E_c = \frac{(N * n * W * h)}{V}$$

Donde:

Ec: Energía Especifica.

N: Número de golpes por capa.

n: Número de capas de suelo.

W: Peso del pisón.

h: Altura de caída libre del pisón.

V: Volumen del suelo compactado.

2.2.3.4 Valor De Soporte California (Cbr)

Hernández, 2008, indica que el objetivo de este ensayo es determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables, con el cual se ha tratado de medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidades controladas, permitiendo así obtener un porcentaje de la relación de soporte. Este ensayo se desarrolló por parte de la división de

carreteras de California en 1929 como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub-base o material de base en construcciones de carreteras y aeropuertos.

La siguiente tabla nos da una clasificación típica para infraestructura de pavimentos:

Tabla 9: Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A8
7 - 20	Regular	Sub - base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Sub - base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base, Sub - base	GW, GM	A1- a, A2-4, A3

Fuente: Carlos Crespo Villalaz, 2004.

a) Procedimiento de prueba

según: internacional ASTM D1883 - Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

Procedimiento General del Ensayo CBR en Laboratorio

El procedimiento del ensayo CBR es meticuloso y consta de varias etapas:

1. Obtención y Preparación de la Muestra:

- Se toma una muestra representativa del suelo a ensayar.
- El material debe ser secado al aire y desmenuzado para separar las partículas.
- Se tamiza el suelo, descartando el material retenido en el tamiz de 3/4" (19 mm) o modificando la granulometría si es necesario, según lo indique la norma.

2. Determinación de la Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca (Proctor):

- NTP 339.141 (Proctor Modificado): Antes de realizar el CBR, es imprescindible determinar las condiciones óptimas de compactación del suelo. Esto se hace mediante el ensayo Proctor (modificado o estándar, según el tipo de obra y las especificaciones del proyecto).

- Este ensayo nos dará la densidad máxima seca (DMS) y el contenido óptimo de humedad (COH), que serán los valores de referencia para compactar las muestras de CBR.

3. Compactación de las Muestras en Moldes CBR:

- Se preparan generalmente 3 o más especímenes de suelo en moldes cilíndricos estándar de CBR (generalmente de 6 pulgadas de diámetro y 7 pulgadas de altura, con un espaciador en la base).
- Cada espécimen se compacta a diferentes niveles de energía (por ejemplo, al 100%, 95% y 90% de la DMS obtenida en el ensayo Proctor) o con diferentes números de golpes (ej. 10, 25 y 56 golpes por capa en 5 capas, usando un martillo estándar, lo que correspondería a diferentes energías de compactación). El objetivo es simular las condiciones de compactación en campo.
- Se calcula la humedad y la densidad seca de cada espécimen compactado.

4. Sumergencia (Saturación) de las Muestras (para suelos susceptibles al agua):

- Si el suelo es susceptible a los cambios de humedad o si se va a encontrar saturado en su vida útil (subrasantes, subbases), las muestras compactadas se sumergen en agua durante un período de cuatro (4) días (96 horas).
- Durante este período, se mide el hinchamiento del suelo. Para ello, se coloca un disco perforado con un vástago sobre la superficie de la muestra y se aplica una sobrecarga equivalente al peso del pavimento que soportará. Se toman lecturas diarias de un deformímetro para registrar el hinchamiento.

5. Ensayo de Penetración:

- Una vez finalizado el periodo de sumergencia (o inmediatamente después de la compactación si no se requiere sumergencia), la muestra se retira del agua (si aplicó).
- Se coloca el molde con el suelo bajo una prensa de carga.
- Se instala un pistón de penetración circular estándar (generalmente de 3 pulgadas cuadradas de área o 1.95 pulgadas de diámetro) sobre la superficie de la muestra.
- Se aplica una carga inicial de 4.45 kg (10 lb) para asentar el pistón.
- Se aplica la carga de manera continua y uniforme a una velocidad de penetración constante de 1.27 mm/min (0.05 pulg/min).
- Se registran las lecturas de carga (del anillo dinamométrico o celda de carga) para penetraciones específicas del pistón, generalmente a 0.635 mm (0.025 pulg), 1.27 mm (0.05 pulg), 1.905 mm (0.075 pulg), 2.54 mm (0.100 pulg), 5.08 mm (0.200 pulg), 7.62 mm (0.300 pulg), 10.16 mm (0.400 pulg) y 12.70 mm (0.500 pulg).

6. Cálculo y Presentación de Resultados:

- Curva Carga vs. Penetración: Se grafica la relación carga (esfuerzo) vs. penetración. Si la curva inicial presenta una concavidad hacia arriba, se debe corregir el origen de la curva, trazando una tangente en el punto de inflexión.
- Determinación de la Carga a 2.54 mm y 5.08 mm: De la curva corregida, se obtienen los valores de carga (o esfuerzo, dividiendo la carga entre el área del pistón) correspondientes a 2.54 mm (0.100 pulg) y 5.08 mm (0.200 pulg) de penetración.
- Cálculo del CBR: El valor CBR se calcula como el porcentaje de la carga (o esfuerzo) requerida para lograr una penetración de 2.54 mm o 5.08 mm en el suelo ensayado, con respecto a la carga (o esfuerzo) estándar para la misma penetración en un material patrón.
- Carga Estándar para 2.54 mm (0.100 pulg): 13,800 kPa (1000 psi)
- Carga Estándar para 5.08 mm (0.200 pulg): 20,700 kPa (1500 psi)

$$CBR\% = \frac{\text{Esfuerzo del suelo}(a \text{ una penetracion dada})}{\text{Esfuerzo estandar}(a \text{ la misma Penetración})} \times 100$$

- Generalmente, se toma el valor CBR más alto de las dos penetraciones (2.54 mm o 5.08 mm). Sin embargo, si el CBR a 5.08 mm es mayor que el CBR a 2.54 mm, el ensayo debe repetirse. Si la repetición arroja el mismo resultado, se acepta el valor a 5.08 mm.
- Curva Densidad Seca vs. CBR: Se elabora una gráfica de Densidad Seca vs. CBR. Esta curva permite determinar el CBR para una densidad de compactación específica (por ejemplo, el 95% de la DMS del Proctor modificado), que es el valor que se suele usar en el diseño de pavimentos.
- El informe debe incluir la densidad de compactación, el contenido de humedad, el porcentaje de hinchamiento (si se sumergió la muestra) y el valor CBR final.

Tamaño del material.

Norma técnica peruana 339.145, indica que el material deberá pasar la malla 19.05 mm (3/4") y el material retenido en la malla 4.76 mm (N°4). El material retenido en la 3/4" será remplazado con el mismo peso por otro material comprendido entre la 3/4" y la malla N° 04.

Compactación.

Norma técnica peruana 339.145, indica que se debe determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca mediante el procedimiento de proctor modificado, sin embargo será aplicada para este propósito en otro tipo de molde (molde CBR) y el pisón grande (10 libras con altura de caída de 50 cm máximo). La muestra será compactada en 5 capas con 12, 25 y 56 golpes por capa.

Luego colocar sobrecargas encima de la muestra, es necesario emplear un disco espaciador con espesor de 5 cm.

Sobrecarga

Norma técnica peruana 339.145, se aplica una sobrecarga que actúa con la misma presión de contacto como lo haría una capa de pavimento colocada encima de la base, subbase, subrasante.

Penetración

Norma técnica peruana 339.145, indica que una vez que la muestra este compactada y preparada con sobrecargas se someterá a la prueba de penetración, aplicando un pistón (diámetro de 2") cuya velocidad de penetración sea aproximadamente de 0.05" (1.27 mm) por minuto y así obtener lecturas de cargas a las siguientes penetraciones: 0.025 pulgadas (0.635 mm), 0.050 pulgadas (1.270 mm), 0.075 pulgadas (1.905 mm), 0.100 pulgadas (2.540 mm), 0.200 pulgadas (5.080 mm), 0.300 pulgadas (7.620 mm), 0.400 pulgadas (10.16 mm), 0.500 pulgadas (12.70 mm).

Cálculo del índice de CBR

Norma Técnica Peruana 339.145, indica que el índice de CBR se obtiene como la relación de carga unitaria en kg/cm² (lb/pulg²) necesarias para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (área de 20.27 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada y dada en porcentaje, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$CBR = 100 * \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{carga unitaria de patrón}}$$

Los valores de carga unitaria que se deben usar en la fórmula son:

Tabla 10: Cargas Unitarias patrón – CBR

Penetración		Carga unitaria patrón	
mm	pulg	kg/cm ²	Lb/pulg ²
2.54	0.1	70.00	1000
5.08	0.2	105.00	1500
7.62	0.3	133.00	1900
10.16	0.4	162.00	2300
12.70	0.5	183.00	2600

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz, 2004.

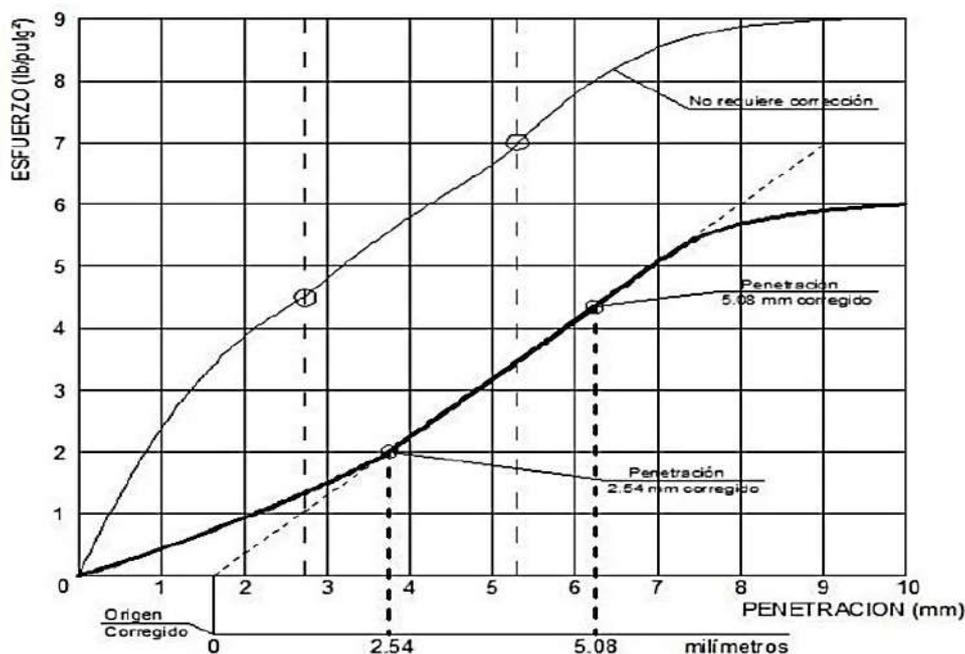
El índice de CBR se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0.1"), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0.2") es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

Curva: Esfuerzo – Penetración

Crespo Villalaz, México, 2004, se calculará la penetración aplicada dividiendo la carga entre el área del pistón y luego dibujar la curva esfuerzo penetración.

La curva ocasionalmente puede tomar la forma cóncava hacia arriba debido a las irregularidades de la superficie. En dichos casos el punto cero debe corregirse trazando una recta tangente a la mayor pendiente de la curva y trasladando el origen al punto en que la tangente corta la abscisa (Ver figura 04).

Figura 3: Curva esfuerzo Vs penetración (Corrección de origen).



Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones, Crespo Villalaz, 2004.

Consideraciones:

Para suelos del tipo A-1, A-2-4 y A-2-6, la razón de soporte se calcula solo para 5 mm de penetración (0.2").

Para suelos del tipo A-4, A-5, A-6 y A-7, cuando la razón correspondiente a 5 mm es mayor que a 2.5 mm, confirmar el resultado, en caso de persistencia, la razón de soporte corresponderá a 5 mm de penetración.

Para suelos tipo A-3, A-2-5 y A-2-7, el procedimiento a aplicar queda a criterio del ingeniero. Con el resultado del CBR se puede clasificar al suelo usando la tabla siguiente:

Tabla 11: Usos de material según CBR

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	subrasante mala
10 - 20	Subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Sub base buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz, 2004.

2.2.1.1. Estabilización de suelo con aditivo Terrazyme

2.2.1.1.1. Resistencia

la estabilización representa una técnica empleada con el fin de aumentar la resistencia de los suelos.

2.2.1.1.2. Estabilidad de propiedades

Se refiere a un procedimiento en el cual se efectúa una alteración en las características del suelo a través de un tratamiento que combina aspectos físicos y químicos este tratamiento implica la aplicación de sustancias con el propósito de optimizar las condiciones iniciales del suelo, permitiendo así alcanzar las condiciones ideales o deseadas.

3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA INVESTIGACION

La investigación se realiza en suelos finos y gruesos ubicadas en las proximidades de la provincia de Cajamarca:

suelo tipo A2(Suelo Grueso) – ubicada en el km +6+000 carretera Cajamarca – Ciudad de Dios.

Suelo tipo A6(Suelo Fino) – Ubicada en el distrito de Llacanora Carretera Cajamarca – Cajabamba

Tabla 12: *ubicación geográfica del proyecto de canteras*

Ubicación	
Departamento/Región	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distritos	Cajamarca y Llacanora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: *Ubicación geográfica de suelo tipo A2*

SUELO TIPO - A2(SUELO GRUESO)			
<i>Ubicación geográfica en coordenadas UTM WGS - 84 Zona 17 M</i>			
TIPO DE SUELO	ESTE	NORTE	COTA
SUELOS GRUESOS	777602.00	9199739.00	3030.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: *Ubicación geográfica de suelo tipo A6*

SUELO TIPO - A6(SUELO FINO)			
<i>Ubicación geográfica en coordenadas UTM WGS - 84 Zona 17 M</i>			
TIPO DE SUELO	ESTE	NORTE	COTA
SUELOS FINOS	783794.00	9203359.00	2620.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Ubicación geográfica de la investigación

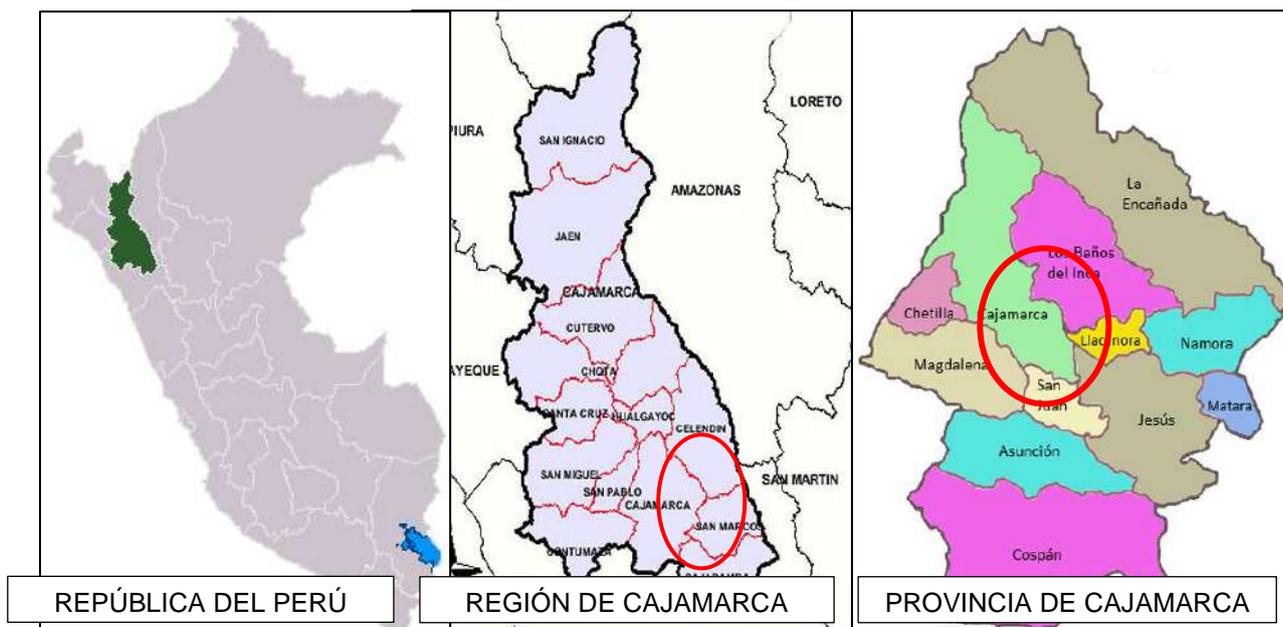


Figura 5: Ubicación Geográfica de Suelos Tipo A2 y Suelo Tipo A6



Fuente: Google earth

Clima:

Estudio de investigación se realiza en la ciudad de Cajamarca, y las canteras de suelos A2 y A6 se encuentran ubicadas a una altitud de 3030 Y 2620 msnm.

Cajamarca se encuentra en el piso altitudinal Quechua, caracterizado por un clima templado con estación de lluvias bien definida (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en el año 2024 iniciando el 16 de junio concluyendo los ensayos el 16 de setiembre del mismo año, iniciando con El muestreo que se realizó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D4220 y la NTP 339.151 (Prácticas Normalizadas Para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos) y el registro de la muestra según la A.S.T.M. D 2488 y la NTP 339.150 (Procedimiento Visual-Manual, Descripción e Identificación de Suelos).

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo, nivel y diseño de la Investigación

3.3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es del tipo aplicada, experimental; porque tiene por finalidad resolver un problema concreto en este caso mejorar la capacidad de soporte de un suelo y experimental por que manipula variables independientes con el objetivo de mejorar resultados.

3.3.1.2. Nivel de la investigación

La investigación es descriptiva y de corte transversal, busca describir y relacionar el comportamiento del índice CBR en función del porcentaje de aditivo Terrazyme en Suelos Tipo A2 y A6.

3.3.2. Diseño de la investigación.

La investigación será cuantitativa; La investigación se realizará tomando muestras de suelos gruesos y suelos finos, de dichas muestras extraídas se realizará los ensayos correspondientes para la clasificación del suelo para posterior realizar los ensayos de CBR con diferentes porcentajes de aditivo Terrazyme.

3.3.3. Población Y Muestra Del Estudio

3.3.3.1. Población Del Estudio

Todos los suelos tipo A2 (suelos gruesos) y suelos tipo A6(suelos finos).

3.3.3.2. Muestra

Suelo tipo A2 suelo grueso ubicado en el sector Cashapampa Alta en Carretera Cajamarca – Chilete Km 10+000

Suelo tipo A6 suelos finos ubicado en el Distrito de Llacanora, Provincia de Cajamarca. En el, Carretera Cajamarca - Cajabamba km 8+000

3.3.3.3. **Unidad De Análisis**

La unidad de análisis que se utilizará es, Suelo tipo A2 y suelo Tipo A6 más desfavorable sin aditivos y con aditivo Líquido TERRAZYME en diferentes porcentajes

3.3.3.4. **Unidad De Observación**

CBR del Tipo de suelo A2 y Tipo de suelo A6 con diferentes % de aditivo Líquido TERRAZYME.

3.3.4. **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

3.3.4.1. **Técnicas:**

Observación directa. - pues se realizarán muestras y/o probetas las mismas que serán probadas en las máquinas de ensayo de materiales,

Revisión documental: - se usarán la documentación de los protocolos de los ensayos de acuerdo con la normativa, investigaciones.

Ensayos técnicos de ingeniería.

Se seleccionaron los materiales de las siguientes canteras

Tabla 15: Ubicación de canteras y Muestreo de suelo

SUELO TIPO - A2			
<i>Ubicación geográfica en coordenadas UTM WGS - 84 Zona 17 M</i>			
SUELO	ESTE	NORTE	COTA
SUELOS GRUESOS	777602.00	9199739.00	3030.00

SUELO TIPO - A6			
<i>Ubicación geográfica en coordenadas UTM WGS - 84 Zona 17 M</i>			
SUELO	ESTE	NORTE	COTA
SUELOS FINOS	783794.00	9203359.00	2620.00

Fuente: Elaboración propia

La obtención de las muestras de suelo en campo se realizó de acuerdo con la Norma MTC E 101 (muestreo de suelos y rocas) y a su equivalente ASTM D 420 (guía estándar para la caracterización del sitio para el diseño de ingeniería y propósitos de construcción).

- **Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de mecánica de suelos que se realizó para esta investigación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16: *Ensayos realizados en laboratorio de suelos y norma técnica.*

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
Contenido de humedad	MTC E 108 ASTM D 2216 AASHTO T 265	Método operativo para determinar el contenido de humedad de un suelo, el contenido de humedad de un suelo es la relación entre el peso del agua presente en la masa de suelo, al peso de las partículas sólidas del mismo
Análisis granulométrico	MTC E 107 ASTM D 422 AASHTO T 88	Método para determinar de manera cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de un suelo. También permite determinar los porcentajes de suelo que pasan los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el tamiz 75 μm (No 200)
Límite líquido	MTC E 110 ASTM D 4318 AASHTO T 89	Es el contenido de Humedad, Expresado en porcentaje, del suelo secado en horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado Líquido
Límite plástico	MTC E 111 ASTM D 4318 AASHTO T 90	Es la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de unos 3.2 mm(1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desintegren.
Proctor modificado	MTC E 115 ASTM D 1557 AASHTO T 180	Método de prueba establecido para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, compactado en un molde de 4" o 6" de diámetro con un pistón de 10 lb, que cae de una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56000lbf - pie/pie 3
CBR	MTC E 132 ASTM D 1883 AASHTO T 193	Método de prueba para determinar un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Beraing Ratio). El Ensayo se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase y de afirmado de un pavimento

Fuente: manual de ensayo de materiales.

3.3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los Equipos que se empleó son los necesarios para cada ensayo de laboratorio. Las características, dimensiones y material de fabricación de los equipos utilizados se especifican detalladamente en cada Norma Técnica correspondiente al tipo de ensayo que se referencia en la **Tabla 19**.

3.3.4.3. Equipos Y Materiales Utilizados

Durante el proceso de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales tanto para el trabajo en campo como en el laboratorio, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- Tamices para la granulometría 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100 y N°200
- Probeta graduada de 500 ml.
- Agua destilada.
- Aditivo TERRAZYME
- Horno eléctrico con control de T° de 0 °C a 300 °C
- Bandejas.
- Balanza digital con una precisión de 0.1 g.
- Copa Casa Grande.
- GPS Smap 60CSx Garmin.
- Parafina.
- Cronómetro.
- Moldes y Martillo para Proctor Modificado
- Moldes y Martillo para CBR

3.3.5. Procedimiento

El procedimiento de la siguiente tesis se orienta a desarrollar la estabilización de suelo tipo suelos gruesos y suelos finos.

Para este propósito se realizará ensayo de CBR a los tipos de suelo tanto sin aditivo líquido y con aditivo líquido TERRAZYME, así poder establecer la dosificación óptima para el mejoramiento del suelo con dicho aditivo, además conocer propiedades físicas y químicas del suelo, teniendo en cuenta las propiedades se puede realizar el mejoramiento de CBR de dichos tipos de suelos con mayor confianza.

FASE I: Obtención y preparación de las muestras de suelo

- Se reconoció el lugar donde se ubica los suelos con tipo de suelo A2(suelos gruesos) y A6(suelos finos).
- Luego, se determinó el área y la zona de donde extraer las muestras
- Se obtuvo las coordenadas UTM de cada calicata.
- Seguidamente, se describió e identificó in situ, registrándose las principales características del suelo como: espesor de estrato, color, olor, consistencia, humedad, etc.
- Se obtuvo y transportó las muestras representativas de suelo de cada calicata, de acuerdo con la Norma MTC E 104 (conservación y transporte de muestras de suelo). En el caso de

las muestras para el ensayo de contenido de humedad natural, se utilizó bolsas herméticas para evitar la pérdida de humedad, mientras se las transportó al laboratorio.

- Se preparó las muestras de suelo de manera adecuada para la realización de los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo con las Normas MTC E 105 (obtención en laboratorio de muestras representativas – cuarteo) y MTC E 106 (preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo).

FASE II: Ensayos de laboratorio

- En primer lugar, se realizó el ensayo de contenido de humedad natural de las muestras de suelo, el cual se llevó a cabo inmediatamente después de transportar las muestras al laboratorio.
- Luego se realizó los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico, con la finalidad de poder clasificar las muestras de suelo obtenidas de cada calicata.
- Seguidamente, se procedió a clasificar las muestras de suelo utilizando los sistemas AASHTO (AASHTO M 145 – 91).
- Se seleccionó la muestra de suelo arcilloso más desfavorable (suelo arcilloso con el mayor índice de grupo y el mayor índice de plasticidad), de acuerdo con su clasificación, para luego aplicar el proceso de estabilización el aditivo estabilizador TERRAZYME como aditivos estabilizadores.
- En la muestra de suelo elegida, se realizó el ensayo de Proctor modificado para el suelo sin aditivos TERRAZYME (0%) y para cada adición de aditivo líquido terrazyme en dosificaciones de 0.25 l/m³, 0.30l/m³, 0.35 l/m³ y 0.40l/m³.
- Una vez que se obtuvo el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima del ensayo Proctor modificado, se procedió a realizar el ensayo para cada adición de aditivo líquido terrazyme en dosificaciones de 0.25 l/m³, 0.30l/m³, 0.35 l/m³ y 0.40l/m³.
- Finalmente se realizó el ensayo de límite de CBR sin aditivo estabilizador (0%) y para cada adición de aditivo líquido terrazyme en dosificaciones de 0.25 l/m³, 0.30l/m³, 0.35 l/m³ y 0.40l/m³.

3.3.6. Análisis De Datos y Presentación De Los Resultados

Se tomó en cuenta las recomendaciones de MTC, detalladamente en cada Norma Técnica correspondiente al tipo de ensayo que se referencia en la Tabla 20.

Trabajos De Campo y presentación de resultados

En campo se realizó el reconocimiento de los tipos de suelos a nivel ocular para posteriormente en laboratorio verificar los tipos de suelos, posteriormente realizar el acopio de nuestras muestras de suelos de dichas muestras luego se recaban los datos físicos del

terreno que nos sirven como parámetros para determinar su capacidad portante, de acuerdo con la normatividad vigente.

En el proceso de recolección de las muestras, lo usual es utilizar la parafina con la cual se lo recubre y así poder llegarlo al laboratorio con las mismas características encontradas en el terreno.

Para los cálculos y análisis de datos se tomó en cuenta las recomendaciones del MTC 2016, detallada en cada ensayo referido en la **tabla 16**.

3.3.6.1. **Contenido de Humedad.**

Tabla 17: Contenido de Humedad muestra natural suelo A2

CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO TIPO A2			
Identificación de Tara	CA-T1	CA-T2	CA-T3
Peso de tara (g)	27.60	27.50	27.80
P. Tara + M.Húmeda (g)	282.20	285.40	285.10
P. Tara + M. Seca (g)	265.00	266.40	269.90
Peso de agua (g)	17.20	19.00	15.20
Peso de Muestra Seca (g)	237.40	238.90	242.10
W (%)	7.25%	7.95%	6.28%
W (%) promedio	7.16%		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Contenido de Humedad muestra natural suelo A6

CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO TIPO A6			
Identificación de Tara	T-11	T-13	T-12
Peso de tara (g)	133.00	132.00	142.00
P. Tara + M.Húmeda (g)	4750.00	5109.00	5550.00
P. Tara + M. Seca (g)	4621.00	4985.00	5435.00
Peso de agua (g)	129.00	124.00	115.00

Peso de Muestra Seca (g)	4488.00	4853.00	5293.00
W (%)	2.87%	2.56%	2.17%
W (%) promedio	2.53%		

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.2. Análisis Granulométrico

Tabla 19: Resultados de Análisis granulométrico suelo Tipo A – 2 - 4

PROPIEDADES DE LA MUESTRA SUELO TIPO A-2		
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL
GRAVA (%):	45.68	
ARENA GRUESA (%):	26.11	
ARENA FINA (%):	18.00	100.00
FINOS (%):	10.25	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Resultados de Análisis granulométrico suelo Tipo A6

PROPIEDADES DE LA MUESTRA SUELO TIPO A6		
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL
GRAVA (%):	0.00	
ARENA GRUESA (%):	12.58	
ARENA FINA (%):	31.4	100.00
FINOS (%):	56.04	

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.3. Límites de Atterberg.

Tabla 21: Resultados Límites de Atterberg

TIPO DE SUELO	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
SUELO A2	18.00%	NO TIENE	NO TIENE
SUELO A6	38.00%	26.00%	12.00%

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.4. Clasificación de Suelos.

Tabla 22: Clasificación de Suelos

Descripción	A2	A6
Clasificación AASHTO	A-2-4	A-6
Clasificación SUCS	SP-SM	CL

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.5. Peso unitario Suelto Seco Suelo tipo A-2-4

Tabla 23: Peso unitario suelto seco suelo tipo A-2-4

PESO UNITARIO SUELTO SECO SUELO TIPO A2			
DESCRIPCION	E1	E2	E3
PESO MOLDE	6256.00 g	6256.00 g	6256.00 g
PESO MOLDE + MUESTRA	9811.00 g	9838.00 g	9855.00 g
PESO MUESTRA	3555.00 g	3582.00 g	3599.00 g
VOLUMEN MOLDE	2104.70 cm ³	2105.70 cm ³	2106.70 cm ³
PESU UNITARIO	1.69 g/cm³	1.70 g/cm³	1.71 g/cm³
PROMEDIO	1.70 g/cm³		

3.3.6.6. Peso unitario Suelto Seco Suelo tipo A-6

Tabla 24 :Peso unitario Suelto Seco Suelo tipo A-6

PESO UNITARIO SUELTO SECO SUELO TIPO A6			
--	--	--	--

DESCRIPCION	E1	E2	E3
PESO MOLDE	6256.00 g	6256.00 g	6256.00 g
PESO MOLDE + MUESTRA	9327.00 g	9264.00 g	9305.00 g
PESO MUESTRA	3071.00 g	3008.00 g	3049.00 g
VOLUMEN MOLDE	2104.70 cm ³	2104.70 cm ³	2104.70 cm ³
PESU UNITARIO	1.46 g/cm ³	1.43 g/cm ³	1.45 g/cm ³
PROMEDIO		1.45 g/cm ³	

3.3.6.7. Dosificación de aditivo suelo A-2-4

Tabla 25 : Dosificación de aditivo suelo A-2-4

DOSIFICACION DE ADITIVO SUELO TIPO A-2-4			
DOSIFICACION DE ADITIVO	PESO MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA	VOLUMEN ADITIVO
0.25 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	0.81 cm ³
0.30 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	0.97 cm ³
0.35 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	1.13 cm ³
0.40 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	1.29 cm ³

3.3.6.8. Dosificación de aditivo suelo A-6

Tabla 26 :Dosificación de aditivo suelo A-6

DOSIFICACION DE ADITIVO SUELO TIPO A6			
DOSIFICACION	PESO MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA	VOLUMEN ADITIVO
0.25 l/m3	2500.00 g	1729.32 cm3	0.43 cm3
0.30 l/m3	2500.00 g	1729.32 cm3	0.52 cm3
0.35 l/m3	2500.00 g	1729.32 cm3	0.61 cm3
0.40 l/m3	2500.00 g	1729.32 cm3	0.69 cm3

3.3.6.9. Ensayo Proctor Modificado Suelo tipo A2 y A6

Tabla 27: Resultados de ensayo Proctor modificado

ADITIVO (L/m3)	A-2		A-6	
	DMS(g/cm3)	HUMEDAD ÓPTIMA	DMS(g/cm3)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
Sin Aditivo	2.22	5.19	1.94	13.30
0.25	2.19	5.12	1.97	12.75
0.30	2.19	5.05	1.96	13.03
0.35	2.20	5.03	1.97	13.00
0.40	2.20	5.04	1.98	13.35

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.10. Ensayo California Bearing Ratio (CBR) del material sin aditivo.

Tabla 28: Resultados de ensayo CRB suelo natural sin aditivo

valor relativo de soporte C.B.R	A-2	A-6
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	60.38%	2.01%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	94.06%	2.60%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	72.11%	2.34%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	108.16%	3.16%

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.11. Ensayo California Bearing Ratio (CBR) con aditivo

Tabla 29: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.25 Lt/m³

valor relativo de soporte C.B.R	A2	A6
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	49.97%	2.42%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	98.41%	2.85%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	61.82%	2.72%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	111.23%	3.35%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.30 Lt/m³

valor relativo de soporte C.B.R	A2	A6
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	53.11%	2.56%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	124.51%	3.20%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	63.79%	2.83%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	137.62%	3.55%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.35 Lt/m³

valor relativo de soporte C.B.R	A2	A6
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	67.89%	2.79%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	148.56%	3.60%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	80.09%	3.13%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	162.06%	4.04%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Resultados de ensayo CBR con aditivo 0.40 Lt/m³

valor relativo de soporte C.B.R	A2	A6
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	55.21%	2.13%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	126.22%	2.71%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	65.62%	2.54%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	138.40%	3.32%

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.12. Comparación de los valores Obtenidos de CBR sin aditivo y con aditivo con diferentes dosificaciones.

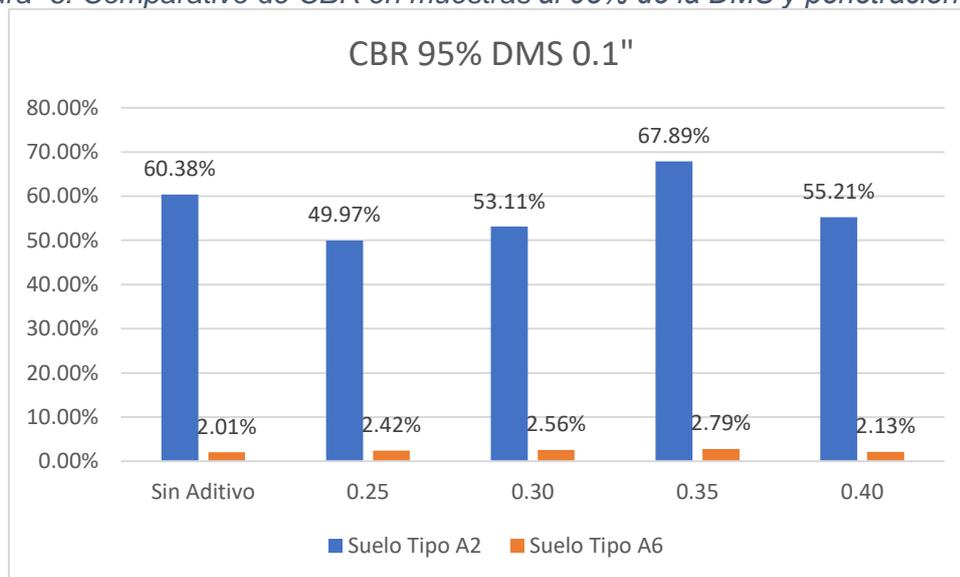
Valores obtenidos de CBR con aditivo y sin aditivo.

Tabla 33: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.1”.

CBR 95% DMS 0.1”			
Dosificación de aditivo (Lt/m3)	Suelo Tipo		Suelo Tipo A6
	A2		
Sin Aditivo	60.38%		2.01%
0.25	49.97%		2.42%
0.30	53.11%		2.56%
0.35	67.89%		2.79%
0.40	55.21%		2.13%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.1”



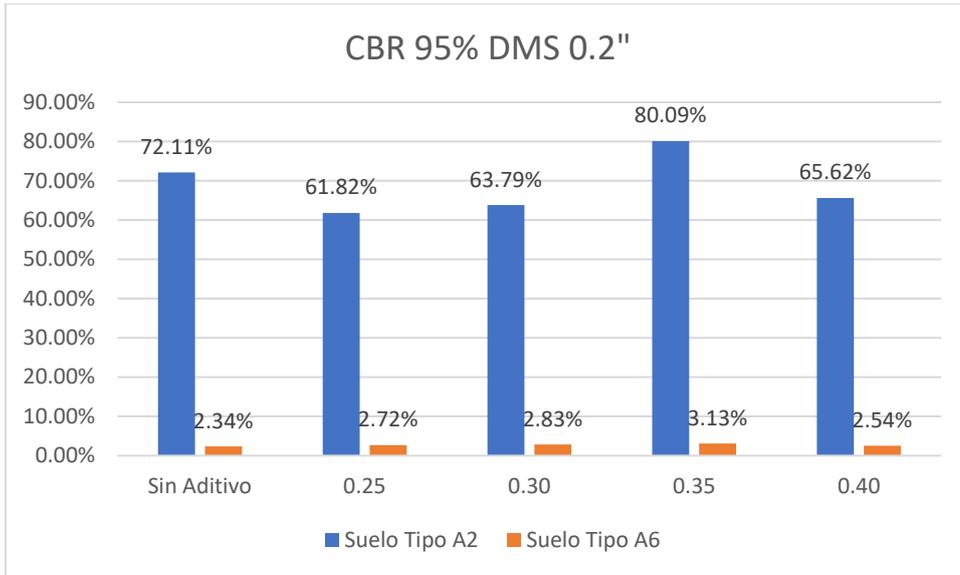
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.1”.

CBR 100% DMS 0.1”			
Dosificación de aditivo (Lt/m3)	Suelo Tipo		Suelo Tipo A6
	A2		
Sin Aditivo	94.06%		2.60%
0.25	98.41%		2.85%
0.30	124.51%		3.20%
0.35	148.56%		3.60%
0.40	126.22%		2.71%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.1”.



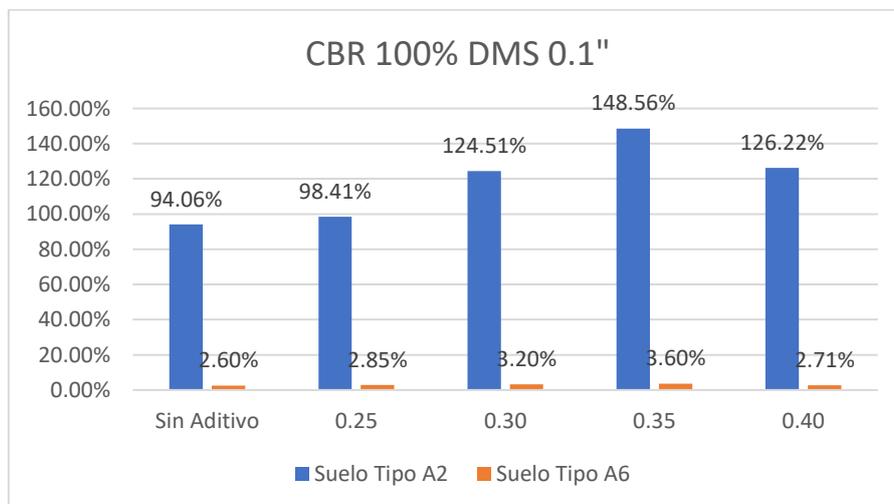
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Comparativo de CBR en muestras al 95% de la DMS y penetración 0.2".

CBR 95% DMS 0.2"			
Dosificación de aditivo (Lt/m3)	Suelo Tipo A2	Suelo Tipo A6	
Sin Aditivo	72.11%	2.34%	
0.25	61.82%	2.72%	
0.30	63.79%	2.83%	
0.35	80.09%	3.13%	
0.40	65.62%	2.54%	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Comparativo de CBR en muestras al 95% y penetración 0.2"



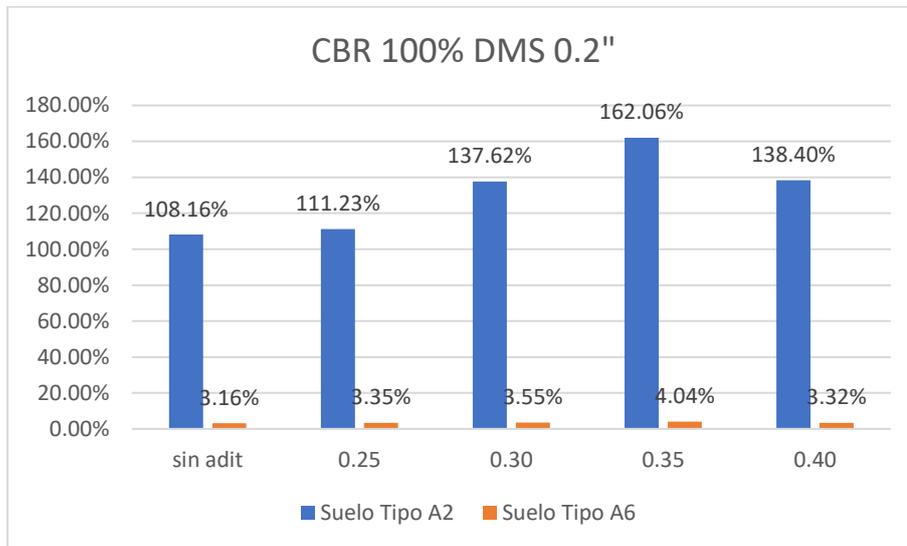
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.2".

CBR 100% DMS 0.2"			
Dosificación de aditivo (Lt/m3)	Suelo Tipo		Suelo Tipo A6
	A2		
sin adit	108.16%		3.16%
0.25	111.23%		3.35%
0.30	137.62%		3.55%
0.35	162.06%		4.04%
0.40	138.40%		3.32%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9: Comparativo de CBR en muestras al 100% de la DMS y penetración 0.2".



Fuente: Elaboración Propia

4. CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Material sin aditivo

Una vez realizada los ensayos en el laboratorio se realizó la clasificación de suelo de cada lugar de extracción de muestra definiéndose como suelo A-2-4(suelo gruesos) este suelo pertenece al Grupo de Suelos A2 Según AASHTO; A-6 (suelo fino)

El contenido de humedad de las canteras se obtuvo lo siguiente:

Suelo tipo A2, suelos gruesos: 7.16%

Suelos finos suelos tipo A6 "Huaripata": 2.53%

Análisis Granulométrico de suelos Gruesos: material conformado por 45.68% de grava de tm 3/4", 44.07% de arena fina 10.25% de partículas finas menores que 0.075 mm.

Análisis Granulométrico suelos finos: material conformado por 0% de grava de tm 3/4", 43.96% de arena fina 56.04% de partículas finas menores que 0.075 mm.

Los límites de Atterberg determinados en la Cantera de suelo tipo A-2-4 son los siguientes; el límite líquido es 18%, el límite plástico no tiene

Los límites de Atterberg determinados en el terreno del suelo tipo A-6 son los siguientes; el límite líquido es 38%, el límite plástico es 26%, el índice plástico es 12%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos sin Aditivo, en el suelo tipo A-2 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =60.38%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =94.06%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =72.11%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =108.16%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos sin Aditivo, en el suelo tipo A-6 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.01%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.60%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =2.34%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =3.16%

4.2. Material con aditivo

La adición del aditivo se realizó por el método de Peso unitario suelto seco del suelo, obtenido en las tablas N°25(suelo tipo A-2-4) y tabla N°26(suelo tipo A-6). La cual considera Según ficha técnica del Aditivo Terrazyme densidad 1.00 g=1.00 cm³

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.25 l/m³, en el suelo tipo A-2 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =49.97%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =98.41%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =61.82%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =108.16%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.30 l/m³, en el suelo tipo A-2 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =53.11%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =124.51%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =63.79%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =137.62%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.35 l/m³, en el suelo tipo A-2 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =67.89%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =148.56%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =80.09%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =162.06%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.40 l/m³, en el suelo tipo A-2 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =55.21%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =126.22%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =65.62%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =138.40%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.25 l/m³, en el suelo tipo A-6 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.42%; para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.85%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =2.72%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =3.35%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.30 l/m³, en el suelo tipo A-6 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.56%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =3.20%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =2.83%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =3.55%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.35 l/m³, en el suelo tipo A-6 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.79%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =3.60%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =3.13%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =4.04%

El resultado de ensayos de CBR de los suelos con Aditivo 0.40 l/m³, en el suelo tipo A-6 tenemos, para 95% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.13%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.1") =2.71%, para 95% de la densidad Seca máxima (0.2") =2.54%, para 100% de la densidad Seca máxima (0.2") =3.32%

4.3. Contratación de la hipótesis

Según los resultados obtenidos de los ensayos; realizando la comparación con la hipótesis planteada, encontramos que los suelos de Tipo A2 (suelos Gruesos) mejoran mas de 50% la capacidad de soporte del suelo CBR para 100% DMS y deformación 0.2" y los suelos A6 (suelos Finos), mejoran en menos del 1% para 100% DMS y deformación 0.2" la capacidad de soporte de suelo CBR; En suelos A2 El Resultado de CBR Son elevados y se puede utilizar en bases y subbases, Para carreteras, En Suelos A6, El CBR no presenta mejoras significativas

5. CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El CBR del suelo tipo A-2-4 suelos gruesos sin aditivos fue elevado, alcanzando hasta 60.38% para una densidad máxima seca de 95% a 0.1" de deformación; En el caso del suelo tipo A-6 suelos finos sin aditivos, el CBR fue bajo, con un valor máximo de 2.01%. para una densidad máxima seca de 95% a 0.1" de deformación.
- La adición del estabilizante en el suelo A-2 suelos gruesos permitió un incremento significativo del CBR para una densidad máxima seca de 95% a 0.1" de deformación, alcanzando un valor máximo de 67.89% con una dosificación de 0.35 l/m³, 49.97% con 0.25l/m³, 53.11% con 0.3l/m³, 55.21% con 0.40l/m³ de aditivo.
- La adición del estabilizante en el suelo A-6 permitió un incremento CBR para una densidad máxima seca de 95% a 0.1" de deformación, alcanzando un valor máximo de 2.79% con una dosificación de 0.35 l/m³, 2.42% con 0.25l/m³, 2.56% con 0.3l/m³, 2.13% con 0.40l/m³ de aditivo.
- La adición del aditivo liquido Terrazyme es más eficaz en suelos tipo A2 que en suelos tipo A6.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los suelos de estudio pueden realizarse en puntos más específicos como en afirmados ya ejecutados.
- Se recomienda realizar ensayos químicos de suelos para poder ver la reacción del suelo con dicho aditivo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alizate Buitrago, A. 2019. Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden; Universidad libre seccional Pereira. 128 p.
- Braja, M. D. (2013). *Principios de ingeniería de cimentaciones* (7.^a ed.). Cengage Learning.
- Calderon Pive, WR. 2022. Estabilización de suelos a nivel de subrasante usando terrazyme en pistas y veredas de Huancayo. Tesis de Pregrado. Huancayo, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 111 p.
- Cruz Fuentes, C. A. (2023). *Análisis de la efectividad de un aditivo enzimático para estabilizar el suelo de la carretera Chirinos–El Limón, Cajamarca, 2021*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Fernández Gálvez, AJ. 2017. Efecto del Aditivo Terrazyme en la Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasantes en la Zona de Expansión de la Ciudad De Cajamarca. Tesis de Maestría. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 114 p.
- Hernández Canales, JC. 2008. Características físicas y propiedades mecánicas de suelos y sus métodos de medición. Tesis de Pregrado. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 510 p.
- Lozano Bocanegra, E; Ruíz Ramos, JM; Alfonso, JC. 2015. Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico. tesis para ingeniero especialista de pavimentos. Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia. 48 p.
- Mahajan, A., Singh, K., & Dahiya, S. (2021). *Effect of enzyme-based stabilizer on California Bearing Ratio of subgrade soils*. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(10), 1267–1275
- Ocas Flores, JW; Saavedra Ruiz, MD. 2022. Estabilización de suelos mediante químicos (Aceite Sulfonado y Polímeros) y naturales (Agave Azul y Penca de Tuna), Cajamarca 2022. Tesis Pregrado Chimbote, Ancash, Perú 2022 universidad cesar Vallejo. 116p
- Patel, S. A., & Desai, M. D. (2017). Stabilization of soil using TerraZyme for road construction in India. *International Journal of Engineering Development and Research*
- Quiroz Castillo, L. C. (2022). *Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos en la Prolongación Avenida Perú de Cajamarca 2021*. Universidad Nacional de Cajamarca
- Ramos Vásquez, JD; Lozano Gómez, JP. 2019. Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. investigación Bogotá. Colombia, Universidad Católica de Colombia 241p

- Ríos, J. F., & Díaz, M. A. (2019). *Evaluación del desempeño del aditivo enzimático TerraZyme en la estabilización de suelos arcillosos para vías terciarias* [Tesis de ingeniería, Universidad del Valle]. Repositorio UNIVALLE.
- Romero Sara, E. (2022). *Estudio comparativo de los estabilizantes PROES, CONAID y TerraZyme aplicado en subrasantes de vías no pavimentadas, tramo Lara – Lliqui, región Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAP.
- Vera Ibáñez, RS; Villanueva Collantes, FN. 2021. Análisis de estabilización química de suelos arcillosos mediante Terrazyme en la carretera Cachipampa - Sartimbamba, Sánchez Carrión, La Libertad. 2021. Tesis de Pregrado. Trujillo, Perú, Universidad César Vallejo. 246 p.
- Verma, R., & Agarwal, S. (2019). *Effect of TerraZyme on engineering properties of soil*. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 10(2), 2780–2788.

7. ANEXOS

ANEXO 01: PANEL FOTOGRAFICO

Figura 10 : Toma de muestra del terreno del suelo tipo A6 suelos finos



Figura 11: Toma de muestra de Canteras suelo tipo A2, suelos gruesos



Figura 12: Ensayo de Humedad natural de las muestras de suelos



Figura 13: Límites de Asterberg de suelo Tipo A-6



Figura 14: Límites de Asterberg de suelo tipo A-6



Figura 15: Tamizado por la malla N° 4 ensayo de Proctor Modificado



Figura 16: Preparación de Muestra sin Aditivo para ensayos Proctor Modificado



Figura 17: Preparación de muestras para ensayo de CBR sin aditivo.



Figura 18: Dosificación de Aditivo Terrazyme, para CBR de suelo A2



Figura 19: Preparación de Material para ensayo de CBR Con aditivo



Figura 20: Compactación Para ensayo CBR de suelo tipo A-2



Figura 21: Enrase de espécimen para densidad compactada de la muestra



Figura 22: Control la expansión de Los suelos al saturarse



Figura 23: Molde de CBR para saturar por 4 días y verificar su expansión



Figura 24: Saturación de especímenes de muestras.



Figura 25: Toma de datos de expansión de Suelo saturado cada 24 horas



Figura 26: Ensayo de CBR, en el equipo de CBR. Muestra de suelo A2 Y A6



Figura 27: Ensayo de CBR de muestras de suelo A-2 con aditivo



Figura 28: Ensayo de CBR de muestras de suelo A-6 con aditivo



Figura 29: Toma de Datos contenido de humedad de Suelo compactado.



ANEXOS 02: ENSAYOS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD		ASTM D2216	AASHTO T 265
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TPO A2		
MUESTRA:	MUESTRA NATURAL	2.03657E+13	24/06/2024

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA			
TEMPERATURA DE SECADO	110°	TIEMPO DE SECADO	24

CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO TIPO A2			
Identificación de Tara	CA-T1	CA-T2	CA-T3
Peso de tara (g)	27.60	27.50	27.80
P. Tara + M. Húmeda (g)	282.20	285.40	285.10
P. Tara + M. Seca (g)	265.00	266.40	269.90
Peso de agua (g)	17.20	19.00	15.20
Peso de Muestra Seca (g)	237.40	238.90	242.10
W (%)	7.25%	7.95%	6.28%
W (%) promedio	7.16%		

CONTENIDO DE HUMEDAD		ASTM D2216	AASHTO T 265
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO NATURAL	FECHA:	24/06/2024

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE SECADO DE MUESTRA			
TEMPERATURA DE SECADO	110°	TIEMPO DE SECADO	24

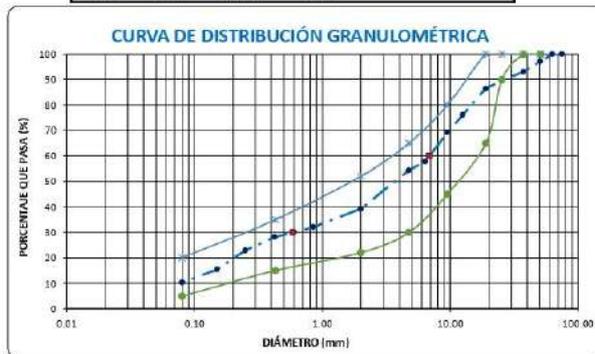
CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO TIPO A6			
Identificación de Tara	T-11	T-13	T-12
Peso de tara (g)	133.00	132.00	142.00
P. Tara + M.Húmeda (g)	4750.00	5109.00	5550.00
P. Tara + M. Seca (g)	4621.00	4985.00	5435.00
Peso de agua (g)	129.00	124.00	115.00
Peso de Muestra Seca (g)	4488.00	4853.00	5293.00
W (%)	2.87%	2.56%	2.17%
W (%) promedio	2.53%		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	AASHTO T 88
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1	FECHA:	25/06/2024

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	al aire libre
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA ANTES DE LAVADO (g)	1731.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	1553.50
PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (g)	762.80
PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (g)	790.70
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	1854.94
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
PESO SECO FRACCIÓN FINA (g)	762.80
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.0578

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa %
2 3/4"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	50.00	2.89	2.89	97.11
1 1/2"	38.10	70.00	4.04	6.93	93.07
1"	25.40	60.00	3.47	10.40	89.60
3/4"	19.05	53.40	3.08	13.48	86.52
1/2"	12.70	180.30	10.42	23.90	76.10
3/8"	9.52	119.40	6.90	30.80	69.20
1/4"	6.35	199.00	11.50	42.29	57.71
Nº4	4.75	58.60	3.39	45.68	54.32
TOTAL	W.G =	790.70	45.68		

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa %
N 20	0.85	124.10	7.17	67.94	32.06
N 30	0.60	34.10	1.97	69.91	30.09
N 40	0.43	32.50	1.88	71.79	28.21
N 60	0.25	92.90	5.37	77.15	22.85
N 100	0.15	129.20	7.46	84.62	15.38
N 200	0.08	88.80	5.13	89.75	10.25
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					178.08



PROPIEDADES DE LA MUESTRA	
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	% TOTAL
GRAVA (%):	45.68
ARENA GRUESA (%):	26.11
ARENA FINA (%):	18.0
FINOS (%):	10.25
COEFICIENTES	DIÁMETROS EFECTIVOS
Cu =	-
D60 =	6.881
Cc =	-
D30 =	0.590
D10 =	0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89	
LÍMITE LÍQUIDO:	18.00%
LÍMITE PLÁSTICO:	NO TIENE PLASTICIDAD
ÍNDICE DE PLASTICIDAD NO TIENE	
CLASIFICACIÓN	
A.A.S.H.T.O. :	A-2-4
S.U.C.S. :	SP-SM

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO AASHTO (SUELO GRANULAR, GRAVA, ARENA, LÍM y ARCILLA); S.U.C.S. CORRESPONDE A UNA GRAVA BIEN GRADUADA CON FINOS LIMOSOS.
	MATERIAL CONFORMADO POR: 45.68% DE GRAVA DE TM 3/4", 44.07% DE ARENA FINA 10.25% DE PARTICULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM.

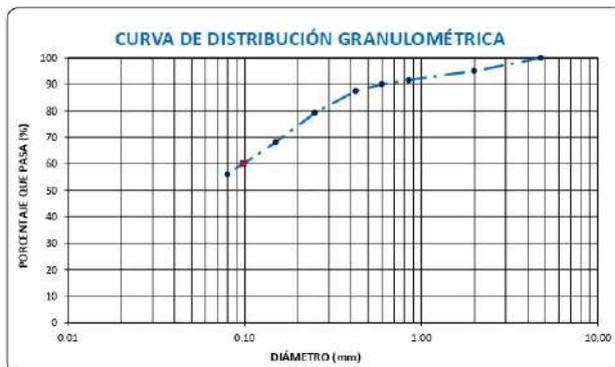
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		ASTM D 422	AASHTO T 88
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	C - 02	FECHA:	26/06/2024

689.00

CONDICIONES DEL ENSAYO	
TEMPERATURA DE SECADO DE LA MUESTRA:	al aire libre
CONDICIONES INICIALES DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	689.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	591.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	98.00
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	706.43
CONDICIONES INICIALES FRACCIÓN FINA	
fracción de material para lavado	202.02
Material Lavado Seco (g)	104.02
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA	0.4246

ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
N°	Tamiz		Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial			
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N 10	2.00	11.71	4.97	4.97	95.03
N 20	0.85	8.09	3.43	8.41	91.59
N 30	0.60	3.58	1.52	9.93	90.07
N 40	0.43	6.25	2.65	12.58	87.42
N 60	0.25	19.11	8.11	20.69	79.31
N 100	0.15	26.35	11.19	31.88	68.12
N 200	0.08	28.45	12.08	43.96	56.04
Cazoleta TOTAL	--	0.48	--	--	--

104.02



PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL	
GRAVA (%)	0.00	100.00	
ARENA GRUESA (%)	12.58		
ARENA FINA (%)	31.4		
FINOS (%)	56.04		
COEFICIENTES		DIÁMETROS EFECTIVOS	
Cu =	-	D60 =	0.098
Cc =	-	D30 =	0.000
		D10 =	0.000
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / AASHTO T 89			
LÍMITE LÍQUIDO:	38.00%		
LÍMITE PLÁSTICO:	26.00%		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP): 12.00%			
CLASIFICACIÓN			
S.U.C.S.:	CL		
A.A.S.H.T.O.:	A-6		

OBSERVACIONES:	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO AASHTO (Suelo arcilloso, moderadamente plástico) Y SUCS (Suelo arcilloso, moderadamente plástico)
	MATERIAL CONFORMADO POR 0% DE GRAVA DE TM 3/4", 43.96% DE ARENA FINA 56.04% DE PARTICULAS FINAS MENORES QUE 0.075 MM.

LÍMITES DE ATTERBERG		ASTM D4318 AASHTO T 89	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-2	FECHA:	27/06/2024

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2215)	
TEMP. DE SECADO:	110 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	24 h
AGUA USADA:	Potable		

TARA Nº	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	NO TIENE	
M tara (g)	27.60	27.50	27.70		
Mt+ M.Húmeda (g)	40.10	40.80	43.60		
Mt+ M. Seca (g)	38.10	38.80	41.30		
M agua (g)	2.00	2.00	2.30		
M M.Seca (g)	10.50	11.30	13.60		
W(%)	19.05%	17.70%	16.91%		
N.GOLPES	16	25	33		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
18.00%	NO TIENE	

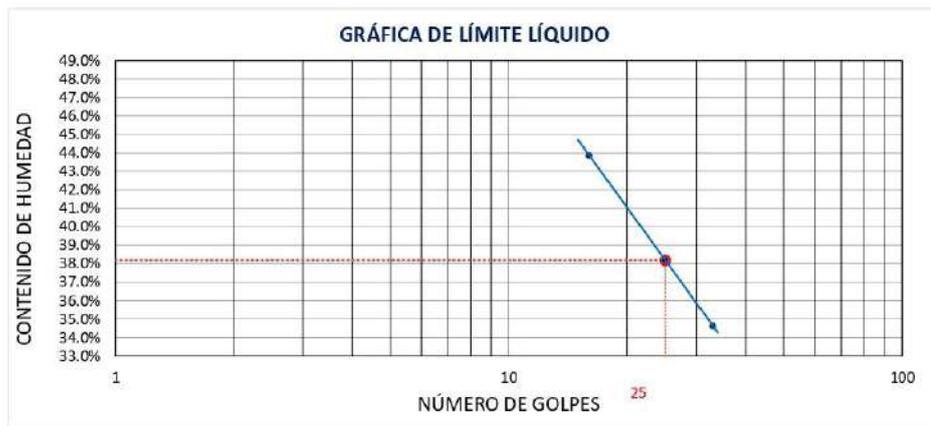


LÍMITES DE ATTERBERG		ASTM D4318 AASHTO T 89	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH: AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	M - 2	FECHA:	27/06/2024

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2215)	
TEMP. DE SECADO:	110 °C	TEMP. DE SECADO:	110 °C
TIPO DE MATERIAL:	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO:	24 h
AGUA USADA:	Potable		

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARA Nº	1	2	3	TARA Nº	4	5
M tara (g)	28.30	49.45	29.83	M tara (g)	30.10	30.10
Mt+ M.Húmeda (g)	40.14	60.41	45.07	Mt+ M.Húmeda (g)	35.43	35.41
Mt+ M. Seca (g)	36.53	57.38	41.15	Mt+ M. Seca (g)	34.32	34.30
M agua (g)	3.61	3.03	3.92	M agua (g)	1.11	1.11
M M.Seca (g)	8.23	7.93	11.32	M. Muestra Seca (g)	4.22	4.20
W(%)	43.86%	38.21%	34.63%	W(%)	26.30%	26.43%
N.GOLPES	16	25	33	Contenido de Humedad Promedio: 26.37%		

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
38.00%	26.00%	12.0%



PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	PESO UNITARIO SUELTO SECO SUELO FINO Y SUELO GRAJESO		
MUESTRA:	CON ADITIVO 0.25L/M3	FECHA:	16/07/2024

PESO UNITARIO SUELTO SECO SUELO TIPO A2			
DESCRIPCION	E1	E2	E3
PESO MOLDE	6256.00 g	6256.00 g	6256.00 g
PESO MOLDE + MUESTRA	9811.00 g	9838.00 g	9855.00 g
PESO MUESTRA	3555.00 g	3582.00 g	3599.00 g
VOLUMEN MOLDE	2104.70 cm ³	2105.70 cm ³	2106.70 cm ³
PESU UNITARIO	1.69 g/cm ³	1.70 g/cm ³	1.71 g/cm ³
PROMEDIO	1.70 g/cm ³		
DOSIFICACION DE ADITIVO SUELO TIPO A-2-4			
DOSIFICACION DE ADITIVO	PESO MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA	VOLUMEN ADITIVO
0.25 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	0.81 cm ³
0.30 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	0.97 cm ³
0.35 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	1.13 cm ³
0.40 l/m ³	5500.00 g	3236.23 cm ³	1.29 cm ³

PESO UNITARIO SUELTO SECO SUELO TIPO A6			
DESCRIPCION	E1	E2	E3
PESO MOLDE	6256.00 g	6256.00 g	6256.00 g
PESO MOLDE + MUESTRA	9327.00 g	9264.00 g	9305.00 g
PESO MUESTRA	3071.00 g	3008.00 g	3049.00 g
VOLUMEN MOLDE	2104.70 cm ³	2104.70 cm ³	2104.70 cm ³
PESU UNITARIO	1.46 g/cm ³	1.43 g/cm ³	1.45 g/cm ³
PROMEDIO	1.45 g/cm ³		
DOSIFICACION DE ADITIVO SUELO TIPO A6			
DOSIFICACION	PESO MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA	VOLUMEN ADITIVO
0.25 l/m ³	2500.00 g	1729.32 cm ³	0.43 cm ³
0.30 l/m ³	2500.00 g	1729.32 cm ³	0.52 cm ³
0.35 l/m ³	2500.00 g	1729.32 cm ³	0.61 cm ³
0.40 l/m ³	2500.00 g	1729.32 cm ³	0.69 cm ³

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	SIN ADITIVO	FECHA:	15/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"C"	T. ESTUFA (°C):	110	ALTURA MOLDE:	11.6	DIÁMETRO MOLDE (cm):	15.2
DENSIDAD HÚMEDA							
ENSAYO	1	2	3	4	5		
Nº de Capas	5	5	5	5	5		
Nº de Golpes por Capa	56	56	56	56	56		
Peso Húmedo+ Molde (g)	10901.00	11114.00	11189.00	11181.00	11056.00		
Peso Molde (g)	6257.00	6257.00	6257.00	6257.00	6257.00		
Peso Húmedo (g)	4644.00	4857.00	4932.00	4924.00	4799.00		
Volumen del Molde (cm³)	2104.90	2104.90	2104.90	2104.90	2104.90		
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.206	2.307	2.343	2.339	2.280		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
ENSAYO	1	2	3	4	5		
Peso Húmedo + Tara (g)	490.00 493.00	501.00 504.00	550.00 554.00	505.00 508.00	619.00 623.00		
Peso Seco + Tara (g)	478.00 481.00	482.00 485.00	524.00 528.00	477.00 480.00	577.00 581.00		
Peso Agua (g)	12.00 12.00	19.00 19.00	26.00 26.00	28.00 28.00	42.00 42.00		
Peso Tara (g)	49.00 45.50	56.91 55.30	56.00 56.30	49.38 49.10	64.00 65.30		
Peso Muestra Seca (g)	429.00 435.50	425.09 429.70	468.00 471.70	427.62 430.90	513.00 515.70		
Contenido de Humedad (%) parcial	2.80 2.76	4.47 4.42	5.56 5.51	6.55 6.50	8.19 8.14		
Contenido de Humedad (%)	2.78	4.45	5.53	6.52	8.17		
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.147	2.209	2.220	2.196	2.108		



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
2.22	5.19

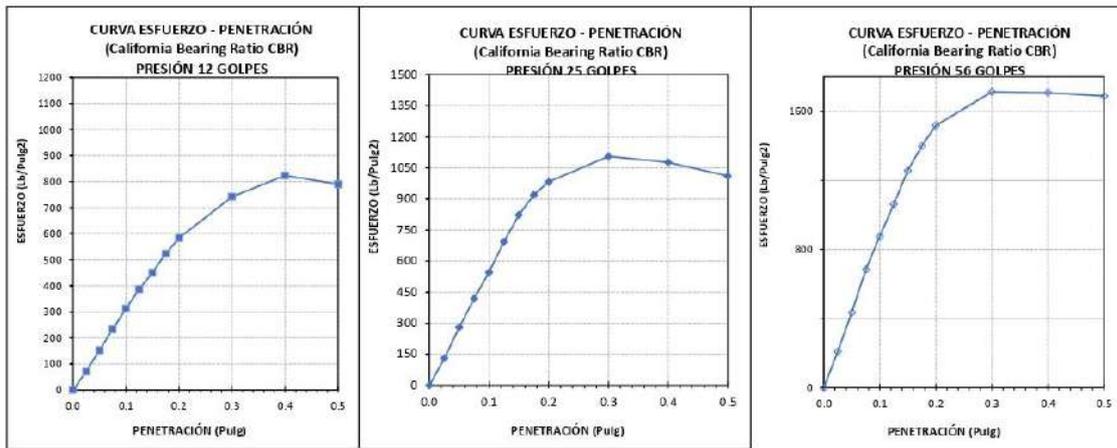
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	29/07/2024

COMPACTACIÓN C B R									
N° Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diámetro Molde (mm)	153.000		153.000		153.000				
N° Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12947.0	13136.0	13108.0	13148.0	13212.0	13286.0			
Peso Molde (g)	8433.0	8433.0	8425.0	8425.0	8284.0	8284.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4514.0	4703.0	4683.0	4723.0	4928.0	5002.0			
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.117	2.205	2.196	2.215	2.311	2.345			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	367.00	369.00	1411.00	443.00	445.00	1515.00	407.00	409.00	968.00
Peso Seco + Tara (g)	352.00	354.00	1313.00	424.00	426.00	1421.00	390.00	392.00	919.00
Peso Agua (g)	15.00	15.00	98.00	19.00	19.00	94.00	17.00	17.00	49.00
Peso Tara (g)	56.00	56.00	69.00	49.00	49.00	86.00	57.00	57.00	64.00
Peso Muestra Seca (g)	296.00	298.00	1244.00	375.00	377.00	1335.00	333.00	335.00	855.00
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	5.05%		7.88%	5.05%		7.04%	5.09%		5.73%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.015		2.044	2.090		2.069	2.199		2.218

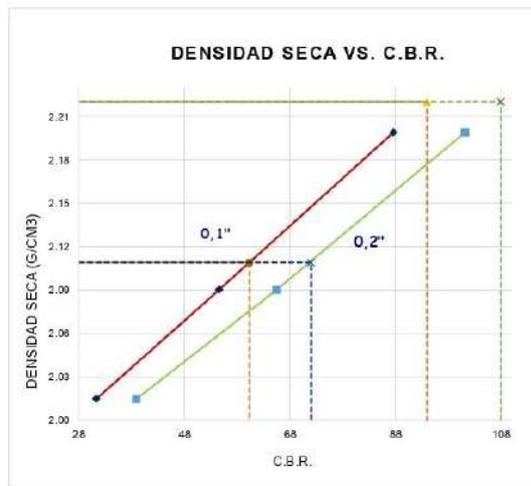
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	NO EXPANSIVO								
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIAMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:			19.635 cm ²		
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		ESFUERZO			ESFUERZO			ESFUERZO		
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	CARGA (kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	CARGA (kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	97.0	4.94	70.57	180.0	9.17	130.96	288.0	14.67	209.54
1.27	0.050	210.0	10.70	152.79	385.0	19.61	280.11	598.0	30.46	435.08
1.91	0.075	320.0	16.30	232.82	576.0	29.34	419.08	941.0	47.92	684.54
2.54	0.100	430.0	21.90	312.85	750.0	38.20	545.67	1204.0	61.32	875.99
3.18	0.125	532.0	27.09	387.06	954.0	48.59	694.10	1461.0	74.41	1062.97
3.81	0.150	620.0	31.58	451.09	1132.0	57.65	823.60	1728.0	88.01	1257.23
4.45	0.175	720.0	36.67	523.85	1264.0	64.37	919.64	1924.0	97.99	1399.84
5.08	0.200	802.0	40.85	583.51	1350.0	68.75	982.21	2086.0	106.24	1517.70
7.62	0.300	1020.0	51.95	742.12	1520.0	77.41	1105.90	2354.0	119.89	1712.69
10.16	0.400	1132.0	57.65	823.60	1480.0	75.38	1076.80	2347.0	119.53	1707.60
12.70	0.500	1086.0	55.31	790.14	1390.0	70.79	1011.32	2320.0	118.16	1687.95

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6"		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	29/07/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm3)	2.22
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	5.19



(*) Valores Corregidos

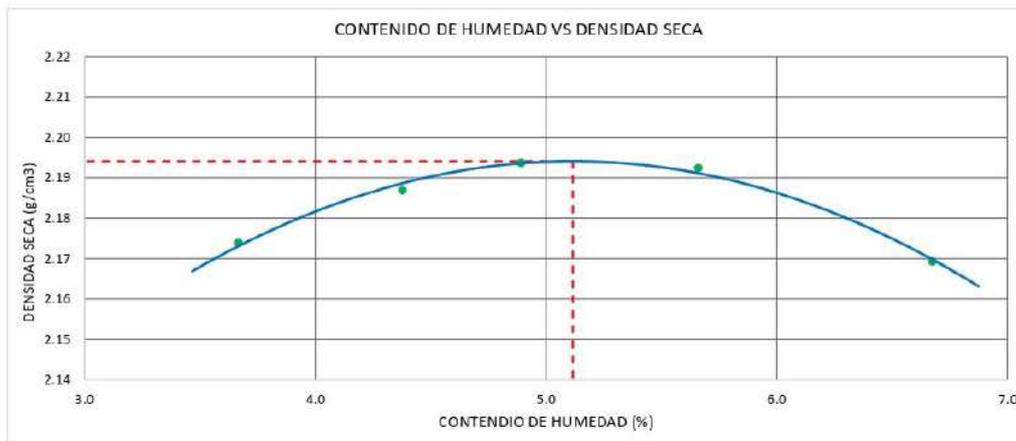
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0,1" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0,1" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	312.85	21.90	1000	31.29	2.015
PRESION 25 GOLPES	545.67	38.20	1000	54.57	2.090
PRESION 56 GOLPES	875.99	61.32	1000	87.60	2.199

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0,2" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0,2" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	583.51	40.85	1500	38.90	2.015
PRESION 25 GOLPES	982.21	68.75	1500	65.48	2.090
PRESION 56 GOLPES	1517.70	106.24	1500	101.18	2.199

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R. EN SUELO A2 SIN ADITIVO	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	60.38%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	94.06%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	72.12%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	108.16%

PROCTOR MODIFICADO			ASTM D1557 AASHTO T 180			
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."					
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLAONORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA					
EGRESADO:	BA. CH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD					
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2					
MUESTRA:	CON ADITIVO 0,25L/M3			FECHA:	16/07/2024	

MÉTODO DE ENSAYO	"C"		T. ESTUFA (°C)		110	ALTA RA MOLDE	11.6	DIÁMETRO MOLDE (cm)		15.1
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1		0		3		4		5	
Nº de Capas	5		5		5		5		5	
Nº de Golpes por Capa	55		55		55		55		55	
Peso Húmedo+ Molde (g)	11094.00		11126.00		11165.00		11198.00		11193.00	
Peso Molde (g)	6259.00		6259.00		6259.00		6259.00		6259.00	
Peso Humedo (g)	4805.00		4867.00		4906.00		4939.00		4934.00	
Volumen del Molde (cm³)	2132.14		2132.14		2132.14		2132.14		2132.14	
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.254		2.283		2.301		2.316		2.314	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1		2		3		4		5	
Peso Húmedo + Tara (g)	1019.00	1023.00	1224.00	1228.00	1215.00	1219.00	1373.00	1377.00	994.00	998.00
Peso Seco + Tara (g)	985.00	989.00	1175.00	1179.00	1162.00	1166.00	1304.00	1308.00	936.00	940.00
Peso Agua (g)	34.00	34.00	49.00	49.00	53.00	53.00	69.00	69.00	58.00	58.00
Peso Tara (g)	64.00	55.60	69.00	46.30	86.00	75.30	89.00	85.00	68.00	70.30
Peso Muestra Seca (g)	921.00	933.40	1106.00	1132.70	1076.00	1090.70	1215.00	1223.00	868.00	869.70
Contenido de Humedad (%) parcial	3.68	3.64	4.43	4.33	4.93	4.85	5.68	5.64	6.68	6.67
Contenido de Humedad (%)	3.67		4.38		4.89		5.66		6.68	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.174		2.187		2.194		2.192		2.169	



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
2.19	5.12

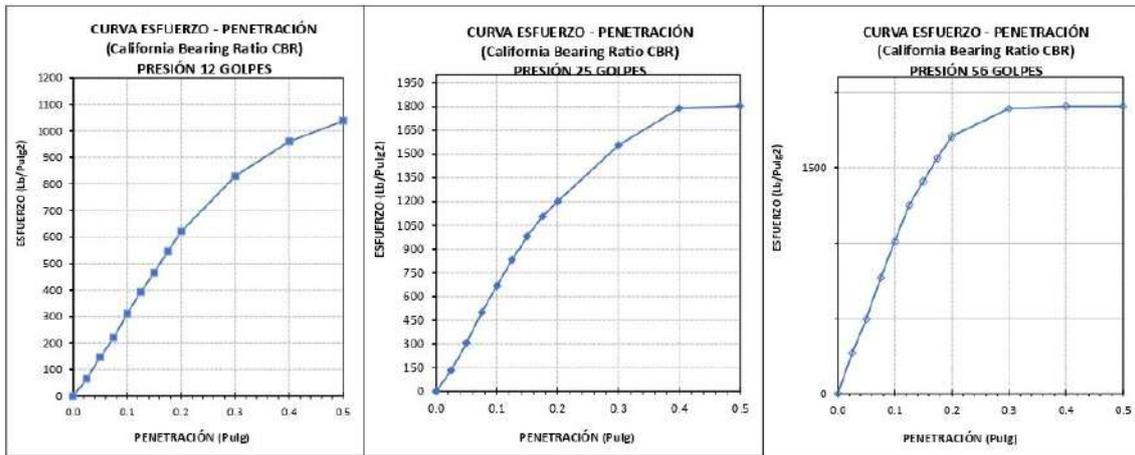
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."			
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA			
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD			
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2			
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.25L/M3	FECHA:	03/08/2024	

COMPACTACION CBR									
Nº Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diámetro Molde (mm)	153.000		153.000		153.000				
Nº Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12942.0	13075.0	13089.0	13192.0	13368.0	13418.0			
Peso Molde (g)	8362.0	8362.0	8346.0	8346.0	8433.0	8433.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4580.0	4713.0	4743.0	4846.0	4935.0	4985.0			
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.148	2.210	2.224	2.272	2.314	2.337			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA Nº	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	473.00	475.00	1332.00	475.00	477.00	926.00	391.00	393.00	1017.00
Peso Seco + Tara (g)	453.00	455.00	1248.00	455.00	457.00	872.00	374.00	376.00	966.00
Peso Agua (g)	20.00	20.00	84.00	20.00	20.00	54.00	17.00	17.00	51.00
Peso Tara (g)	57.00	57.00	86.00	56.00	56.00	64.00	49.00	49.00	69.00
Peso Muestra Seca (g)	396.00	398.00	1162.00	399.00	401.00	808.00	325.00	327.00	897.00
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	5.04%		7.23%	5.00%		6.68%	5.21%		5.69%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.045		2.061	2.118		2.130	2.198		2.212

ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0									
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									
NO EXPANSIVO										

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			19.635 cm ²					
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	89.0	4.53	64.75	184.0	9.37	133.87	370.0	18.84	269.20
1.27	0.050	201.0	10.24	146.24	421.0	21.44	306.31	680.0	34.63	494.74
1.91	0.075	302.0	15.38	219.72	687.0	34.99	499.84	1058.0	53.88	769.76
2.54	0.100	428.0	21.80	311.40	918.0	46.75	667.91	1389.0	70.74	1010.59
3.18	0.125	540.0	27.50	392.89	1145.0	58.31	833.06	1720.0	87.60	1251.41
3.81	0.150	640.0	32.59	465.64	1348.0	68.65	980.76	1935.0	98.55	1407.84
4.45	0.175	750.0	38.20	545.67	1520.0	77.41	1105.90	2150.0	109.50	1564.27
5.08	0.200	854.0	43.49	621.34	1650.0	84.03	1200.48	2347.0	119.53	1707.60
7.62	0.300	1140.0	58.06	829.42	2140.0	108.99	1556.99	2600.0	132.42	1891.67
10.16	0.400	1320.0	67.23	960.39	2460.0	125.29	1789.81	2620.0	133.44	1906.22
12.70	0.500	1426.5	72.65	1037.87	2480.0	126.31	1804.36	2620.0	133.44	1906.22

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."			
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA			
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD			
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2			
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.25L/M3	FECHA:	03/08/2024	



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	2.19
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :	5.12

(*) Valores Corregidos

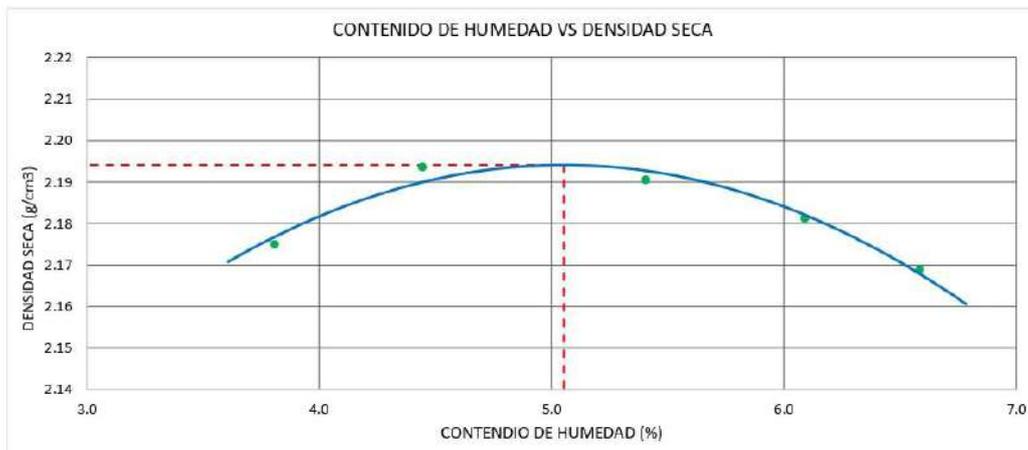
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	311.40	21.80	1000	31.14	2.045
PRESION 25 GOLPES	667.91	46.75	1000	66.79	2.118
PRESION 56 GOLPES	1010.59	70.74	1000	101.06	2.199

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	621.34	43.49	1500	41.42	2.045
PRESION 25 GOLPES	1200.48	84.03	1500	80.03	2.118
PRESION 56 GOLPES	1707.60	119.53	1500	113.84	2.199

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	49.97%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	98.41%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,2")=	61.82%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,2")=	111.23%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	15/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"C"	T. ESTUFA (°C) :		110	ALTURA MOLDE:	116	DIÁMETRO MOLDE (cm) :		15.2	
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	55	55	55	55	55					
Peso Húmedo+ Molde (g)	11073.00	11144.00	11182.00	11193.00	11188.00					
Peso Molde (g)	6259.00	6259.00	6259.00	6259.00	6259.00					
Peso Húmedo (g)	4814.00	4885.00	4923.00	4934.00	4929.00					
Volumen del Molde (cm³)	2132.14	2132.14	2132.14	2132.14	2132.14					
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.258	2.291	2.309	2.314	2.312					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	852.00	856.00	983.00	987.00	922.00	926.00	1252.00	1256.00	939.00	943.00
Peso Seco + Tara (g)	823.00	827.00	944.00	948.00	879.00	883.00	1185.00	1189.00	885.00	889.00
Peso Agua (g)	29.00	29.00	39.00	39.00	43.00	43.00	67.00	67.00	54.00	54.00
Peso Tara (g)	64.00	63.00	69.00	68.00	86.00	85.00	89.00	85.00	68.00	66.00
Peso Muestra Seca (g)	759.00	764.00	875.00	880.00	793.00	798.00	1096.00	1104.00	817.00	823.00
Contenido de Humedad (%) parcial	3.82	3.80	4.46	4.43	5.42	5.39	6.11	6.07	6.61	6.56
Contenido de Humedad (%)	3.81	4.44	5.41	6.09	6.59					
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.175	2.194	2.191	2.181	2.169					



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
2.19	5.05

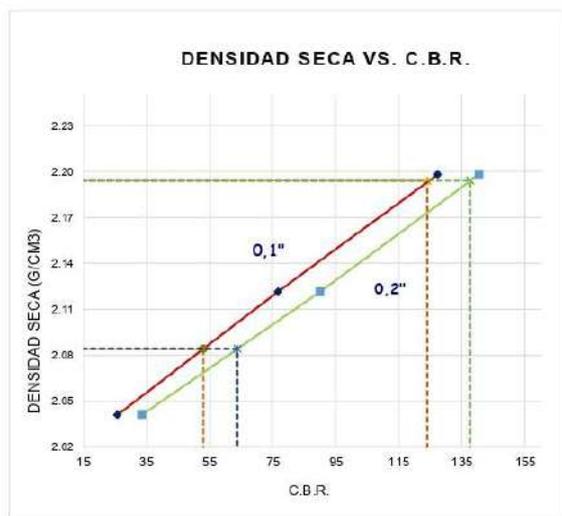
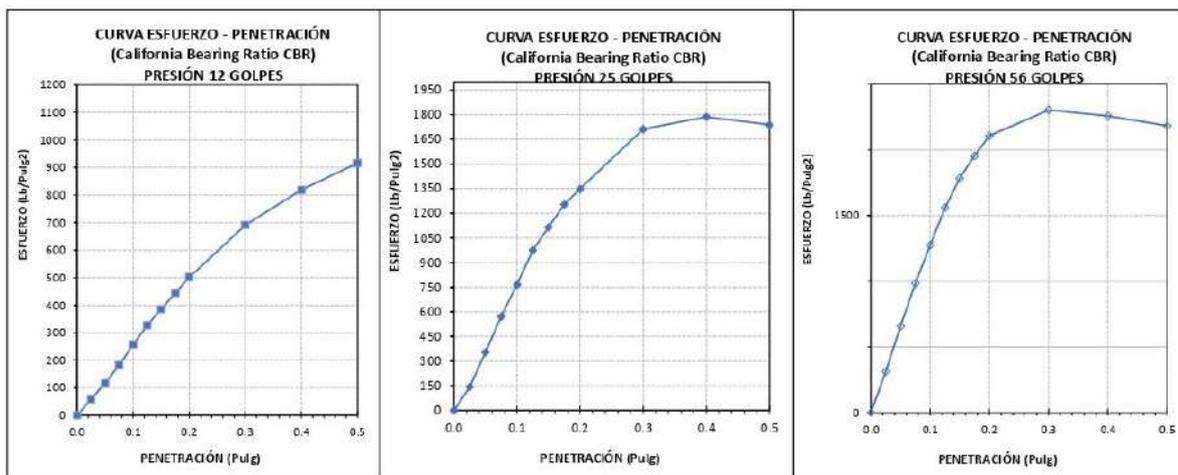
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	06/08/2024

COMPACTACIÓN C B R										
Nº Golpes por Capa	12		25		56					
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000					
Diámetro Molde (mm)	153.000		153.000		153.000					
Nº Capas	5		5		5					
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS				
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12928.0	13068.0	13081.0	13185.0	13362.0	13410.0				
Peso Molde (g)	8362.0	8362.0	8346.0	8346.0	8433.0	8433.0				
Peso de Muestra Húmeda (g)	4566.0	4706.0	4735.0	4839.0	4929.0	4977.0				
Volumen del Molde (cm3)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70				
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.141	2.207	2.220	2.269	2.311	2.334				
CONTENIDO DE HUMEDAD										
TARA Nº	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	463.00	465.00	1332.00	483.00	485.00	926.00	396.00	398.00	1017.00	
Peso Seco + Tara (g)	444.00	446.00	1248.00	464.00	466.00	872.00	379.00	381.00	966.00	
Peso Agua (g)	19.00	19.00	84.00	19.00	19.00	54.00	17.00	17.00	51.00	
Peso Tara (g)	57.00	57.00	86.00	56.00	56.00	64.00	49.00	49.00	69.00	
Peso Muestra Seca (g)	387.00	389.00	1162.00	408.00	410.00	808.00	330.00	332.00	897.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.90%		7.23%		4.66%		6.68%		5.15%	
DENSIDAD SECA (g/cm3)	2.041		2.058		2.121		2.127		2.198	

ENSAYO DE EXPANSIÓN								
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES		PRESIÓN 25 GOLPES		PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN	LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN	LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	
0	0	NO EXPANSIVO						
24	1							
48	2							
72	3							
96	4							

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			19.635 cm2					
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
(mm)	(pu/g)	ESFUERZO			ESFUERZO			ESFUERZO		
		CARGA (kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)	CARGA (kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)	CARGA (kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	80.0	4.07	58.21	198.0	10.08	144.06	432.0	22.00	314.31
1.27	0.050	160.0	8.15	116.41	487.0	24.80	354.32	903.0	45.99	656.99
1.91	0.075	250.0	12.73	181.89	787.0	40.08	572.59	1354.0	68.96	985.12
2.54	0.100	350.0	18.03	257.56	1054.0	53.68	766.85	1750.0	89.13	1273.24
3.18	0.125	450.0	22.92	327.40	1342.0	68.35	976.39	2141.0	109.04	1557.72
3.81	0.150	530.0	27.02	385.97	1534.0	78.13	1116.09	2451.0	124.83	1783.26
4.45	0.175	611.0	31.12	444.54	1724.0	87.80	1254.32	2684.0	136.69	1952.79
5.08	0.200	690.0	35.14	502.02	1854.0	94.42	1348.91	2895.0	147.44	2106.30
7.62	0.300	950.0	48.38	691.19	2354.0	119.89	1712.69	3164.0	161.14	2302.02
10.16	0.400	1125.0	57.30	818.51	2456.0	125.08	1786.90	3102.0	157.98	2256.91
12.70	0.500	1259.0	64.12	916.00	2390.0	121.72	1738.88	3000.0	152.79	2182.70

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	08/08/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	2.19
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :	5.05

(*) Valores Corregidos

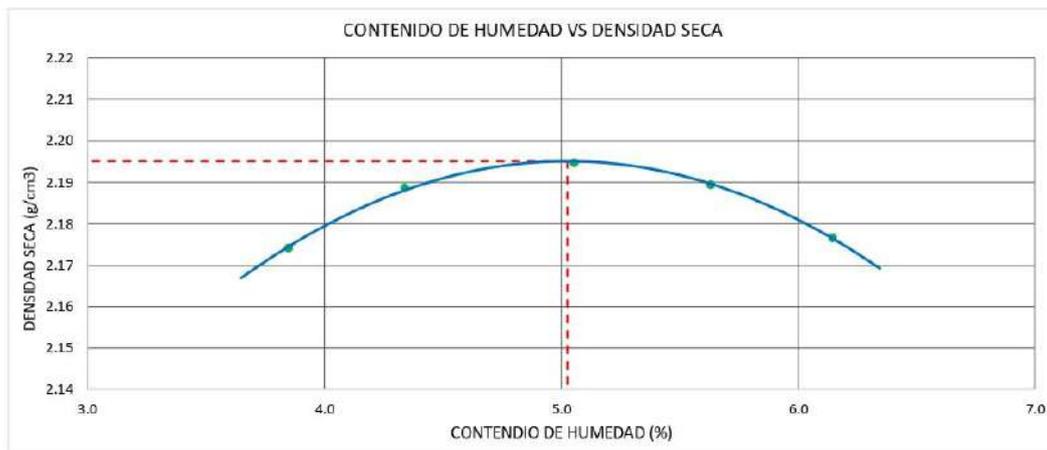
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	257.56	18.03	1000	25.76	2.041
PRESION 25 GOLPES	766.85	53.68	1000	76.69	2.121
PRESION 56 GOLPES	1273.24	89.13	1000	127.32	2.198

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	502.02	35.14	1500	33.47	2.041
PRESION 25 GOLPES	1348.91	94.42	1500	89.93	2.121
PRESION 56 GOLPES	2106.30	147.44	1500	140.42	2.198

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	53.18%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	124.72%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	63.87%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	137.83%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	CON ADITIVO 0.35L/M3	FECHA:	17/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"C"		T. ESTUFA (°C) :		110	ALTURA MOLDE:	116	DIÁMETRO MOLDE (cm) :		15.2
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1		2		3		4		5	
N° de Capas	5		5		5		5		5	
N° de Golpes por Capa	55		55		55		55		55	
Peso Húmedo+ Molde (g)	11073.00		11128.00		11175.00		11190.00		11185.00	
Peso Molde (g)	6259.00		6259.00		6259.00		6259.00		6259.00	
Peso Húmedo (g)	4814.00		4869.00		4916.00		4931.00		4926.00	
Volumen del Molde (cm³)	2132.14		2132.14		2132.14		2132.14		2132.14	
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.258		2.284		2.306		2.313		2.310	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1		2		3		4		5	
Peso Húmedo + Tara (g)	979.00	983.00	1245.00	1249.00	1206.00	1210.00	1362.00	1366.00	981.00	985.00
Peso Seco + Tara (g)	945.00	949.00	1196.00	1200.00	1152.00	1155.00	1294.00	1298.00	928.00	932.00
Peso Agua (g)	34.00	34.00	49.00	49.00	54.00	54.00	68.00	68.00	53.00	53.00
Peso Tara (g)	64.00	63.00	69.00	68.00	86.00	85.00	89.00	88.00	68.00	67.00
Peso Muestra Seca (g)	881.00	886.00	1127.00	1132.00	1066.00	1071.00	1205.00	1210.00	860.00	865.00
Contenido de Humedad (%) parcial	3.86	3.84	4.35	4.33	5.07	5.04	5.64	5.62	6.16	6.13
Contenido de Humedad (%)	3.85		4.34		5.05		5.63		6.14	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.174		2.189		2.195		2.189		2.177	



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
2.20	5.03

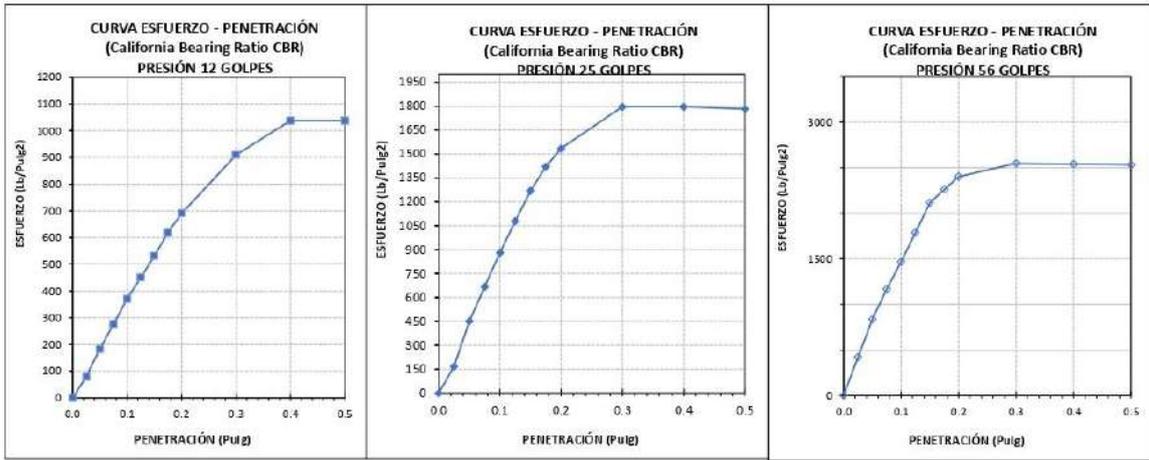
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."			
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA			
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD			
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2			
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.35L/M3	FECHA:	13/08/2024	

COMPACTACION C B R									
N° Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diámetro Molde (mm)	153.000		153.000		153.000				
N° Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12931.0	13066.0	13080.0	13184.0	13360.0	13409.0			
Peso Molde (g)	8362.0	8362.0	8346.0	8346.0	8433.0	8433.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4569.0	4704.0	4734.0	4838.0	4927.0	4976.0			
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.142	2.206	2.220	2.268	2.310	2.333			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	463.00	465.00	1332.00	483.00	485.00	926.00	396.00	398.00	1017.00
Peso Seco + Tara (g)	444.00	446.00	1248.00	464.00	466.00	872.00	379.00	381.00	956.00
Peso Agua (g)	19.00	19.00	84.00	19.00	19.00	54.00	17.00	17.00	51.00
Peso Tara (g)	57.00	57.00	86.00	55.00	56.00	64.00	49.00	49.00	69.00
Peso Muestra Seca (g)	387.00	389.00	1162.00	408.00	410.00	808.00	330.00	332.00	897.00
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.90%		7.23%	4.65%		6.68%	5.14%		5.69%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.042		2.057	2.121		2.126	2.197		2.208

ENSAYO DE EXPANSION										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	NO EXPANSIVO								
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm		ÁREA DEL PISTÓN:						19.635 cm ²
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
(mm)	(pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (Kg)	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	109.5	5.58	79.67	230.1	11.72	167.41	578.0	29.44	420.53
1.27	0.050	251.3	12.80	182.84	620.0	31.58	451.09	1147.0	58.42	834.52
1.91	0.075	380.0	19.35	276.47	916.3	46.67	666.67	1605.0	81.74	1167.74
2.54	0.100	510.0	25.97	371.06	1210.0	61.62	880.35	2014.0	102.57	1465.32
3.18	0.125	620.0	31.58	451.09	1484.0	75.58	1079.71	2456.0	125.08	1786.90
3.81	0.150	730.0	37.18	531.12	1745.0	88.87	1269.60	2905.0	147.95	2113.58
4.45	0.175	850.0	43.29	618.43	1953.0	99.47	1420.94	3105.0	158.14	2259.09
5.08	0.200	950.0	48.38	691.19	2110.0	107.46	1535.16	3300.0	168.07	2400.97
7.62	0.300	1250.0	63.66	909.46	2470.1	125.80	1797.16	3500.0	178.25	2546.48
10.16	0.400	1426.5	72.65	1037.87	2470.1	125.80	1797.16	3489.0	177.69	2538.48
12.70	0.500	1426.5	72.65	1037.87	2450.0	124.78	1782.54	3478.0	177.13	2530.47

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZIME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.35L/M3	FECHA:	13/08/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm3)	2.200
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	5.03

(*) Valores Corregidos

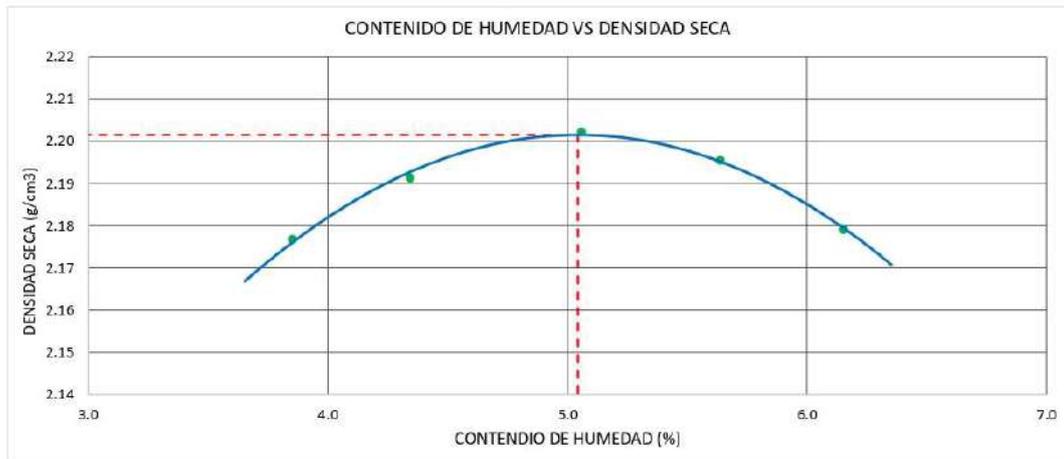
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	371.06	25.97	1000	37.11	2.042
PRESION 25 GOLPES	880.35	61.62	1000	88.04	2.121
PRESION 56 GOLPES	1465.32	102.57	1000	146.53	2.197

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	691.19	48.38	1500	46.08	2.042
PRESION 25 GOLPES	1535.16	107.46	1500	102.34	2.121
PRESION 56 GOLPES	2400.97	168.07	1500	160.06	2.197

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	67.89%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	148.56%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	80.09%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	162.06%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	EADH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	CON ADITIVO 0.40L/M3	FECHA:	18/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"C"		T. ESTUFA (°C) :		110	ALTIMETRO MOLDE:	11.6	DIÁMETRO MOLDE (cm) :	15.1	
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1		2		3		4		5	
N° de Capas	5		5		5		5		5	
N° de Golpes por Capa	55		55		55		55		55	
Peso Húmedo+ Molde (g)	11079.00		11134.00		11192.00		11204.00		11191.00	
Peso Molde (g)	6259.00		6259.00		6259.00		6259.00		6259.00	
Peso Húmedo (g)	4820.00		4875.00		4933.00		4945.00		4932.00	
Volumen del Molde (cm³)	2132.14		2132.14		2132.14		2132.14		2132.14	
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.261		2.286		2.314		2.319		2.313	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1		2		3		4		5	
Peso Húmedo + Tara (g)	979.00	983.00	1245.00	1249.00	1206.00	1210.00	1362.00	1366.00	981.00	985.00
Peso Seco + Tara (g)	945.00	949.00	1196.00	1200.00	1152.00	1156.00	1294.00	1298.00	928.00	932.00
Peso Agua (g)	34.00	34.00	49.00	49.00	54.00	54.00	68.00	68.00	53.00	53.00
Peso Tara (g)	64.00	65.00	69.00	71.00	86.00	87.00	89.00	91.00	68.00	69.00
Peso Muestra Seca (g)	881.00	884.00	1127.00	1129.00	1066.00	1069.00	1205.00	1207.00	860.00	863.00
Contenido de Humedad (%) parcial	3.86	3.85	4.35	4.34	5.07	5.05	5.64	5.63	6.16	6.14
Contenido de Humedad (%)	3.85		4.34		5.06		5.64		6.15	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.177		2.191		2.202		2.195		2.179	



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
2.20	5.04

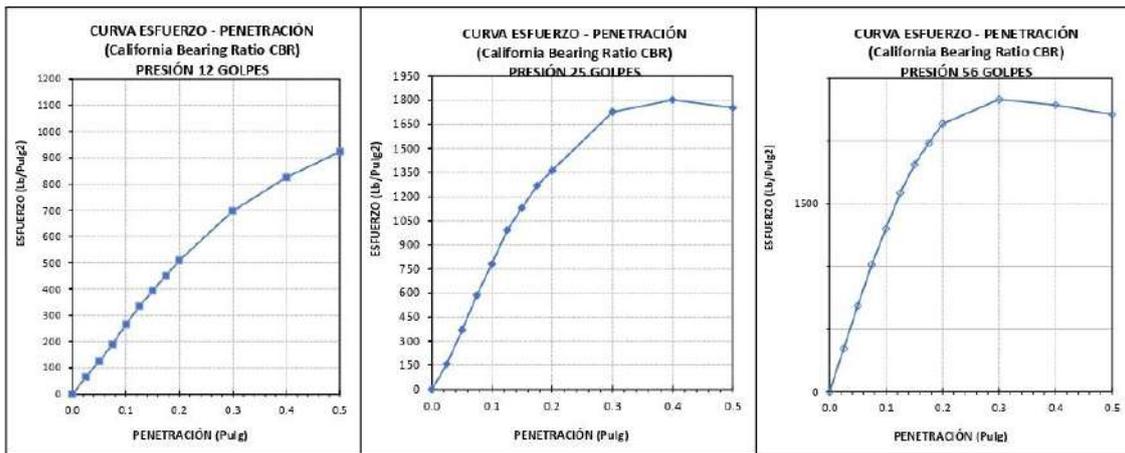
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D 1883 AASHTO T 193			
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."					
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA					
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD					
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2					
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.40L/M3			FECHA:	19/08/2024	

COMPACTACIÓN C B R									
N° Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diámetro Molde (mm)	153.000		153.000		153.000				
N° Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12905.0	13075.0	13103.0	13199.0	13356.0	13411.0			
Peso Molde (g)	8356.0	8356.0	8347.0	8347.0	8439.0	8439.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4549.0	4719.0	4756.0	4852.0	4917.0	4972.0			
Volumen del Molde (cm3)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.133	2.213	2.230	2.275	2.305	2.331			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	477.00	479.00	1379.00	596.00	598.00	1272.00	495.00	497.00	1188.00
Peso Seco + Tara (g)	458.00	460.00	1276.00	572.00	574.00	1195.00	476.00	478.00	1125.00
Peso Agua (g)	19.00	19.00	103.00	24.00	24.00	77.00	19.00	19.00	63.00
Peso Tara (g)	49.00	49.00	85.00	56.00	56.00	64.00	57.00	57.00	59.00
Peso Muestra Seca (g)	409.00	411.00	1191.00	516.00	518.00	1131.00	419.00	421.00	1055.00
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.63%		8.65%	4.64%		6.81%	4.52%		5.97%
DENSIDAD SECA (g/cm3)	2.039		2.037	2.131		2.130	2.206		2.200

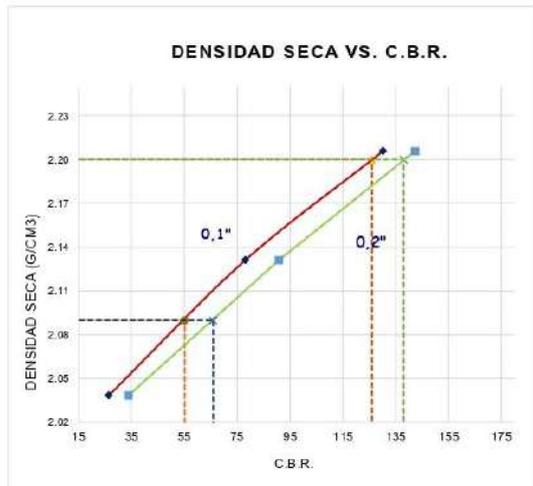
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMÍMETRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0									
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									
NO EXPANSIVO										

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:				19.635 cm ²	
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	90.0	4.58	65.48	218.0	11.10	158.61	472.0	24.04	343.41
1.27	0.050	170.0	8.56	123.69	507.0	25.82	368.88	943.0	48.03	686.09
1.91	0.075	260.0	13.24	189.17	807.0	41.10	587.15	1394.0	71.00	1014.23
2.54	0.100	364.0	18.54	264.83	1074.0	54.70	781.41	1790.0	91.16	1302.34
3.18	0.125	460.0	23.43	334.68	1362.0	69.37	990.94	2181.0	111.08	1586.82
3.81	0.150	540.5	27.53	393.25	1554.0	79.14	1130.64	2491.0	126.87	1812.37
4.45	0.175	621.0	31.63	451.82	1744.0	88.82	1268.87	2724.0	138.73	1981.89
5.08	0.200	700.0	35.65	509.30	1874.0	95.44	1363.46	2935.0	149.48	2135.40
7.62	0.300	960.0	48.89	698.46	2374.0	120.91	1727.24	3204.0	163.18	2331.12
10.16	0.400	1135.0	57.81	825.79	2475.0	126.10	1801.45	3142.0	160.02	2286.01
12.70	0.500	1269.0	64.63	923.28	2410.0	122.74	1753.43	3040.0	154.83	2211.80

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESES:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A2		
MUESTRA:	M-1 SUELO NATURAL CON ADITIVO 0.40L/M3	FECHA:	19/08/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³)	2.200
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	5.04



(*) Valores Corregidos

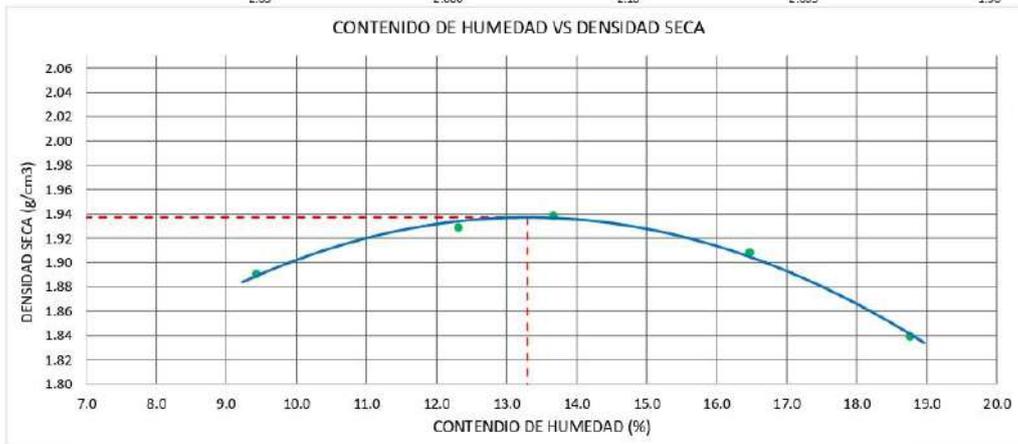
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	264.83	18.54	1000	26.48	2.039
PRESION 25 GOLPES	781.41	54.70	1000	78.14	2.131
PRESION 56 GOLPES	1302.34	91.16	1000	130.23	2.206

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	509.30	35.65	1500	33.95	2.039
PRESION 25 GOLPES	1363.46	95.44	1500	90.90	2.131
PRESION 56 GOLPES	2135.40	149.48	1500	142.36	2.206

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	55.21%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	126.23%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	65.62%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	138.4%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZyme PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	MUESTRA SIN ADITIVO	FECHA:	22/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"A"	T. ESTUFA (°C):	110	DIÁMETRO MOLDE (cm):	10.2					
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	56	56	56	56	56					
Peso Húmedo+ Molde (g)	5695.00	5787.00	5822.00	5840.00	5804.00					
Peso Molde (g)	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00					
Peso Húmedo (g)	1953.00	2045.00	2080.00	2098.00	2062.00					
Volumen del Molde (cm³)	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00					
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.069	2.166	2.203	2.222	2.184					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	1379.00	1383.00	1415.00	1419.00	1706.00	1710.00	1619.00	1623.00	954.00	958.00
Peso Seco + Tara (g)	1268.00	1272.00	1271.00	1275.00	1511.00	1515.00	1402.00	1406.00	813.00	817.00
Peso Agua (g)	111.00	111.00	144.00	144.00	195.00	195.00	217.00	217.00	141.00	141.00
Peso Tara (g)	92.00	93.00	103.00	104.00	88.00	85.00	87.00	85.00	64.00	63.00
Peso Muestra Seca (g)	1176.00	1179.00	1168.00	1171.00	1423.00	1430.00	1315.00	1320.00	749.00	754.00
Contenido de Humedad (%) parcial	9.44	9.41	12.33	12.30	13.70	13.64	16.50	16.44	18.83	18.70
Contenido de Humedad (%)	9.43		12.31		13.67		16.47		18.76	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.891		1.929		1.938		1.908		1.839	



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
1.94	13.30

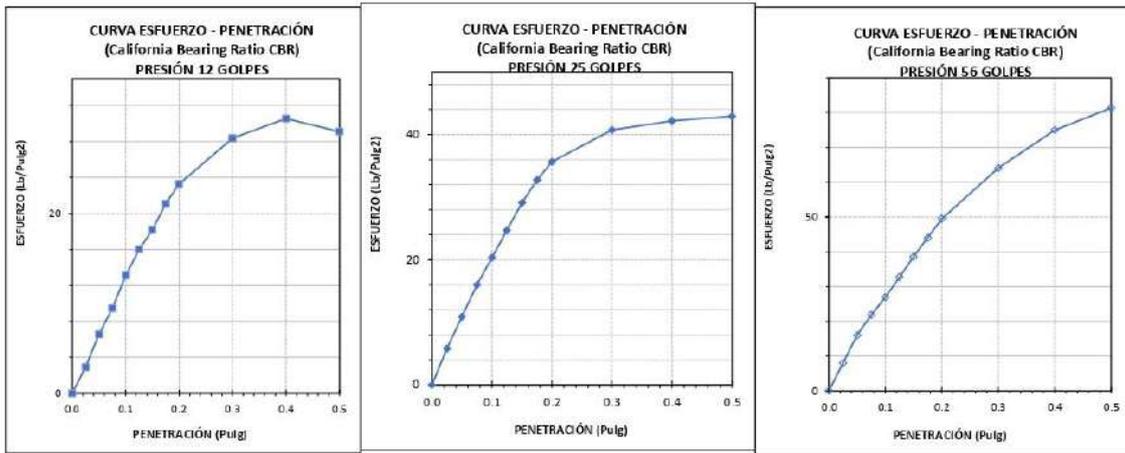
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	M-2 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	24/08/2024

COMPACTACIÓN C B R										
N° Golpes por Capa	12		25		56					
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000					
Díametro (mm)	153.000		153.000		153.000					
N° Capas	5		5		5					
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS				
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12642.0	13005.0	12746.0	13074.0	13182.0	13286.0				
Peso Molde (g)	8426.0	8426.0	8286.0	8434.0	8434.0	8434.0				
Peso de Muestra Húmeda (g)	4216.0	4579.0	4460.0	4788.0	4748.0	4852.0				
Volumen del Molde (cm3)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70				
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.977	2.147	2.091	2.245	2.225	2.275				
CONTENIDO DE HUMEDAD										
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	434.00	436.00	490.00	406.00	408.00	725.00	357.00	359.00	435.00	
Peso Seco + Tara (g)	386.00	388.00	423.00	362.00	364.00	623.00	317.00	319.00	376.00	
Peso Agua (g)	48.00	48.00	67.00	44.00	44.00	102.00	40.00	40.00	59.00	
Peso Tara (g)	28.29	28.29	49.38	29.83	29.83	56.91	28.62	28.62	55.99	
Peso Muestra Seca (g)	357.71	359.71	373.62	332.17	334.17	566.09	288.38	290.38	320.01	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	13.38%		17.93%		13.21%		18.02%		13.82%	
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.744		1.821		1.847		1.902		1.956	

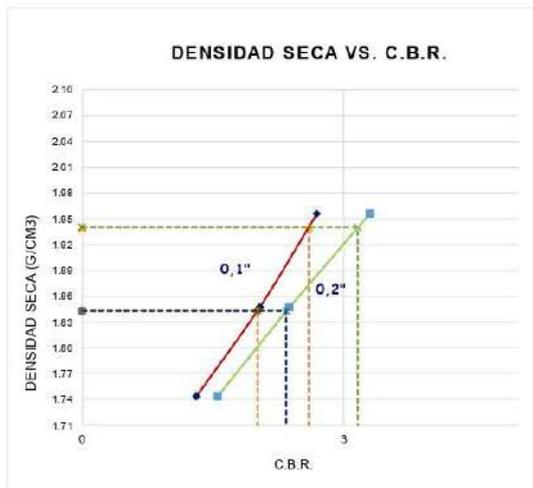
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%
24	1	45.000	0.450	0.39%	36.000	0.360	0.31%	10.000	0.100	0.09%
48	2	85.000	0.850	0.73%	59.000	0.590	0.51%	20.000	0.200	0.17%
72	3	120.000	1.200	1.03%	78.000	0.780	0.67%	25.000	0.250	0.22%
96	4	153.000	1.530	1.32%	91.000	0.910	0.78%	30.000	0.300	0.26%

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
DIAMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			19.635 cm2					
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)		(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)		(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)		(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	4.0	0.20	2.91	8.0	0.41	5.82	11.0	0.56	8.00
1.27	0.050	9.0	0.46	6.55	15.0	0.76	10.91	22.0	1.12	16.01
1.91	0.075	13.0	0.66	9.46	22.0	1.12	16.01	30.0	1.53	21.83
2.54	0.100	18.0	0.92	13.10	28.0	1.43	20.37	37.0	1.88	26.92
3.18	0.125	22.0	1.12	16.01	34.0	1.73	24.74	45.0	2.29	32.74
3.81	0.150	25.0	1.27	18.19	40.0	2.04	29.10	53.0	2.70	38.56
4.45	0.175	29.0	1.48	21.10	45.0	2.29	32.74	60.5	3.08	44.02
5.08	0.200	32.0	1.63	23.28	49.0	2.50	35.65	68.0	3.46	49.47
7.62	0.300	39.0	1.99	28.38	56.0	2.85	40.74	83.0	4.48	64.03
10.16	0.400	42.0	2.14	30.56	58.0	2.95	42.20	103.0	5.25	74.94
12.70	0.500	40.0	2.04	29.10	59.0	3.00	42.93	111.8	5.69	81.34

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	M-2 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	24/08/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³)	1.940
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	13.30



(*) Valores Corregidos

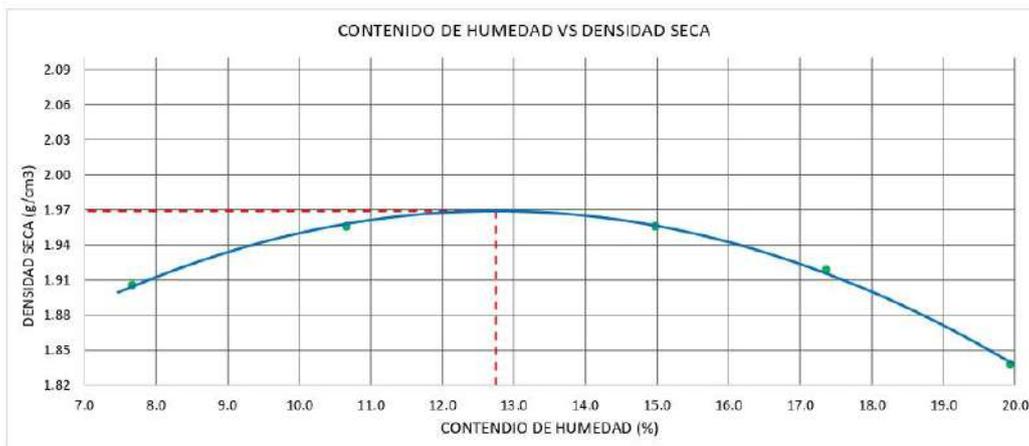
Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	13.10	0.92	1000	1.31	1.744
PRESION 25 GOLPES	20.37	1.43	1000	2.04	1.847
PRESION 56 GOLPES	26.92	1.88	1000	2.69	1.956

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	23.28	1.63	1500	1.55	1.744
PRESION 25 GOLPES	35.65	2.50	1500	2.38	1.847
PRESION 56 GOLPES	49.47	3.46	1500	3.30	1.956

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.01%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	2.6%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	2.34%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,2")=	3.16%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TEJIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.25L/M3	FECHA:	22/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"A"	T. ESTUFA (°C) :		110	DIÁMETRO MOLDE (cm) :				10.2	
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
Peso Húmedo+ Molde (g)	5679.00	5785.00	5865.00	5868.00	5823.00					
Peso Molde (g)	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00					
Peso Húmedo (g)	1937.00	2043.00	2123.00	2126.00	2081.00					
Volumen del Molde (cm³)	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00					
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.052	2.164	2.249	2.252	2.204					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	416.00	420.00	501.00	505.00	491.00	495.00	602.00	606.00	590.00	594.00
Peso Seco + Tara (g)	388.00	392.00	458.00	462.00	434.00	438.00	520.00	524.00	501.00	505.00
Peso Agua (g)	28.00	28.00	43.00	43.00	57.00	57.00	82.00	82.00	89.00	89.00
Peso Tara (g)	25.53	24.25	56.91	56.42	55.99	54.95	49.38	50.10	56.21	57.12
Peso Muestra Seca (g)	362.47	367.75	401.09	405.58	378.01	383.05	470.62	473.90	444.79	447.88
Contenido de Humedad (%) parcial	7.72	7.61	10.72	10.60	15.08	14.88	17.42	17.30	20.01	19.87
Contenido de Humedad (%)	7.67	10.66	14.98	17.36	19.94					
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.906	1.956	1.956	1.919	1.838					



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
1.97	12.75

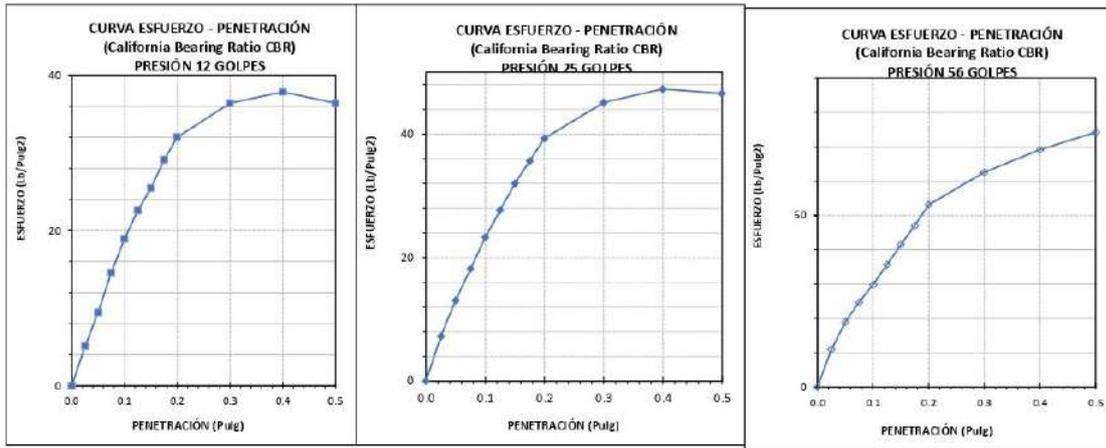
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D 1883 AASHTO T 193		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."				
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA				
SOLICITANTE:	BACH AGUIRRE TRIGOSO RICHARD				
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6				
MUESTRA:	M-2 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	29/08/2024		

COMPACTACIÓN C B R									
Nº Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diametro (mm)	153.000		153.000		153.000				
Nº Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12642.0	13005.0	12746.0	13073.0	13245.0	13284.0			
Peso Molde (g)	8426.0	8426.0	8286.0	8286.0	8434.0	8434.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4216.0	4579.0	4460.0	4787.0	4811.0	4850.0			
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.977	2.147	2.091	2.245	2.256	2.274			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA Nº	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	429.00	431.00	487.00	401.00	403.00	716.00	353.00	355.00	431.00
Peso Seco + Tara (g)	383.00	385.00	422.00	358.00	360.00	623.00	316.00	318.00	375.00
Peso Agua (g)	46.00	46.00	65.00	43.00	43.00	93.00	37.00	37.00	56.00
Peso Tara (g)	28.29	28.29	49.38	29.83	29.83	56.91	28.62	28.62	55.99
Peso Muestra Seca (g)	354.71	356.71	372.62	328.17	330.17	566.09	287.38	289.38	319.01
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	12.93%	17.44%	13.06%	16.43%	16.43%	12.80%	12.80%	17.55%	17.55%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.750	1.828	1.850	1.928	1.928	1.999	1.999	1.935	1.935

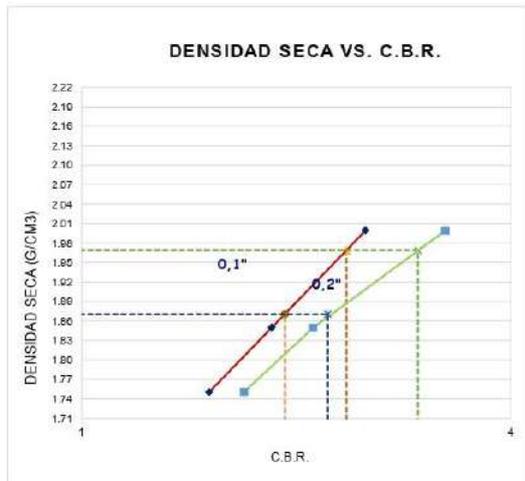
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%
24	1	42.000	0.420	0.36%	33.000	0.330	0.28%	9.000	0.090	0.08%
48	2	81.000	0.810	0.70%	64.000	0.640	0.47%	18.000	0.180	0.16%
72	3	117.000	1.170	1.01%	76.000	0.760	0.60%	24.000	0.240	0.20%
96	4	128.000	1.280	1.10%	103.000	1.030	0.89%	28.000	0.280	0.24%

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:			19.635 cm ²		
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	7.0	0.35	5.09	10.0	0.51	7.28	15.0	0.76	10.91
1.27	0.050	13.0	0.66	9.46	18.0	0.92	13.10	26.0	1.32	18.92
1.91	0.075	20.0	1.02	14.55	25.0	1.27	18.19	34.0	1.73	24.74
2.54	0.100	26.0	1.32	18.92	32.0	1.63	23.28	41.0	2.09	29.83
3.18	0.125	31.0	1.58	22.55	38.0	1.94	27.65	49.0	2.50	35.65
3.81	0.150	35.0	1.78	25.46	44.0	2.24	32.01	57.0	2.90	41.47
4.45	0.175	40.0	2.04	29.10	49.0	2.50	35.65	64.7	3.29	47.04
5.08	0.200	44.0	2.24	32.01	54.0	2.75	39.29	73.0	3.72	53.11
7.62	0.300	50.0	2.55	36.38	62.0	3.16	45.11	86.0	4.38	62.57
10.16	0.400	52.0	2.65	37.83	65.0	3.31	47.29	95.0	4.84	69.12
12.70	0.500	50.0	2.55	36.38	64.0	3.26	46.56	102.0	5.19	74.21

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	M-2 SUELO NATURAL SIN ADITIVO	FECHA:	29/08/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	1.97
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :	12.75



(*) Valores Corregidos

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	18.92	1.32	1000	1.89	1.750
PRESION 25 GOLPES	23.28	1.63	1000	2.33	1.850
PRESION 56 GOLPES	29.83	2.09	1000	2.98	1.999

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	32.01	2.24	1500	2.13	1.750
PRESION 25 GOLPES	39.29	2.75	1500	2.62	1.850
PRESION 56 GOLPES	53.11	3.72	1500	3.54	1.999

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.42%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.85%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	2.72%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	3.35%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	23/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"A"	T. ESTUFA (°C) :	110	DIÁMETRO MOLDE (cm) :	10.2					
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
Peso Húmedo+ Molde (g)	5683.00	5790.00	5866.00	5872.00	5825.00					
Peso Molde (g)	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00					
Peso Húmedo (g)	1941.00	2048.00	2124.00	2130.00	2083.00					
Volumen del Molde (cm³)	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00					
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.056	2.169	2.250	2.256	2.207					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	413.00	417.00	500.00	504.00	487.00	491.00	595.00	599.00	590.00	594.00
Peso Seco + Tara (g)	384.00	388.00	455.00	459.00	429.00	433.00	516.00	520.00	501.00	505.00
Peso Agua (g)	29.00	29.00	45.00	45.00	58.00	58.00	79.00	79.00	89.00	89.00
Peso Tara (g)	25.53	26.05	56.91	57.10	55.99	56.30	49.38	50.12	56.21	57.22
Peso Muestra Seca (g)	358.47	361.95	398.09	401.90	373.01	376.70	466.62	469.88	444.79	447.78
Contenido de Humedad (%) parcial	8.09	8.01	11.30	11.20	15.55	15.40	16.93	16.81	20.01	19.88
Contenido de Humedad (%)	8.05	8.12	11.25	11.25	15.47	15.47	16.87	16.87	19.94	19.94
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.903	1.950	1.950	1.950	1.949	1.949	1.931	1.931	1.840	1.840



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
1.96	13.03

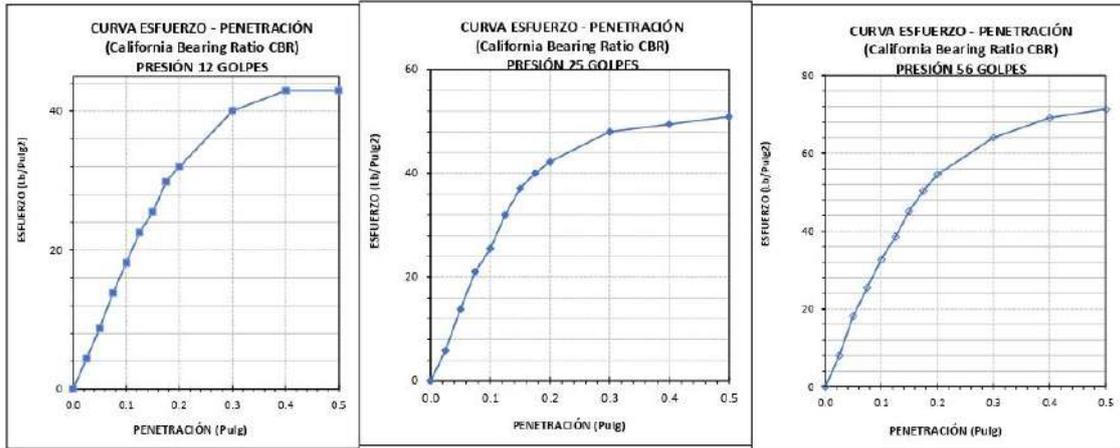
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193		
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZyme PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."			
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA			
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD			
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6			
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	03/09/2024	

COMPACTACIÓN CBR									
Nº Golpes por Capa	12		25		56				
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000				
Diametro (mm)	153.000		153.000		153.000				
Nº Capas	5		5		5				
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS			
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12661.0	13026.0	12766.0	13085.0	13192.0	13295.0			
Peso Molde (g)	8426.0	8426.0	8286.0	8286.0	8434.0	8434.0			
Peso de Muestra Húmeda (g)	4235.0	4600.0	4480.0	4799.0	4758.0	4861.0			
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70			
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.986	2.157	2.101	2.250	2.231	2.279			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
TARA Nº	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	432.00	434.00	485.00	404.00	406.00	715.00	355.00	357.00	432.00
Peso Seco + Tara (g)	365.00	367.00	422.00	361.00	363.00	622.00	317.00	319.00	376.00
Peso Agua (g)	47.00	47.00	63.00	43.00	43.00	93.00	38.00	38.00	56.00
Peso Tara (g)	28.29	28.29	49.38	29.83	29.83	56.91	28.62	28.62	55.99
Peso Muestra Seca (g)	356.71	358.71	372.62	331.17	333.17	565.09	288.38	290.38	320.01
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	13.14%		16.91%	12.95%		16.46%	13.13%		17.50%
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.755		1.845	1.860		1.932	1.972		1.940

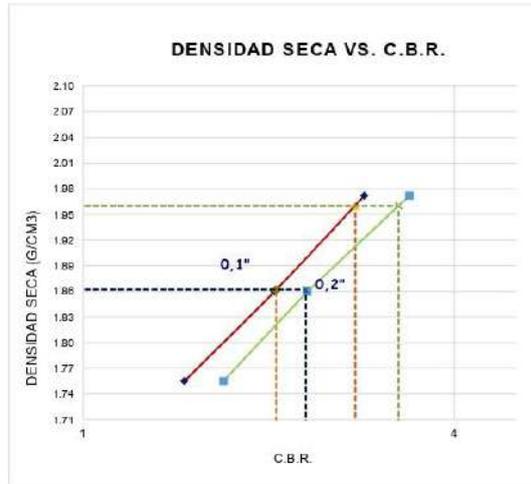
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%
24	1	40.000	0.400	0.34%	28.000	0.280	0.24%	7.000	0.070	0.06%
48	2	78.000	0.780	0.67%	44.000	0.440	0.38%	13.000	0.130	0.11%
72	3	114.000	1.140	0.98%	59.000	0.590	0.50%	18.000	0.180	0.00%
96	4	128.000	1.280	1.10%	62.000	0.620	0.53%	26.000	0.250	0.22%

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:			19.635 cm ²		
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)		(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	6.0	0.31	4.37	8.0	0.41	5.82	11.0	0.56	8.00
1.27	0.050	12.0	0.61	8.73	19.0	0.97	13.82	25.0	1.27	18.19
1.91	0.075	19.0	0.97	13.82	29.0	1.48	21.10	35.0	1.78	25.46
2.54	0.100	25.0	1.27	18.19	35.0	1.78	25.46	45.0	2.29	32.74
3.18	0.125	31.0	1.58	22.55	44.0	2.24	32.01	53.0	2.70	38.56
3.81	0.150	35.0	1.78	25.46	51.0	2.60	37.11	62.0	3.16	45.11
4.45	0.175	41.0	2.09	29.83	55.0	2.80	40.02	69.2	3.52	50.35
5.08	0.200	44.0	2.24	32.01	58.0	2.95	42.20	75.0	3.82	54.57
7.62	0.300	55.0	2.80	40.02	66.0	3.36	48.02	88.0	4.48	64.03
10.16	0.400	59.0	3.00	42.93	68.0	3.46	49.47	95.0	4.84	69.12
12.70	0.500	59.0	3.00	42.93	70.0	3.57	50.93	98.0	4.99	71.30
			0.00	0.00						

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANDRA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.30L/M3	FECHA:	03/09/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm3) :	1.96
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :	13.03



(*) Valores Corregidos

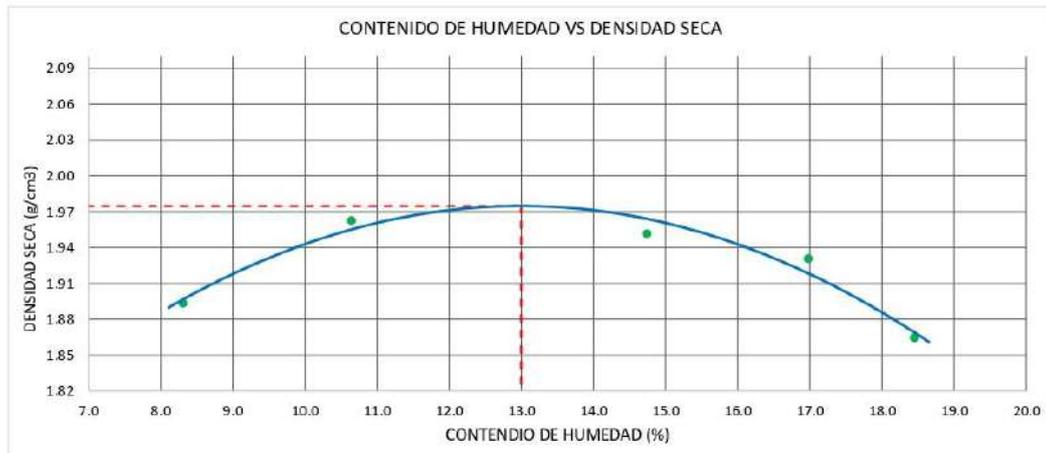
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	18.19	1.27	1000	1.82	1.755
PRESION 25 GOLPES	25.46	1.78	1000	2.55	1.860
PRESION 56 GOLPES	32.74	2.29	1000	3.27	1.972

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	32.01	2.24	1500	2.13	1.755
PRESION 25 GOLPES	42.20	2.95	1500	2.81	1.860
PRESION 56 GOLPES	54.57	3.82	1500	3.64	1.972

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.56%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	3.2%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	2.83%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,2")=	3.55%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.35L/M3	FECHA:	09/09/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"A"	T. ESTUFA (°C) :		110	DIÁMETRO MOLDE (cm) :		10.2			
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
Peso Húmedo+ Molde (g)	5678.00	5792.00	5856.00	5874.00	5827.00					
Peso Molde (g)	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00					
Peso Húmedo (g)	1936.00	2050.00	2114.00	2132.00	2085.00					
Volumen del Molde (cm³)	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00					
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.051	2.172	2.239	2.258	2.209					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	415.00	419.00	502.00	506.00	490.00	494.00	599.00	603.00	594.00	598.00
Peso Seco + Tara (g)	385.00	389.00	459.00	463.00	434.00	438.00	519.00	523.00	510.00	514.00
Peso Agua (g)	30.00	30.00	43.00	43.00	56.00	56.00	80.00	80.00	84.00	84.00
Peso Tara (g)	25.53	26.40	56.91	57.30	55.99	56.40	49.38	50.12	56.21	57.20
Peso Muestra Seca (g)	359.47	362.60	402.09	405.70	378.01	381.60	469.62	472.88	453.79	456.60
Contenido de Humedad (%) parcial	8.35	8.27	10.69	10.60	14.81	14.68	17.04	16.92	18.51	18.39
Contenido de Humedad (%)	8.31	10.65	14.74	16.98	18.45					
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.894	1.963	1.952	1.931	1.865					



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
1.97	13.00

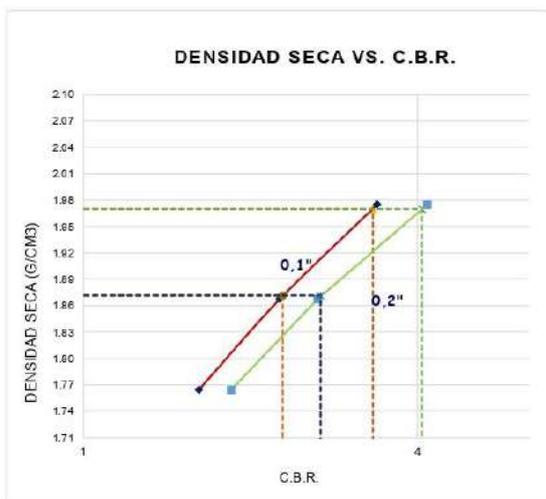
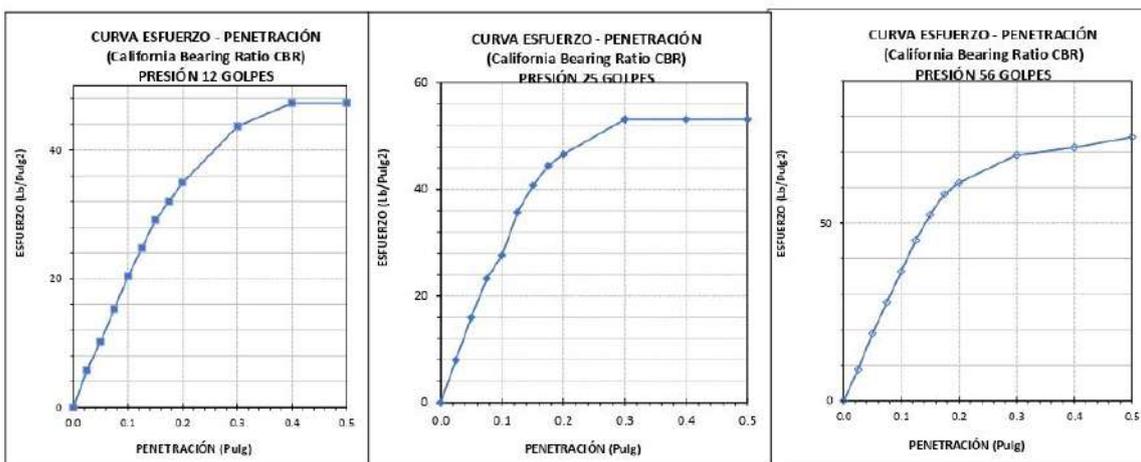
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D 1883 AASHTO T 193			
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZyme PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."					
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA					
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD					
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6					
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.35L/M3			FECHA:	24/06/2024	

COMPACTACION C B R												
N° Golpes por Capa	12		25		56							
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000							
Diámetro de molde (mm)	153.000		153.000		153.000							
N° Capas	5		5		5							
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS						
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12682.0	13045.0	12783.0	13095.0	13199.0	13305.0						
Peso Molde (g)	8426.0	8426.0	8286.0	8286.0	8434.0	8434.0						
Peso de Muestra Húmeda (g)	4256.0	4619.0	4497.0	4810.0	4765.0	4871.0						
Volumen del Molde (cm3)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70						
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.996	2.165	2.109	2.255	2.234	2.294						
CONTENIDO DE HUMEDAD												
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B			
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	433.00	435.00	490.00	405.00	407.00	716.00	355.00	357.00	432.00			
Peso Seco + Tara (g)	385.00	388.00	423.00	362.00	364.00	623.00	317.00	319.00	376.00			
Peso Agua (g)	47.00	47.00	67.00	43.00	43.00	93.00	38.00	38.00	56.00			
Peso Tara (g)	28.29	28.29	49.38	29.83	29.83	56.91	28.62	28.62	55.99			
Peso Muestra Seca (g)	357.71	359.71	373.62	332.17	334.17	566.09	288.38	290.38	320.01			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	13.10%		17.93%		12.91%		16.43%		13.13%		17.50%	
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.764		1.836		1.868		1.937		1.975		1.944	

ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI_METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%
24	1	39.000	0.390	0.34%	26.000	0.260	0.22%	8.000	0.080	0.07%
48	2	78.000	0.780	0.67%	43.000	0.430	0.37%	15.000	0.150	0.13%
72	3	112.000	1.120	0.97%	56.000	0.560	0.00%	19.000	0.190	0.00%
96	4	117.000	1.170	1.01%	72.000	0.720	0.62%	24.000	0.240	0.21%

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:			19.635 cm ²		
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)	(kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	8.0	0.41	5.82	11.0	0.56	8.00	12.0	0.61	8.73
1.27	0.050	14.0	0.71	10.19	22.0	1.12	16.01	26.0	1.32	18.92
1.91	0.075	21.0	1.07	15.28	32.0	1.63	23.28	38.0	1.94	27.65
2.54	0.100	28.0	1.43	20.37	38.0	1.94	27.65	50.0	2.55	36.38
3.18	0.125	34.0	1.73	24.74	49.0	2.50	35.65	62.0	3.16	45.11
3.81	0.150	40.0	2.04	29.10	56.0	2.85	40.74	72.0	3.67	52.88
4.45	0.175	44.0	2.24	32.01	61.0	3.11	44.38	80.0	4.07	58.21
5.08	0.200	48.0	2.44	34.92	64.0	3.26	46.56	84.3	4.29	61.33
7.62	0.300	60.0	3.06	43.65	73.0	3.72	53.11	95.0	4.84	69.12
10.16	0.400	65.0	3.31	47.29	73.0	3.72	53.11	98.0	4.99	71.30
12.70	0.500	65.0	3.31	47.29	73.0	3.72	53.11	102.0	5.19	74.21

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.35L/M3	FECHA:	24/06/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) :	1.97
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :	13.00

(*) Valores Corregidos.

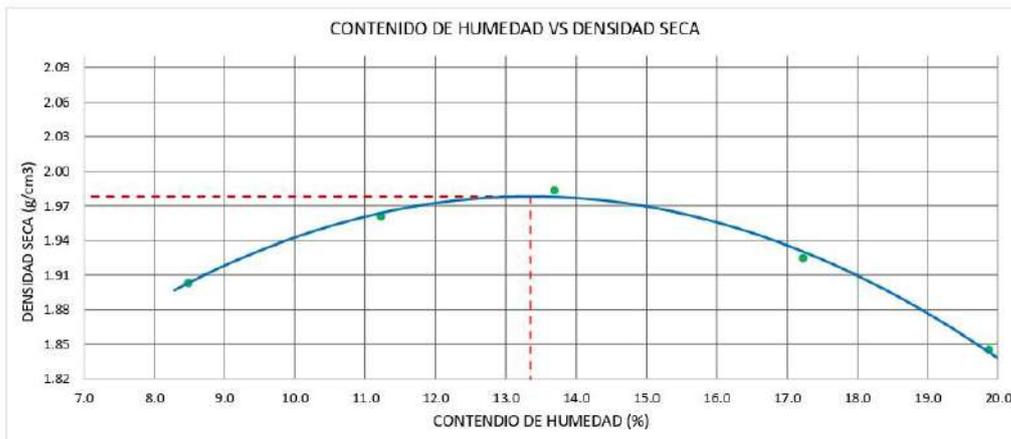
N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	20.37	1.43	1000	2.04	1.764
PRESION 25 GOLPES	27.65	1.94	1000	2.76	1.868
PRESION 56 GOLPES	36.38	2.55	1000	3.64	1.975

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (lb/pulg²)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (kg/cm²)	PRESIÓN PATRÓN (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	34.92	2.44	1500	2.33	1.764
PRESION 25 GOLPES	46.56	3.26	1500	3.10	1.868
PRESION 56 GOLPES	61.33	4.29	1500	4.09	1.975

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.79%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	3.6%
C.B.R. PARA EL 95 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	3.13%
C.B.R. PARA EL 100 % DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,2")=	4.04%

PROCTOR MODIFICADO		ASTM D1557	AASHTO T 180
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
EGRESADO:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.40L/M3	FECHA:	24/07/2024

MÉTODO DE ENSAYO	"A"	T. ESTUFA (°C) :	110	DIÁMETRO MOLDE (cm) :	10.2					
DENSIDAD HÚMEDA										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
N° de Capas	5	5	5	5	5					
N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
Peso Húmedo+ Molde (g)	5691.00	5801.00	5871.00	5872.00	5830.00					
Peso Molde (g)	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00	3742.00					
Peso Húmedo (g)	1949.00	2059.00	2129.00	2130.00	2088.00					
Volumen del Molde (cm ³)	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00					
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.065	2.181	2.255	2.256	2.212					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	1	2	3	4	5					
Peso Húmedo + Tara (g)	433.00	437.00	610.00	614.00	519.00	523.00	592.00	596.00	682.00	686.00
Peso Seco + Tara (g)	401.00	405.00	554.00	558.00	463.00	467.00	512.00	516.00	578.00	582.00
Peso Agua (g)	32.00	32.00	56.00	56.00	56.00	56.00	80.00	80.00	104.00	104.00
Peso Tara (g)	25.53	26.13	56.91	57.11	55.99	56.12	49.38	50.10	56.21	57.11
Peso Muestra Seca (g)	375.47	378.87	497.09	500.89	407.01	410.88	462.62	465.90	521.79	524.89
Contenido de Humedad (%) parcial	8.52	8.45	11.27	11.18	13.76	13.63	17.29	17.17	19.93	19.81
Contenido de Humedad (%)	8.48	11.22	13.69	17.23	19.87					
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.903	1.961	1.984	1.925	1.845					



DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³) :	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) :
1.98	13.35

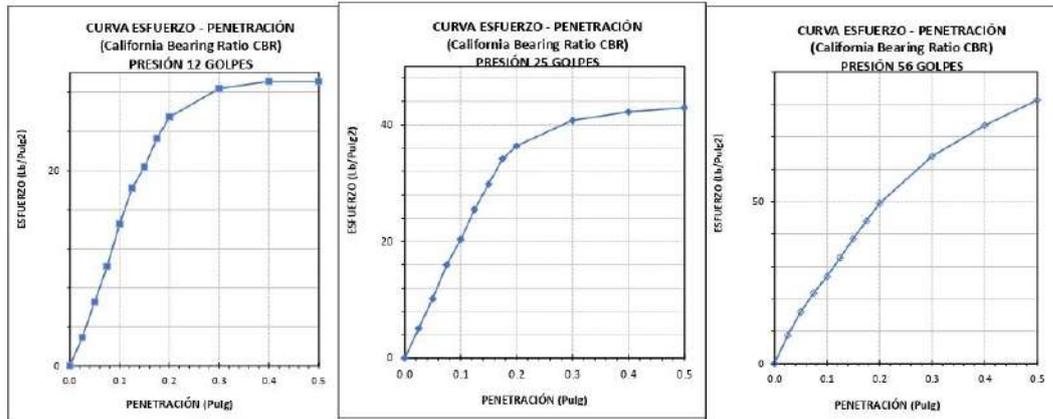
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			ASTM D 1883 AASHTO T 193			
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LÍQUIDO TERRAZZYME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6"					
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA					
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD					
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6					
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.40L/M3			FECHA:	14/09/2024	

COMPACTACION C B R												
N° Golpes por Capa	12		25		56							
Altura Molde (mm)	116.000		116.000		116.000							
Diámetro de molde (mm)	153.000		153.000		153.000							
N° Capas	5		5		5							
CONDICIÓN DE MUESTRA (ANTES Y DESPUÉS DE SATURAR)	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS						
Peso Molde + Muestra Húmeda (g)	12675.0	13039.0	12777.0	13089.0	13193.0	13299.0						
Peso Molde (g)	842.60	842.60	828.60	828.60	843.40	843.40						
Peso de Muestra Húmeda (g)	4249.0	4613.0	4491.0	4803.0	4759.0	4865.0						
Volumen del Molde (cm ³)	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70	2132.70						
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.992	2.163	2.106	2.252	2.231	2.281						
CONTENIDO DE HUMEDAD												
TARA N°	1-A	1-A-2	1-B	2-A	2-A-2	2-B	3-A	3-A-2	3-B			
Peso Muestra Húmeda + Tara (g)	432.00	434.00	489.00	409.00	405.00	714.00	352.00	354.00	431.00			
Peso Seco + Tara (g)	383.00	385.00	422.00	360.00	362.00	620.00	315.00	317.00	375.00			
Peso Agua (g)	49.00	49.00	67.00	49.00	43.00	94.00	37.00	37.00	56.00			
Peso Tara (g)	28.29	28.29	49.38	29.83	29.83	56.91	28.62	28.62	55.99			
Peso Muestra Seca (g)	354.71	356.71	372.62	330.17	332.17	563.09	286.38	288.38	319.01			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	13.78%		17.98%		12.98%		16.69%		12.98%		17.58%	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.751		1.833		1.864		1.930		1.977		1.941	

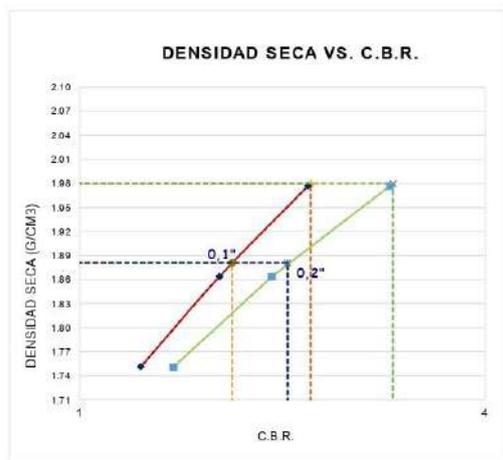
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN		LECTURA DEFORMI METRO	EXPANSIÓN	
(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%	0.000	0.000	0.00%
24	1	40.000	0.400	0.34%	28.000	0.280	0.24%	7.000	0.070	0.06%
48	2	78.000	0.780	0.67%	44.000	0.440	0.38%	13.000	0.130	0.11%
72	3	114.000	1.140	0.98%	59.000	0.590	0.00%	18.000	0.180	0.00%
96	4	128.000	1.280	1.10%	62.000	0.620	0.53%	25.000	0.250	0.22%

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5 cm			ÁREA DEL PISTÓN:			19.635 cm ²		
PENETRACIÓN		PRESIÓN 12 GOLPES			PRESIÓN 25 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA (kg)	ESFUERZO	
(mm)	(pulg)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	(Lb/Pulg ²)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	4.0	0.20	2.91	7.0	0.36	5.09	12.0	0.61	8.73
1.27	0.050	9.0	0.46	6.55	14.0	0.71	10.19	22.0	1.12	16.01
1.91	0.075	14.0	0.71	10.19	22.0	1.12	16.01	30.0	1.53	21.83
2.54	0.100	20.0	1.02	14.55	28.0	1.43	20.37	37.0	1.88	26.92
3.18	0.125	25.0	1.27	18.19	35.0	1.78	25.46	45.0	2.29	32.74
3.81	0.150	28.0	1.43	20.37	41.0	2.09	29.83	53.0	2.70	38.56
4.45	0.175	32.0	1.63	23.28	47.0	2.39	34.20	60.5	3.08	44.02
5.08	0.200	35.0	1.78	25.46	50.0	2.55	36.38	68.0	3.46	49.47
7.62	0.300	39.0	1.99	28.38	56.0	2.85	40.74	88.0	4.48	64.03
10.16	0.400	40.0	2.04	29.10	58.0	2.95	42.20	101.0	5.14	73.48
12.70	0.600	40.0	2.04	29.10	59.0	3.00	42.93	111.8	5.69	81.34

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		ASTM D 1883 AASHTO T 193	
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO LIQUIDO TERRAZIME PARA MEJORAMIENTO DE CBR EN SUELOS DE TIPO A2 Y A6."		
UBICACIÓN:	DISTRITOS DE CAJAMARCA Y LLACANORA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGION CAJAMARCA		
SOLICITANTE:	BACH. AGUIRRE TRIGOSO RICHARD		
DESCRIPCIÓN:	SUELO TIPO A6		
MUESTRA:	SUELO TIPO A6 - CON ADITIVO 0.40L/M3	FECHA:	14/09/2024



DATOS DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm ³)	1.980
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)	13.35



(*) Valores Corregidos

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.1" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	14.55	1.02	1000	1.46	1.751
PRESION 25 GOLPES	20.37	1.43	1000	2.04	1.864
PRESION 56 GOLPES	26.92	1.88	1000	2.69	1.977

N° DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Lb/pulg2)	PRESIÓN APLICADA - 0.2" (Kg/cm2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm3)
PRESION 12 GOLPES	25.46	1.78	1500	1.70	1.751
PRESION 25 GOLPES	36.38	2.55	1500	2.43	1.864
PRESION 56 GOLPES	49.47	3.46	1500	3.30	1.977

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.13%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	2.71%
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	2.54%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,2")=	3.32%