



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Efectos del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la
Subrasante en la Av. Integración – Huanchaco, Trujillo 2022”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Moreno Gonzales, Omar Alexander (orcid.org/0000-0002-1592-2038)
Zamora Vasquez, Mary Elizabeth (orcid.org/0000-0001-6241-4434)

ASESOR:

Dr. Castillo Chavez Juan Humberto (orcid.org/0000-0002-4701-3074)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Hoy no solo quiero agradecerte por darme la vida, sino también por haber estado junto a mí en cada paso, sé que guiarme y ayudarme a convertirme en la persona que soy ahora fue un arduo trabajo. Espero de ahora en adelante poder retribuir no solo tu amor sino todo lo que has dado por mi, y ser un respaldo para los que nos aman. Un beso al cielo Pochita.

Moreno Gonzales, Omar Alexander

El trabajo de investigación se lo agradezco al ser supremo Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mi familia, por su trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy

Zamora Vásquez, Mary Elizabeth

Agradecimiento

Quiero agradecer profundamente a mi bella esposa, y a mis hijos. Me brindaron su apoyo, me comprendieron, tuvieron tolerancia e infinita paciencia y cedieron su tiempo para que “Papá estudie”, para permitir así llevar adelante un proyecto que pasó de ser una meta personal a otro emprendimiento más de familia. A ellos, mi eterno amor y gratitud.

Moreno Gonzales, Omar Alexander

A mi familia, por su apoyo incondicional y estímulo, a lo largo de mi carrera. A nuestro asesor, por su orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación **Zamora Vásquez, Mary Elizabeth**

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y Operacionalización.....	15
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5 Procedimientos	17
3.6 Método de análisis de datos	18
3.7 Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	71

Índice de tablas

Tabla 1 Esquema de diseño de investigación	14
Tabla 2 Porcentajes de Aditivo TerraZyme	16
Tabla 3 CALICATA 1 - GRANULOMETRIA	20
Tabla 4 CALICATA 1 – PROCTOR PATRON	21
Tabla 5 CALICATA 1 – PROCTOR ADICION 25%	22
Tabla 6 CALICAT 1 – PROCTOR ADICION 35%	23
Tabla 7 CALICATA 1 – PROCTOR ADICION 50%	24
Tabla 8 CALICATA 1 – CBR ADICION 25%	25
Tabla 9 CALICATA 1 – CBR ADICION 35%	27
Tabla 10 CALICATA 1 – CBR ADICION 50%	29
Tabla 11 CALICATA 2 - GRANULOMETRIA	32
Tabla 12 CALICATA 2 – PROCTOR PATRON	33
Tabla 13 CALICATA 2 – PROCTOR ADICION 25%	34
Tabla 14 CALICAT 2 – PROCTOR ADICION 35%	35
Tabla 15 CALICATA 2 – PROCTOR ADICION 50%	36
Tabla 16 CALICATA 2 – CBR ADICION 25%	37
Tabla 17 CALICATA 2 – CBR ADICION 35%	39
Tabla 18 CALICATA 2 – CBR ADICION 50%	41
Tabla 19 CALICATA 3 - GRANULOMETRIA	44
Tabla 20 CALICATA 3 – PROCTOR PATRON	45
Tabla 21 CALICATA 3 – PROCTOR ADICION 25%	46
Tabla 22 CALICAT 3 – PROCTOR ADICION 35%	47
Tabla 23 CALICATA 3 – PROCTOR ADICION 50%	48
Tabla 24 CALICATA 3 – CBR ADICION 25%	49
Tabla 25 CALICATA 3 – CBR ADICION 35%	51
Tabla 26 CALICATA 3 – CBR ADICION 50%	53

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Carreteras de Primera y Segunda Categoría _____	10
Figura 2. Pavimento _____	10
Figura 3. Aplicación TerraZyme - Carreteras Rurales _____	10
Figura 4. Aplicación TerraZyme – Carreteras sin sub base _____	11
Figura 5. Subrasante de un pavimento _____	11
Figura 6. Mallas Estándar _____	12
Figura 7. Tamaño de grano _____	12
Figura 8. Suelos separados _____	13
Figura 9. Límites de consistencia de plasticidad _____	13
Figura 10. MDS _____	13
Figura 11. Contenido de Humedad _____	13
Figura 12. Índice de Plasticidad _____	14
Figura 13. Proctor Modificado ASTM D1557 _____	14

Resumen

La investigación es Aplicada, con un enfoque Cuantitativo, basada en el desarrollo Experimental.

De los Resultados del Optimo Contenido de Humedad en la CALICATA N°01, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optime un valor de 9.85%, superior al valor de la muestra patrón de 7.75; de donde se considera que puede ser compactado con el Máximo Peso Seco Unitario, y de la Máxima Densidad Seca en la CALICATA N°03, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optime un valor de 2.19 gr/cm³, superior al valor de la muestra patrón de 2.11 gr/cm²; de donde se considera que tiene mayor densidad a ser compactado.

Donde se obtienen Resultados del CBR con 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración en las muestras con un porcentaje de adición de 0.50ML del Aditivo de Terrazyme se obtiene que en la CALICATA N°01 se tiene valores de: CBR (100%MDS) = 34.50% / CBR (95%MDS) = 27.20%, y presenta un incremento respecto al valor inicial del CBR de 113%.

Palabras Clave: Aditivo TerraZyme, Subrasante

Abstract

The research is Applied, with a Quantitative approach, based on Experimental development.

From the Results of the Optimum Moisture Content in PIT N°01, it was determined that with the addition of 0.50ML of terrazyme additive, a value of 9.85% is optimized, higher than the value of the standard sample of 7.75; from which it is considered that it can be compacted with the Maximum Unit Dry Weight, and the Maximum Dry Density in PIT N°03, it was determined that with the addition of 0.50ML of terrazyme additive, a value of 2.19 gr/cm³ is optimized, higher than the value of the standard sample of 2.11 gr/cm²; from where it is considered that it has a higher density to be compacted.

Where CBR Results are obtained with 0.1" penetration, and the other at 0.2" penetration in the samples with an addition percentage of 0.50ML of the Terrazyme Additive, it is obtained that in CUB No. 01 there are values of: CBR (100%MDS) = 34.50% / CBR (95%MDS) = 27.20%, and presents an increase with respect to the initial value of the CBR of 113%.

Keywords: TerraZyme Additive, Subgrade

I. INTRODUCCIÓN

En un contexto general, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a nivel sudamericano se muestran y tienen vías en pésimas condiciones vehiculares, siendo una de sus principales fallas el asentamiento de la sub rasante. Viendo esta problemática mencionada anteriormente, ahora se realizan actividades de mejoramiento y mantenimiento según la necesidad de sus accesos. La necesidad de contar con vías pavimentadas, afirmadas, y/o trochas carrozables con tipos de suelo de fundación estables y propiedades físicas y mecánicas favorables. La subrasante donde va apoyada una estructura de pavimento en suelos naturales. La necesidad de mejorar mediante la estabilización de las propiedades y capacidad portante de los suelos de baja calidad con fines de mejorar la condición de servicio. (Mattos y Vásquez 2019) (p. 15)

A nivel internacional el problema que se repite permanente en caminos de bajo tránsito países en vías de desarrollo corresponde al hecho de que si bien son caminos con volúmenes de tráfico bajo (<200 vehículos/día) el porcentaje de vehículos pesados es significativo, normalmente asociado al transporte de recursos del rubro ganadero, agrícola o minero, entre otros. Tal es el caso de lo que sucede en la región Sur-Oriental de Paraguay, donde la principal fuente de desarrollo está asociada a la industria de la Soja y Trigo, materia prima que es transportada en camiones que transitan a la carga máxima legal, generando tensiones en la estructura del camino que superan en muchas veces la resistencia admisible que son capaces de soportar las capas de la estructura. (Sosa et al. 2019) (p. 21).

A nivel nacional, el avance en la tecnología constructiva en el Perú en cuanto al desarrollo de las vías, tanto constructivo y como rehabilitaciones de vías o carreteras. Las investigaciones relacionadas a estabilizadores de suelos como un insumo muy importante para mejorar la vida útil y conservación de la carretera son de gran necesidad; las investigaciones relacionadas con el Terrazyme, lo proponen como una alternativa natural, no tóxica y biodegradable que mejora la condición de servicio de las obras viales. Ya que una de sus propiedades de este aditivo es la catalización de degradación de materiales orgánicos en el suelo

mejorando sus características físicas y químicas. El uso del TerraZyme mejorar la unión química de las partículas cohesivas del suelo, formando una estructura de suelo con mayor estabilidad y duración; alcanzando altos porcentajes de compactación con menos esfuerzo mecánico. (Fernández 2017) (p. 15). Así mismo, “la problemática que tiene los suelos expansivos es a estar en constante con el agua, ya que esta debilita a la capacidad portante que pueda tener un suelo, la necesidad de la implementación de estabilizadores de suelos con fines de tener resultados favorables en el comportamiento, propiedades y características que estas presentan. (Noriega, Vives y Muñoz 2022) (p. 1)”.

A esto se le suma la carencia de recursos presupuestales de los Institutos Viales Provinciales (IVP) para poder generar actividades de mantenimientos rutinarios y periódicos de las mismas.

A nivel local, actualmente en la ciudad de Trujillo en las zonas donde existen carreteras no asfaltadas de suelos tienen variación de volumen por consecuencia de la humedad ocasionado deterioro sobre la estructura del pavimento esto a causa de las condiciones climáticas y la falta de mantenimientos.

Se formuló el problema general: **PG:** ¿Cuál es el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración?, y los como Problemas Específicos: **PE.1.** ¿Cuánto varía el óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración? **PE.3.** ¿Cuánto varia la máxima densidad seca (MDS) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración? **PE.4.** ¿Cuánto varía el California Bearing Ratio (CBR) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración?

La justificación práctica, permitió generar nuevas alternativas de solución en la sub rasante aplicando el aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas en la Subrasante en la Av. Integración.

Esta investigación fue **Conveniente** porque permite dar a conocer nuevas tecnologías para mejorar el CBR de una sub rasante aplicando el aditivo TerraZyme para la estabilización de la Subrasante en la Av. Integración.

Se justificó **Socialmente**, por el desarrollo local se genera creando acceso y

mejorando el tránsito para interconectar diferentes centros productores y mejorar la economía del ámbito donde se aplicará el estudio; y **Metodológicamente**, debido que nos ceñimos a las diferentes normativas y reglamentos peruanos para el desarrollo del estudio en la línea vial.

En el presente estudio se tendrá como Objetivo General: **OG**: Determinar el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración, y los Objetivos Específicos: **OE.1**. Determinar la variación del óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración **OE.2**. Determinar la variación de la máxima densidad seca (MDS) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración **OE.3**. Determinar la variación del California Bearing Ratio (CBR) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración.

En el presente estudio tiene como Hipótesis General: **HG**: Se determinó el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración, y los como Hipótesis Específicas: **HE.1**. Se determinó la variación del óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración **HE.2**. Se determinó la variación de la máxima densidad seca (MDS) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración **HE.3**. Se determinó la variación del California Bearing Ratio (CBR) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional, **(Moreno 2021)** en su investigación de tipo aplicado la aplicación del aditivo terrazyme aplicado al suelo del terreno localizado en Ampliación las Lomas se obtuvo que la máxima densidad seca (MDS) fue de 0.20 y 0.3ml por kg de material, al aplicar este aditivo se observó un incremento del MDS; donde el terreno natural y/o suelo de fundación obtuvo un valor de 2.008 gr/cm³, y tuvo un incremento hasta el 2.013gr/cm³, y su óptimo contenido húmedo (OCH) tuvo una disminución del 10.30% al 10.10% con la aplicación del aditivo terrazyme con una dosificación aplicada de 0.25ml x Kg de material. Se observó que el aditivo terrazyme influye favorablemente en la mejora de la MDS según los ensayos realizados in situ. Por último, este aditivo terrazyme influye favorablemente en el CBR, donde según los ensayos realizados se obtuvo los siguientes valores: CBR – Terreno Natural: 4.4% - 100% de MDS a 1" y 3.10% - 95% de MDS a 1", teniendo un incremento frente al valor de 27.2% - 100% de MDS a 1" y 21.80% - 95% de MDS a 1". Realizado estos ensayos se afirma que aplicando una dosificación de terrazyme de 0.25ml x kg de material se obtiene un mejor valor. La propuesta de la aplicación de terrazyme y caucho como estabilizadores mejoran la resistencia al esfuerzo (p. 96-97). Así mismo, **(Vera y Villanueva 2021)** en su investigación de tipo de investigación aplicada, diseño no experimental y nivel descriptiva, concluyó que el estudio de mecánica de suelos realizado en trece calicatas, la mayor parte se clasificó en suelos arcillosos con una humedad de terreno de 11.70% y resultado de CBR al 100% obteniendo el mayor porcentaje de 18.35%. Donde según el estudio del IMD de carreteras se determinó que las 02 estaciones se determinaron 26 a 31 vehículos por día. La zona de estudio es considerada de lluvias intensas lo cual es un riesgo permanente para el deterioro de la vía. Frente a toda la problemática que tiene la vía se procedió a analizar la aplicación del aditivo Terrazyme en el suelo de la carretera Cachipampa-Sartimbamba obteniendo resultados favorables para la vía, incrementando el CBR en 61%, finalmente se realizó la comparación con estudios ya realizados por lo que la aplicación de Terrazyme es favorable para la estabilización de suelos que

concentran mayor porcentaje de arcilla en su estructura.

(Garcia y Llerena 2019) el tipo de investigación fue aplicativo y diseño experimental; se concluyó, se tuvo como muestra 10 calicatas las cuales representaban al terreno natural y las propuestas de adición de aditivo terrazyme tomadas de las progresivas 10+000, 14+000 y 16+000KM; donde se ensayó con las siguientes dosificaciones 20ml/m³, 30ml/m³, 40ml/m³, y 50ml/m³. Donde se obtuvo los resultados aplicando la dosificación de 40ml/m³ en los siguientes ensayos: Ensayo de C-4 se obtuvo un CBR-Natural 51.20% y el CBR-Optimo es de 105.30%, ensayo de C-6 se obtuvo un CBR-Natural 55.50% y el CBR-Optimo es de 102.40% por último el ensayo C-7 se obtuvo un CBR-Natural de 46.90% y el CBR-Optimo es de 110.90%. Por lo que el autor en su investigación afirma que la aplicación de terrazyme con la dosificación de 40ml/m³ tiene un resultado favorable y de mejora en las propiedades del suelo. Así mismo, **(Barahona 2019)** la investigación fue de tipo cuantitativo, nivel aplicad; la tesista concluyó lo siguiente los promedios de e la densidad máxima seca (DMS) con agua destilada fue 1.9260 gr/cm³ y con el estabilizante químico Terrazyme 2.0460 gr/cm³, dando como incremento del 6.23% de la densidad máxima seca. Los resultados promedios de CBR con agua destilada fue 6.4667% y con el estabilizante químico Terrazyme 25.0400%, dando como incremento del 287.21% del CBR. De estos resultados se concluye que aplicando estabilizante de Terrazyme tiene resultados muy favorables en la densidad y CBR en suelos arcillosos en carreteras de trocha de Pomacucho-Pacaypampa.

A nivel internacional, **(Chaurasia et al. 2021)** en su artículo concluyo que el presente trabajo describe un estudio realizado para comprobar mejores resultados del suelo de algodón negro y el suelo rojo con una bioenzima, denominada Terrazyme. Recientemente, se construyeron algunas carreteras estabilizadas con bioenzimas en varias partes de la India, que están funcionando muy bien. La bioenzima mejora las cualidades de ingeniería del suelo, facilita mayores densidades de compactación del suelo y aumenta la estabilidad. La bioenzima ayuda a mezclar fácilmente con agua con un contenido de humedad óptimo (OMC), y luego se rocía sobre el suelo y se compacta. Se han probado suelos con

propiedades de índice variable para suelos vírgenes y estabilizados con diferentes dosis. Los resultados obtenidos manifiestan que la estabilización mejora la resistencia del suelo en gran medida, lo que implica que la capacidad de soporte a la deformación aumenta en el suelo estabilizado. Se puede utilizar el material disponible localmente y, en caso de escasez de material granular, solo las superficies bituminosas delgadas estabilizadas con bioenzimas pueden cumplir con los requisitos de diseño del pavimento. Al adoptar el método IRC basado en suelo CBR, el espesor de diseño del pavimento en suelo estabilizado también se reduce entre un 25% y un 40%. Así mismo, **(Chandana et al. 2022)** en su artículo concluyó que El pavimento es una estructura que se coloca para soportar la carga de las ruedas y distribuir la tensión de la carga en un área más amplia en la parte superior de la subrasante. El proceso de cambiar las propiedades de un suelo natural, con el fin de mejorar su resistencia a la tracción, capacidad de carga y rendimiento general, mediante el uso de compactación controlada, dosificación, además de un estabilizador y una mezcla adecuados, se conoce como estabilización del suelo. La principal aplicación de la estabilización de suelos es en el campo del pavimento establecido sobre un suelo de subrasante débil. Es muy esencial mejorar su resistencia, capacidad de carga y rendimiento a un nivel superior a la condición existente. Al modificar las propiedades del suelo de la subrasante, se puede lograr economía en la construcción de pavimentos al reducir el espesor de la corteza superior. El objetivo principal de este trabajo es tener un diseño de pavimento económico. En este estudio, el tipo de suelo utilizado es arena limosa (SM), y para la estabilización del suelo, se utilizó TerraZyme. Después de estabilizar el suelo con TerraZyme, hubo una mejora notable en la propiedad de compactación, el valor de la relación de soporte (CBR), el valor de la resistencia no confinada (UCS), el valor de cohesión y el ángulo de intersección. El espesor del pavimento fue diseñado utilizando IRC: 37-2012, después de la estabilización del suelo se redujo el espesor del pavimento. valor de resistencia a la compresión no confinada (UCS), valor de cohesión y ángulo de intersección. El espesor del pavimento fue diseñado utilizando IRC: 37-2012, después de la estabilización del suelo se redujo el espesor del pavimento. valor de

resistencia a la compresión no confinada (UCS), valor de cohesión y ángulo de intersección. El espesor del pavimento fue diseñado utilizando IRC: 37-2012, después de la estabilización del suelo se redujo el espesor del pavimento. También, **(Begum et al. 2021)** en su artículo concluyo que el aumento y la estabilización de suelos se utilizan ampliamente como sustitutos debido a la falta de material apropiado en el sitio. En este manuscrito, se analizan las bioenzimas universalmente disponibles (TerraZyme) y su efecto sobre las propiedades de ingeniería del suelo. Se concedieron pruebas de hinchamiento libre diferencial, límite de consistencia, compactación modificada y consolidación en el laboratorio para proporciones de mezcla diferentes de TerraZyme con suelo de algodón negro y, a partir de los resultados, la adición de TerraZyme al suelo reduce el contenido de arcilla y aumenta el % de arcilla más gruesa. Partículas, reduce Los valores límite líquidos son decrecientes y el límite plástico aumenta independientemente del porcentaje de adición de TerraZyme. La densidad seca máxima aumenta y el OMC disminuye con el aumento del % de TerraZyme. Los parámetros de consolidación índice de compresión y coeficiente de compresibilidad se reducen. A partir de los resultados anteriores, TerraZyme se puede utilizar para la intensificación del suelo expansivo con un ahorro sustancial en el costo de construcción. Así mismo, **(Palakpreet et al. 2021)** en su artículo concluyo que terrazyme es un eficaz técnica de mejoramiento de suelos, brinda un mejor rendimiento en el campo y, en última instancia, garantiza durabilidad y mantenimiento del pavimento libre. Es un producto ecológico, no tóxico, natural y orgánico, material que no cause ningún daño a los seres humanos, los animales o la vegetación. A pesar de que es un material caro, es económico por sus óptimos resultados y aplicación permanente. Es más, se puede eliminar la capa base o sub base, por lo que el costo total del proyecto se reduce considerablemente. Eso se puede manipular fácilmente sin necesidad de guantes y mascarillas. Hace que el suelo sea impermeable haciéndolo impermeable. Las diversas conclusiones extraídas del estudio anterior son: a) El empleo de terrazyme mejora la resistencia del suelo, evidente por el aumento de CBR y resultados de la UCS. b) Los límites de OMC y Atterberg de la muestra de suelo disminuyen porque mejora la densidad

del suelo reduciendo los vacíos entre las partículas del suelo. c) Hace que el suelo sea repelente al agua al reducir la naturaleza permeable del suelo. d) Su unión con el suelo cohesivo, lo hace esencial para captar el contenido de arcilla del suelo. e) Con el paso del tiempo, los resultados de terrazyme mejoran. f) Terrazyme demuestra ser el material más inteligente y podría desempeñar un papel fundamental en los próximos años, por lo tanto, también podría ser más factible en obras de construcción. Las diversas limitaciones de uso de terrazyme incluyen; Debido al aumento de la densidad del suelo como resultado de la reacción enzimática, los límites de consistencia se reducen. Si se utiliza en cantidades excesivas, la formación de grietas puede tener lugar y no son adecuados para propósitos de construcción a pequeña escala. (p.6). También, **(Navale et al. 2019)** el presente artículo concluyó que La estabilización de bioenzimas (TerraZyme) ha demostrado ser buena mejoras en las propiedades de ingeniería del algodón negro tierra y tierra roja; resistencia a la compresión no confinada del suelo de algodón negro y el suelo rojo ha mostrado un tremendo incremento con el secado que curar en desecadores de laboratorio después de tratarlo con TerraZyme. Los límites de Atterberg para suelo de algodón negro y suelo rojo no presentan ninguna diferencia en el secado y el curado de los desecadores. El suelo de algodón negro y el suelo rojo alcanzaron la naturaleza hidrofóbica con secado después del tratamiento de TerraZyme como se observa durante la prueba de límites de Atterberg. Las propiedades del suelo de algodón negro han sido mejoradas al estabilizar con la dosis de TerraZyme de 200ml/1,5m³ de tierra y para tierra roja 200ml/1,5m³ de suelo. Por lo tanto, esta dosificación se considera la óptima; incluso CBR sin remojar de suelo de algodón negro y suelo rojo ha mostrado una mejor mejoría con el tratamiento en el secado o temperatura ambiente normal. Las características de compactación no se ven afectadas inmediatamente después del tratamiento con Terrazyme. El índice de hinchamiento libre del suelo de algodón negro mostró reducción con el tratamiento de TerraZyme especialmente con el secado. (p. 8). Así mismo, **(Gireesh kumar et al. 2020)** en su artículo científico concluyo que la adición de terrazyme en el suelo aumenta el porcentaje de partículas más gruesas y reduce en el contenido de arcilla y también reduce los

índices del suelo indefinido. Este disminuye el límite líquido y plástico, independientemente del porcentaje de terrazyme utilizado en la tierra. Terrazyme es un líquido no corrosivo, natural, no tóxico y biodegradable. Es ecológico y no representa ningún daño para el usuario. El uso de terrazyme aumenta la resistencia del suelo, lo que se demuestra por el aumento de CBR y valores UCS. Terrazyme también reduce los espacios vacíos. Los límites de consistencia y el contenido óptimo de humedad del suelo disminuyen debido a la acción de terrazyme. Al disminuir la permeabilidad del suelo, Terrazyme hace que el suelo sea resistente al agua. También, **(Kumar 2020)** en su investigación concluyó el suelo cuando se trata con 0.3% de terrazyme, el límite líquido (LL) se reduce en un 7.62% en comparación con el suelo no tratado. El aditivo de terrazyme aumenta el límite plástico en un 9.86% cuando se usa en una concentración de 0.3% de suelo seco (en peso). El índice de consistencia aumenta en un 46% gracias a la aplicación de terrazyme. Se calcula el valor CBR del suelo tratado con varios porcentajes de terrazyme (0,2 %, 0,3 % y 0,4 %). El máximo valor de CBR obtenido al 0,3 % es 10,43 %, lo que muestra un aumento del valor de CBR del 122,43 % en comparación con el suelo no tratado. El incremento máximo en el valor de CBR es 255,86 %, que se obtiene cuando el suelo se trata con 0,5 % de plástico tiras de bolsas de 2 cm de longitud y 0,3 % de terrazyme en comparación con el suelo no tratado. (p. 11).

Aditivo TerraZyme: es un líquido natural, no tóxico, formulado con extractos vegetales y aceptado en todo el mundo como un sonido e ingeniosa práctica de construcción de carreteras, que reemplaza la base granular convencional y la granular sub base, hace hincapié en la fuerza, el rendimiento y mayor resistencia a la deformación. Terrazyme es especialmente formulado para modificar las propiedades de ingeniería del suelo. Ellos requieren dilución en agua antes de la aplicación.

El uso de Terrazyme mejora la resistencia a la intemperie y también aumenta capacidad de carga de los suelos. Estas características son particularmente evidentes en suelos de grano fino como la arcilla en la que la formulación afecta el comportamiento de hinchamiento y contracción. Se puede observar los gráficos

según los estratos de pavimento:

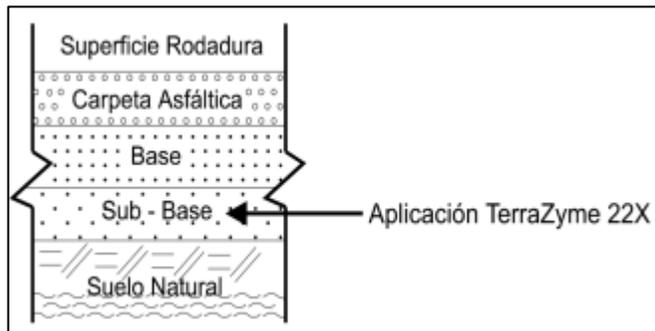


Figura 1. Carreteras de Primera y Segunda Categoría

Fuente: (Rollins 1998)

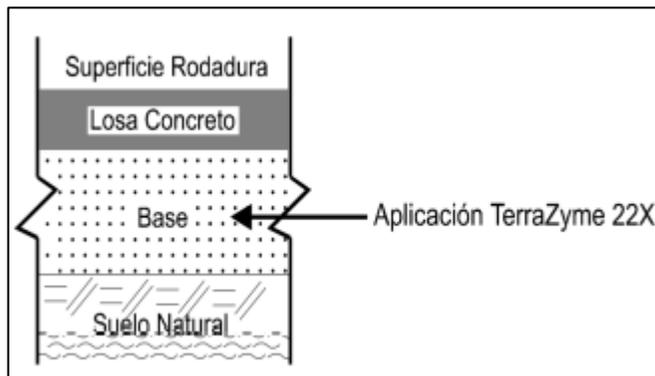


Figura 2. Pavimento

Fuente: (Rollins 1998)

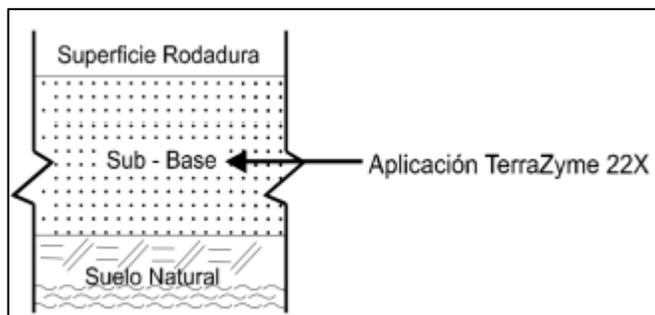


Figura 3. Aplicación TerraZyme - Carreteras Rurales

Fuente: (Rollins 1998)

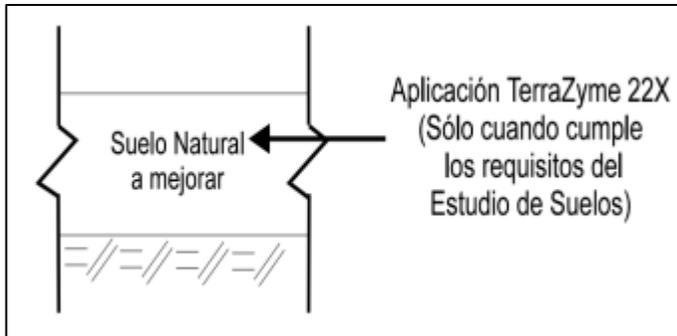


Figura 4. Aplicación TerraZyme – Carreteras sin sub base

Fuente: (Rollins 1998)

Dosificación: La aplicación del aditivo de TerraZyme se realiza durante la partida o proceso constructivo del afirmado de carretera, donde esta puede generar baches, ondulaciones, etc. Por lo que según la investigación realizada de la dosificación adecuada del aditivo terrazyme es de 1L de aditivo por 33m³ de material. Donde para la determinación del rango de dilución dependerá al tipo de suelo y la época (estiaje y grandes avenidas) donde para suelos secos serán de 1/2000 y suelos húmedos de 1/500 (Rollins 1998).

Subrasante: “se le denomina al suelo de terreno natural ya que en esta se colocara una estructura de pavimento en una superficie terminada” (Ministerio de transportes y comunicaciones 2013) (p. 23)

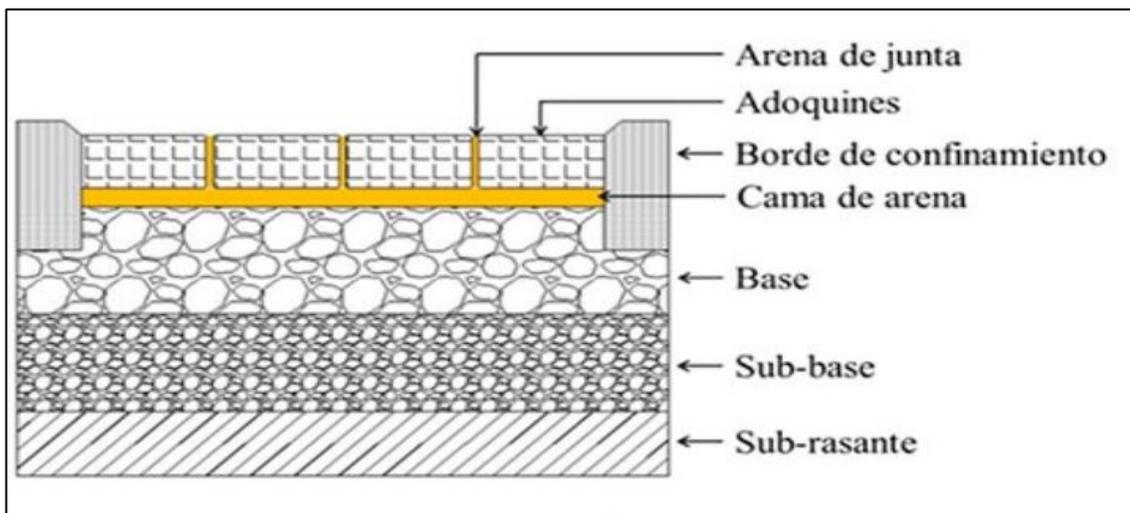


Figura 5. Subrasante de un pavimento

Fuente: (alicaresp 2019)

Propiedades físicas del suelo: estas propiedades están divididas por el análisis granulométrico y la plasticidad del suelo; el análisis granulométrico refiere al tamaño de los granos de material que varían considerablemente (Braja 2010). Así mismo, (Crespo 2004) menciona que el suelo tiende a deformarse, por lo que se mide el comportamiento del suelo. Los suelos arcillosos son los que presentan en mayor grado de variabilidad.

Criba N°	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Figura 6. Mallas Estándar

Fuente: (Braja 2010)

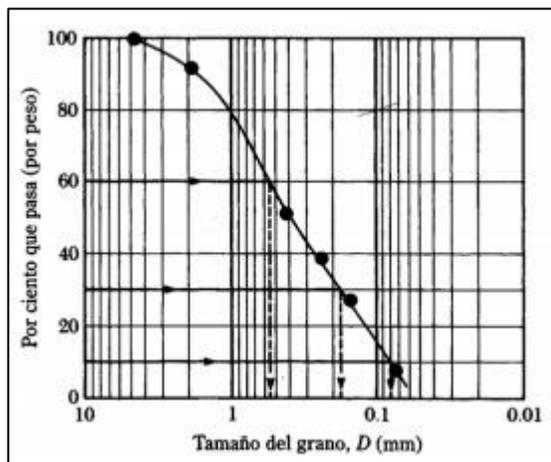


Figura 7. Tamaño de grano

Fuente: (Braja 2010)

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	TAMAÑO DEL GRANO (mm)
Unificado	Grava: 75mm a 4.75 mm
	Arena: 4.75mm a 0.075 mm
	Limo y arcilla (finos): <0.075mm
AASHTO	Grava: 75mm a 2 mm
	Arena: 2 mm a 0.05 mm
	Limo: 0.05 mm a 0.002 mm
	Arcilla: <0.002 mm

Figura 8. Suelos separados

Fuente: (Braja 2010)

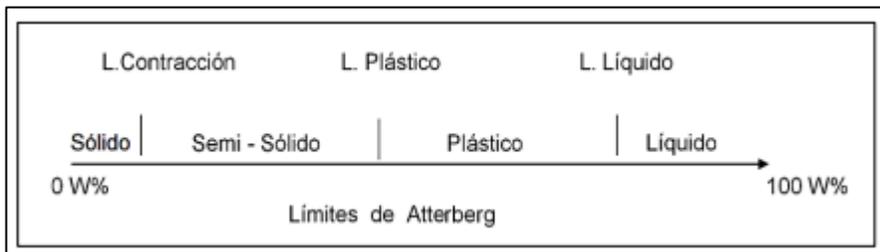


Figura 9. Límites de consistencia de plasticidad

Fuente: (Crespo 2004)

$$Y_d \max = \frac{(W_s - M_m)}{V_m} \text{ (grs/cm}^3\text{)}$$

Figura 10. MDS

Fuente: (Crespo 2004)

$$W\% = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Figura 11. Contenido de Humedad

Fuente: (Crespo 2004)

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

Figura 12. Índice de Plasticidad

Fuente: Manual del MTC

	A	B	C
Peso del martillo (lb)	10	10	10
Diam. Molde (pulg)	4	4	6
Nro. De Capas	5	5	5
Nro. Golpes/capa	12	25	56

Figura 13. Proctor Modificado ASTM D1557

Fuente: Guzman, (2014)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tabla 1 Esquema de diseño de investigación

TIPO DE MUESTRA	ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS	MUESTRA CONVENCIONAL	0.25 ML (A1)	0.35 ML (A2)	0.50 ML (A3)
PROCTOR MODIFICADO	%	X1	X1 + A1	X1+ A2	X1+ A3
CBR	%	X1	X1 + A1	X1+ A2	X1+ A3

Fuente: elaboración propia

Tipo:

Es de tipo **APLICADA**.

$M \leftarrow O . . . P$

Dónde:

M = TerraZyme.

O= Propiedades Mecánicas.

P= Sub Rasante.

Enfoque:

Es **CUANTITATIVA**.

Alcance:

Según Hernández et al. (2020), la investigación será **DESCRIPTIVA** porque “solo tiene por objeto almacenar información de los diferentes temas relacionadas al estudio.

Diseño de investigación:

Según Hernández et al. (2020), Lo que desarrollamos en la **INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL** es observar los diferentes cambios para después proceder a interpretar resultados.

3.2 Variables y Operacionalización

Variable 1: Aditivo TerraZyme

(Universidad de Costa Rica 2005) “define la propiedad del terrazyme ya que esta es un estabilizador líquida, natural y no afecta a la naturaleza; las enzimas se encargan de realizar mejoras a favor de las propiedades físicas y químicas, incrementando su densidad, resistencia y estabilidad de suelos”. (p. 4)

Variable 2: Sub Rasante

(MTC 2013) define la subrasante se le denomina al suelo de terreno natural ya que

en esta se colocará una estructura de pavimento en una superficie terminada (p. 23).

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

En esta investigación, la población estará compuesta por la Longitud de la Avenida Integración que es de 1+730 km, Centro poblado de Victor Raúl, Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Región La Libertad.

Muestra:

Se analizaron 3 tipos de porcentajes para adquirir el grado ideal del Aditivo TerraZyme en la sub rasante de donde se analizaron también 9 muestras por cada calicata, haciendo un total de 27 ensayos en el marco de acuerdo a lo establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de ensayos de Materiales del MTC.

Para el estudio se tomó una longitud total de 0+0275 km y se usaron 3 distintos porcentajes por KG de muestra, obteniendo un total de 27 muestras para realizar los distintos ensayos.

Tabla 2 Porcentajes de Aditivo TerraZyme

TIPO DE MUESTRA	ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS	MUESTRA CONVENCIONAL (0ML)	0.25 ML (A1)	0.35 ML (A2)	0.50 ML (A3)	TOTAL DE MUESTRAS
GRANULOMETRIA		3				
PROCTOR MODIFICADO	%	3	3	3	3	12
CBR	%	3	3	3	3	12

Fuente: Elaboración propia

Muestreo:

Es la forma correlacional para elegir los diferentes ensayos empleados en la investigación. (López, 2004, p. 6).

Unidad de análisis:

Análisis de las Muestras en el Laboratorio de Mecánica de Suelos con la adición de 03 distintos porcentajes de Aditivo TerraZyme por kilo de muestra.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

La observación la misma que está basada en resultados de los diferentes ensayos. (Campos y Lule, 2013, p. 47);

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son las diferentes fichas de recolección de resultados de los diferentes ensayos. Ortiz (2006, p. 530),

3.5 Procedimientos

Primera Fase: Se realizó el reconocimiento IN SITU del área a realizar la Investigación, para poder determinar las acciones según corresponda y poder identificar la ruta de elaboración de los trabajos en campo y gabinete.

Segunda Fase: Se procedió a la búsqueda de información del área a intervenir que trabajaremos en el proyecto de investigación, donde específicamente se busco información de la Ubicación y Localización, curvas de nivel y secciones transversales.

Tercera Fase: Se realizó la compra del Aditivo TerraZyme necesario para realización de nuestros ensayos en laboratorio.

Cuarta Fase: Se realizó los estudios de mecánica de suelos en el 1+730km previstas de la Avenida Integración, así mismo las muestras patrón que serán llevadas para su respectivo análisis en laboratorio que deberán ser inalteradas.

Quinta Fase: Se procedió a realizar los trabajos de laboratorio (Máxima Densidad Seca(PROCTOR) y CBR); así mismo se incorporó el Aditivo TerraZyme por kilo de muestra en sus diferentes dosificaciones (0.25ML, 0.35ML Y 0.50ML).

Sexta Fase: Se ejecutó trabajos de gabinete donde se realizó la comparación de las muestras patrón vs las muestras con Aditivo TerraZyme en sus diferentes

dosificaciones (0.25ML, 0.35ML Y 0.50ML), así mismo, se obtuvo el Optimo contenido de humedad con el TerraZyme para mejor los valores del CBR.

3.6 Método de análisis de datos

Para el método de análisis e interpretación de datos se realizó un análisis descriptivo, basado en resultados de los diferentes ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, para los diferentes objetivos del estudio.

3.7 Aspectos éticos

En la Investigación se utilizó el reglamento de ética de investigación de la Universidad, para poder obtener un producto de calidad y con derechos de autoría por parte de los investigadores de este tema.

IV. RESULTADOS

- 4.1. Determinar el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración.

TABLA 3: CALICATA 01
ENSAYO GRANULOMETRICO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO						
ASTM D-422 / MTC E 107						
PROYECTO:	"Efectos del aditivo Terrazyme en las propiedades mecanicas de subrasante en Av. integracion - Huanchaco ,Trujillo 2022					
SOLICITANTE:	Zamora Vasquez, Mary Elizabeth / Moreno Gonzales Omar Alexander					
UBICACIÓN:	Victor Raul - Huanchaco- La Libertad					
FECHA:	Agosto del 2022					
DATOS DEL ENSAYO						
MUESTRA:	C- Integracion	CALICATA:	C-01	PESO LAVADO SECO:	1100 gr	
ESTRATO:	A-01	PROFUNDIDAD:	0.90- 150 m	PESO LAVADO SECO:	867.54 gr	
PROGRESIVA:	0.00+ 098					
Tamices	Abertura	Peso	% Retenido	% Retenido	% que	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	pasa	
3"	76.2	0	0	0	100	Limite Liquido (L.L.): N.P.
2 1/2"	63.5	0	0	0	100	Limite Plastico (L.P.): N.P.
2"	50.8	0	0	0	100	Indicie Plastico (I.P.): N.P.
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	Clasificacion SUCS: GM
1"	25.4	192.17	17.47	17.47	82.53	Clasificacion AASHTO A-1-b(o)
3/4"	19.05	128.26	11.66	29.13	70.87	Descripcion: GRAVALIMOSA CON ARENA
1/2"	12.7	50.27	4.57	33.7	66.3	Observacion Astho: Bueno
3/8"	9.525	46.98	4.27	37.97	62.03	Boloneria >3"
1/4"	6.35	0	0	37.97	62.03	Grava 3" - N°4: 46.05%
N°4	4.75	88.9	8.08	46.05	53.95	Arena n°4- N° 200: 32.81%
10	2	73.61	6.69	52.74	47.26	Finos <N° 200: 21.13%
20	0.85	50.49	4.59	57.33	42.67	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 108
40	0.425	38.96	3.54	60.87	39.13	Peso tara (gr) 133.1 1.051
60	0.25	62.08	5.64	66.51	33.49	sb + tara (gr) 2091.2 18.126
140	0.106	104.65	9.51	76.02	23.98	ss + Tara (gr) 1954.8 18.824
200	0.075	31.17	2.83	78.85	21.15	Pes suelo seco (gr) 1821.7 15.773
<200	0	0.17	0.02	78.87	21.13	Peso de agua (gr) 136.4 1.302
Total		867.71	78.87			Contenido Humedad % 7.87%

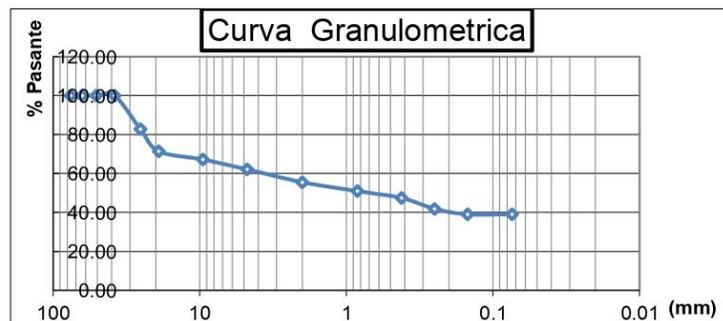


TABLA 4: PROCTOR MODIFICADO – muestra patrón

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.42	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	10.96	11.61	13.68

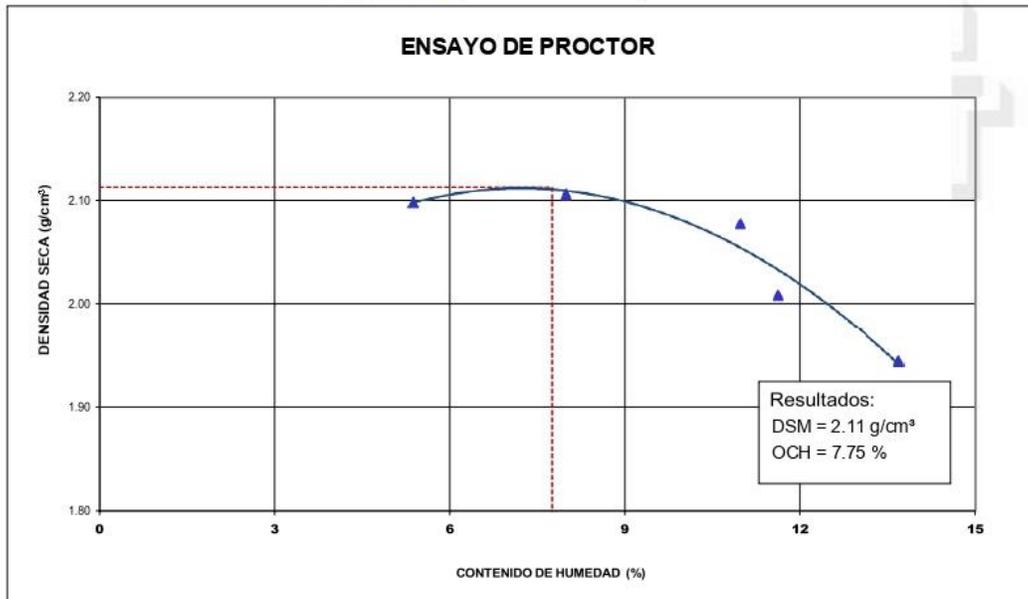
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.10	2.11	2.08	2.01	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.11**
 OCH (%): **7.75**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H. %: 7.75

5: PROCTOR MODIFICADO – 25%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	103.9	107.6	79.6	112.3	87.3
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.5	99.79	72.47	105.3	81.2
Peso del Agua (g)	4.4	7.81	7.13	7	6.1
Peso tara (g)	34.1	11.79	0.47	15.4	18.2
Peso Suelo Seco (g)	65.4	88	72	89.9	63
Contenido de humedad (%)	6.73	8.87	9.90	9.79	9.68

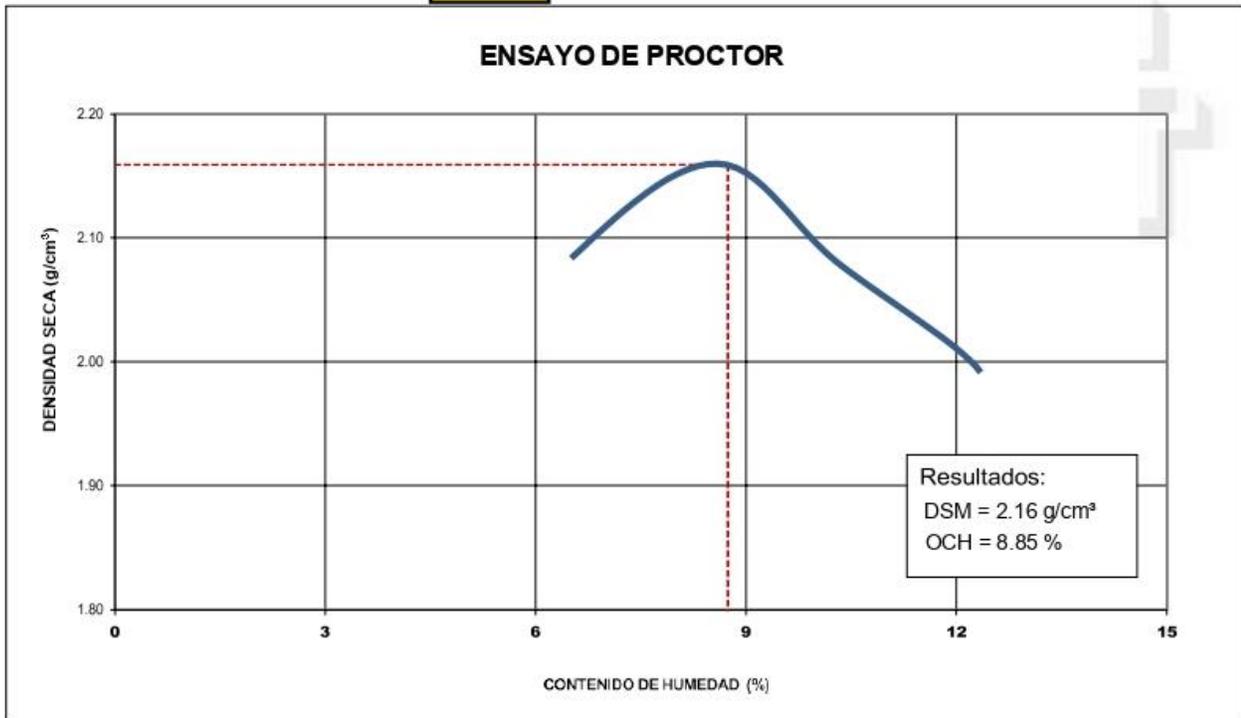
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde + Suelo Húmedo (g)	4110	4250	4180	4125	4105
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2106	2246	2176	2121	2101
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.22	2.37	2.30	2.24	2.22
Densidad Seca (g/cm ³)	2.08	2.18	2.09	2.08	2.02

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.16**
 OCH (%): **8.85**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación: O.C.H.%: 8.85

TABLA 6: PROCTOR MODIFICADO – 35%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	100.1	102.2	80.1	110.3	89.2
Peso Tara + Suelo Seco (g)	98.9	99.1	76	102	82.3
Peso del Agua (g)	1.2	3.1	4.1	8.3	6.9
Peso tara (g)	3.5	3.8	6	3	0.2
Peso Suelo Seco (g)	95.4	95.3	70	99	82.1
Contenido de humedad (%)	1.26	3.25	5.86	8.38	8.40

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

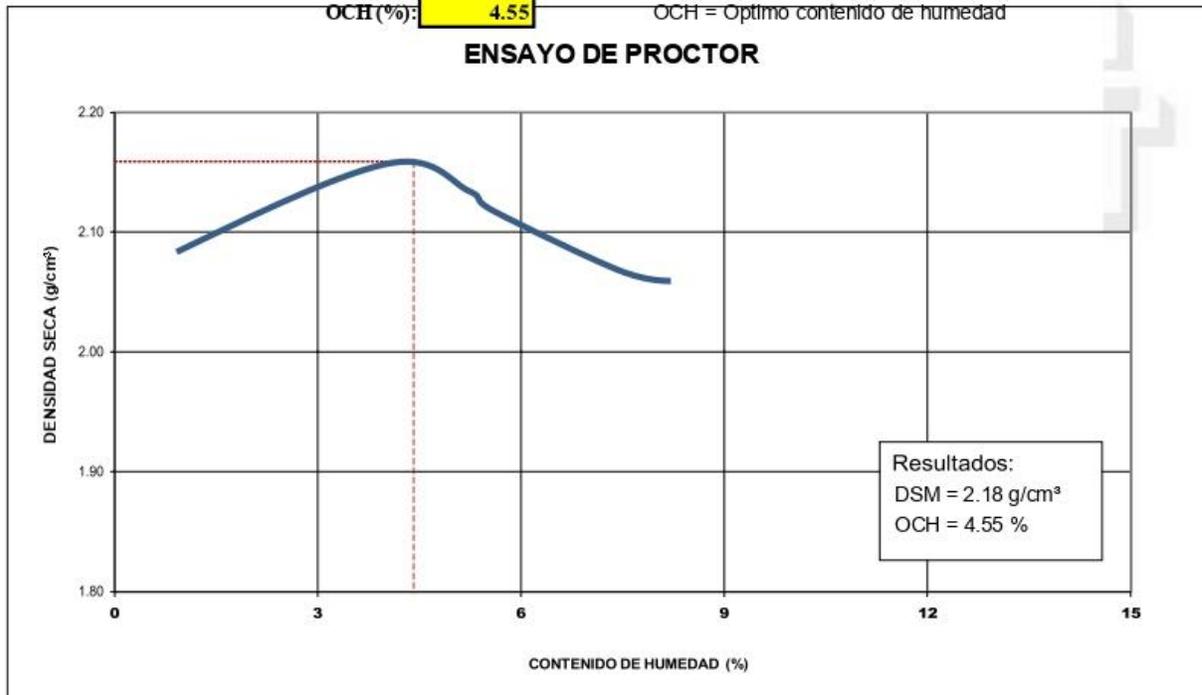
MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde Peso Suelo Húmedo (g)	4001	4120	4155	4110	4119
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	1997	2116	2151	2106	2115
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.11	2.23	2.27	2.22	2.23
Densidad Seca (g/cm ³)	2.08	2.16	2.14	2.05	2.06

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.18**
 OCH (%): **4.55**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad

ENSAYO DE PROCTOR



Interpretación:

O.C.H. %: 4.45

TABLA 7: PROCTOR MODIFICADO – 50%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	109.1	100.1	90.5	102.3	83.1
Peso Tara + Suelo Seco (g)	104	95	85.4	94.3	76.2
Peso del Agua (g)	5.1	5.1	5.1	8	6.9
Peso tara (g)	7	5	4.4	3.3	0.6
Peso Suelo Seco (g)	97	90	81	91	75.6
Contenido de humedad (%)	5.26	5.67	6.30	8.79	9.13

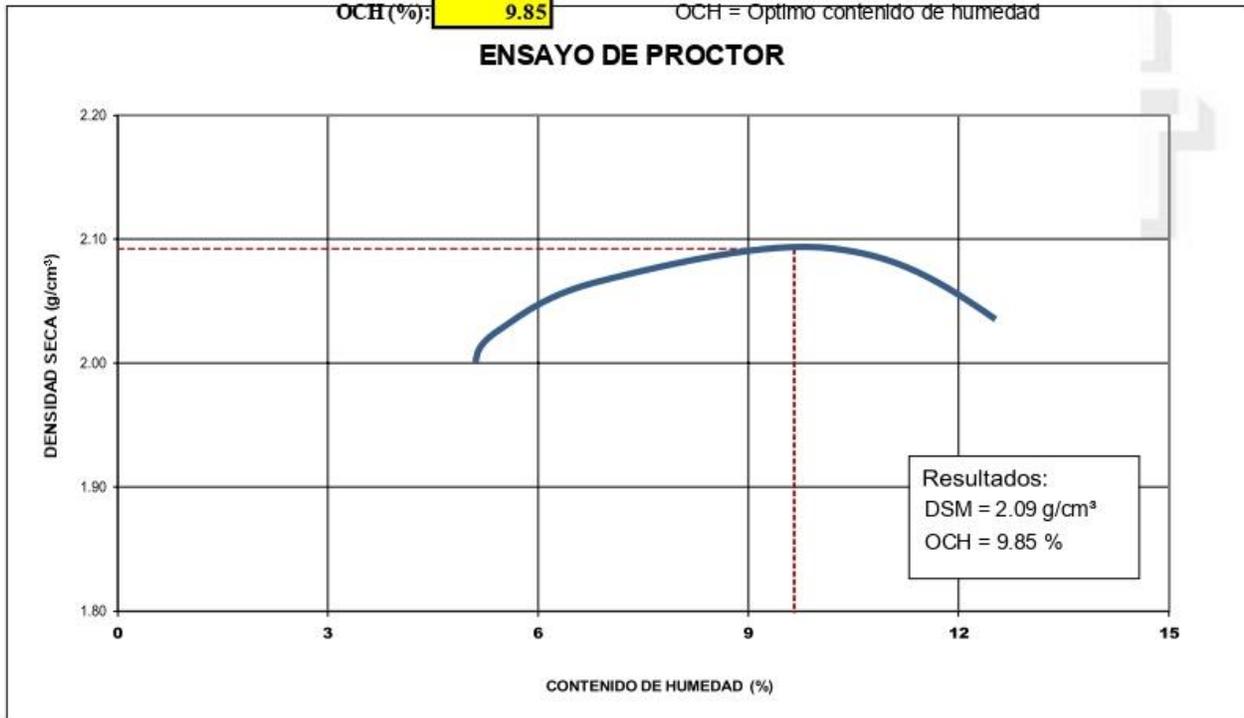
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde + Suelo Húmedo (g)	4001	4030	4060	4135	4180
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	1997	2026	2056	2131	2176
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.11	2.14	2.17	2.25	2.30
Densidad Seca (g/cm ³)	2.00	2.02	2.04	2.07	2.10

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.09**
 OCH (%): **9.85**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

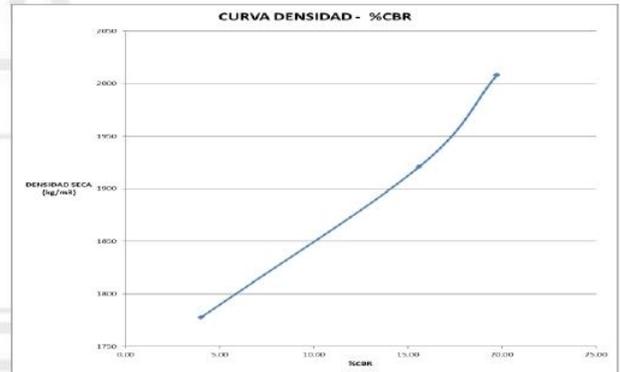
O.C.H. %: 9.85

TABLA 8: ENSAYO DE CBR – 25%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	11920	11900	11760	11840	12940	12620
Peso del Molde (gr)	7250	7240	7248	7248	8536	8505
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.19	2.21	2.12	2.16	2.04	1.93
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	2884.7	2734.5	2769.5	2793.4	2638.78	2541.2
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85
% de Humedad	9.03	11.2	9.06	11.4	8.91	10.9
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.01	1.987	1.94	1.83	1.87	1.745

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE RESGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES	
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.025	116.90	5.99	97.60	5.00	73.00	2.40
1.27	0.050	192.00	9.93	172.00	8.90	154.80	8.00
1.90	0.075	297.00	15.35	263.00	13.60	222.00	11.50
2.54	0.300	396.00	20.47	354.00	17.30	284.00	14.60
3.80	0.350	506.00	25.25	421.00	21.30	353.00	18.20
5.06	0.200	642.00	33.18	568.00	28.30	456.00	23.60
7.12	0.100	945.00	43.67	716.00	37.90	566.00	30.30
10.10	0.400	947.00	44.94	868.00	44.90	600.00	35.60
12.70	0.500	1001.80	51.71	950.00	49.10	752.00	38.90



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	20.5	70.35	29.9	2.24
2	0.1	17.3	70.35	24.54	2.18
3	0.1	14.6	70.35	20.79	2.11

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	33.2	105.46	31.46	2.24
2	0.2	28.2	105.46	26.8	2.18
3	0.2	23.6	105.46	22.35	2.1

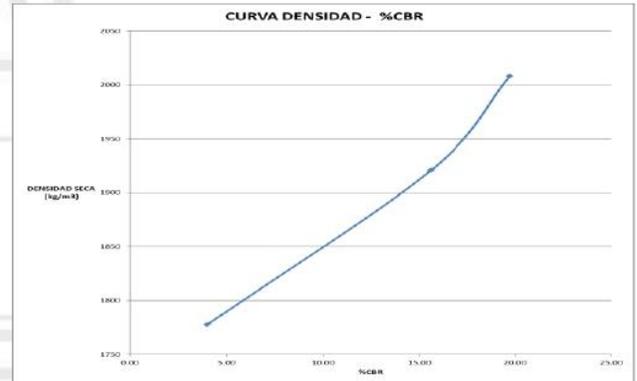
METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %	2.24
Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %	2.13
OPTIMO Contenido de Humedad	8.9
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 29.09 0.2" 31.46
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 22.2 0.2" 24.05

TABLA 9: ENSAYO CBR – 35%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR									
ESTADO		SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO		
MOLDE		MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02			
N° DE GOLPES POR CAPA		56		26		12			
SOBRECARGA (gr)		4530		4530		4530			
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)		12510	12050	12330	121130	13410	14010		
Peso del suelo humedo (gr)		4660	4700	4515	4504	4335	4115		
Volumen del Molde (cm3)		30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12		
Volumen del disco espaciador (cm3)		1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Humedad (gr/cm3)		2.47	2.58	2.3	2.53	2.51	2.5		
CAPSULA N°		1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo humedo + capsula (gr)		2884.7	2734.5	2769.5	2793.4	2638.78	2541.2		
Peso del suelo seco + Capsula (gr)		2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95		
Peso del Agua en (gr)		213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36		
Peso de capsula (gr)		106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2		
Peso de Suelo Seco (gr)		2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85		
% de Humedad		9.03	11.2	9.06	11.4	8.91	10.9		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)		2.26	2.31	2.18	2.27	2.11	2.2		
ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE REGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									
ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES			
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2		
0.00	0.000	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.60	0.025	141.00	3.29	122.00	4.30	73.00	2.40		
1.27	0.050	192.00	9.93	172.00	8.90	154.80	8.00		
1.90	0.075	297.00	15.35	263.00	13.60	222.00	11.50		
2.54	0.300	396.00	20.47	354.00	17.30	284.00	14.60		
3.80	0.350	506.00	25.25	421.00	21.30	353.00	18.20		
5.06	0.200	642.00	33.18	568.00	28.30	456.00	23.60		
7.12	0.100	945.00	43.67	716.00	37.90	566.00	30.30		
10.10	0.400	947.00	44.94	868.00	44.90	600.00	35.60		
12.70	0.500	1036.00	53.03	967.60	54.00	817.60	42.30		



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	21.4	70.35	30.49	2.25
2	0.1	18.5	70.35	26.37	2.199
3	0.1	15.9	70.35	22.63	2.11

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	34.5	105.45	32.59	2.25
2	0.2	29.6	105.46	28.08	2.18
3	0.2	25.4	105.46	24.05	2.11

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.25
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.14
OPTIMO Contenido de Humedad	9.2
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 30.49 0.2" 32.69
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 24.45 0.2" 25.8

TABLA 10: ENSAYO CBR – 50%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12540	12930	12370	12870	13450	14000
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.46	2.6	2.41	2.04	2.33	2.61
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	2054.15	2100.05	2120.95	2162.85	1906.15	2015.65
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85
% de Humedad	9.03	11.2	9.06	11.4	8.91	10.9
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.25	2.307	2.2	2.58	2.123	2.18

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE RESGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES	
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.025	179.00	3.29	122.00	4.30	73.00	7.00
1.27	0.050	255.00	9.93	172.00	8.90	154.80	11.20
1.90	0.075	368.00	15.35	263.00	13.60	222.00	14.70
2.54	0.300	455.00	20.47	354.00	17.30	284.00	17.90
3.80	0.350	578.00	25.25	421.00	21.30	353.00	21.90
5.06	0.200	585.00	33.18	568.00	28.30	456.00	27.30
7.12	0.100	745.00	43.67	716.00	37.90	566.00	33.30
10.10	0.400	1010.00	52.20	868.00	44.90	600.00	38.80
12.70	0.500	1068.00	54.99	967.60	54.00	817.60	44.20



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	23.4	70.35	33.28	2.28
2	0.1	20.5	70.35	29.16	2.2
3	0.1	17.9	70.35	25.42	2.12

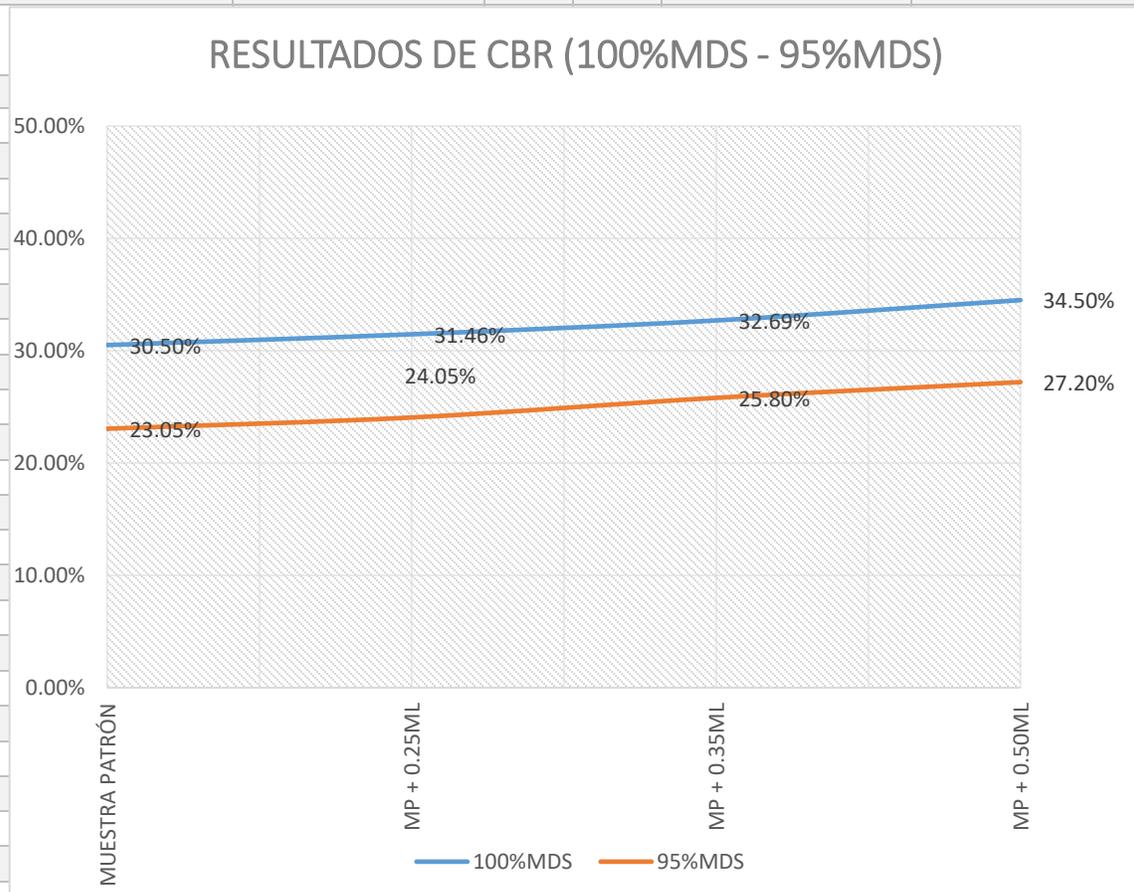
MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	36.4	105.46	34.55	2.26
2	0.2	31.6	105.46	29.34	2.2
3	0.2	27.3	105.46	25.92	2.12

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.28
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.15
OPTIMO Contenido de Humedad	9.5
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 33.28 0.2" 34.5
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 26.7 0.2" 27.2

N° ENSAYOS	CALICATA 01	100%MDS	95%MDS
01	MUESTRA PATRÓN	30.50%	23.05%
01	MP + 0.25ML	31.46%	24.05%
01	MP + 0.35ML	32.69%	25.80%
01	MP + 0.50ML	34.50%	27.20%



Interpretación:

En la tabla anterior podemos verificar el resultado de la calicata Numero 01, donde podemos observar que el resultado del **CBR al 100%** es de **34.50 %**, y al **95%** es de **27.20%**, todo ello extraído de nuestra subrasante, obteniendo con ello una calificación de: **BUENO**.

CBR 100% = 34.50% / CBR 95% = 27.20%

USO: SUB RASANTE / CLASIFICACION: BUENO

TABLA 11: CALICATA 02
ENSAYO GRANULOMETRICO

ASTM D-422 / MTC E 107						
PROYECTO:	"Efectos del aditivo Terrazyme en las propiedades mecanicas de subrasante en Av. integracion - Huanchaco ,Trujillo 2022					
SOLICITANTE:	Zamora Vasquez, Mary Elizabeth / Moreno Gonzales Omar Alexander					
UBICACIÓN:	Victor Raul - Huanchaco- La Libertad					
FECHA:	Agosto del 2022					
DATOS DEL ENSAYO						
MUESTRA:	C- Integracion	CALICATA:	C-02	PESO LAVADO SECO:	1500 gr	
ESTRATO:	A-01	PROFUNDIDAD:	0.90 - 150 m	PESO LAVADO SECO:	903.49 gr	
PROGRESIVA:	Km 1 + 095					
Tamices	Abertura	Peso	% Retenido	% Retenido	% que	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	pasa	
3"	76.2	0	0	0	100	Limite Liquido (LL): N.P.
2 1/2"	63.5	0	0	0	100	Limite Plastico (L.P.): N.P.
2"	50.8	0	0	0	100	Indicie Plastico (L.P.): N.P.
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	Clasificacion SUCS: GM
1"	25.4	207.67	13.84	13.84	86.16	Clasificacion AASHTO A-4(1)
3/4"	19.05	81.88	5.46	19.3	80.7	Descripcion: GRAVA LIMOSA CON ARENA
1/2"	12.7	93.72	6.25	25.55	74.45	Observacion Astho: Bueno
3/8"	9.525	48.48	3.23	28.78	71.22	Boloneria>3"
1/4"	6.35	0	0	28.78	71.22	Grava 3" - N°4: 34.72%
N°4	4.75	89.08	5.94	34.72	65.28	Arena n°4 - N° 200: 25.50%
10	2	83.59	5.57	40.29	59.71	Finos <N° 200: 39.78%
20	0.85	56.94	3.8	44.09	55.91	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 108
40	0.425	47.44	3.16	47.25	52.75	Peso tara (gr) 114.3 115.2
60	0.25	66.37	4.42	51.67	48.33	sb + tara (gr) 1848.3 1923.7
140	0.106	111	7.4	59.07	40.93	ss + Tara (gr) 1725.5 1802.4
200	0.075	17.17	1.14	60.21	39.79	Pes suelo seco (gr) 1611.2 1687.2
<200	0	0.15	0.01	60.22	39.78	Peso de agua (gr) 123.3 121.3
Total		903.49	60.22			Contenido Humedad % 7.42%

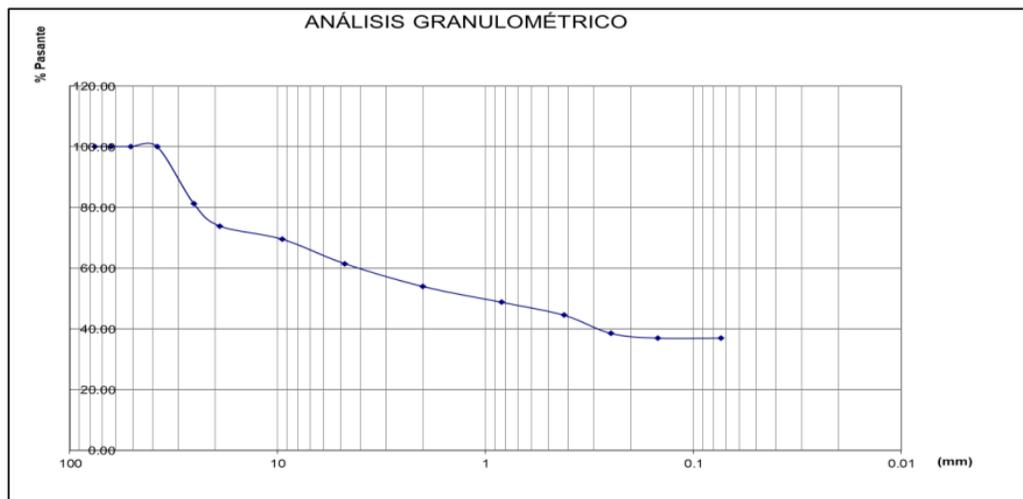


TABLA 12: PROCTOR MODIFICADO – Muestra Patrón

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.4	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	10.96	11.61	13.68

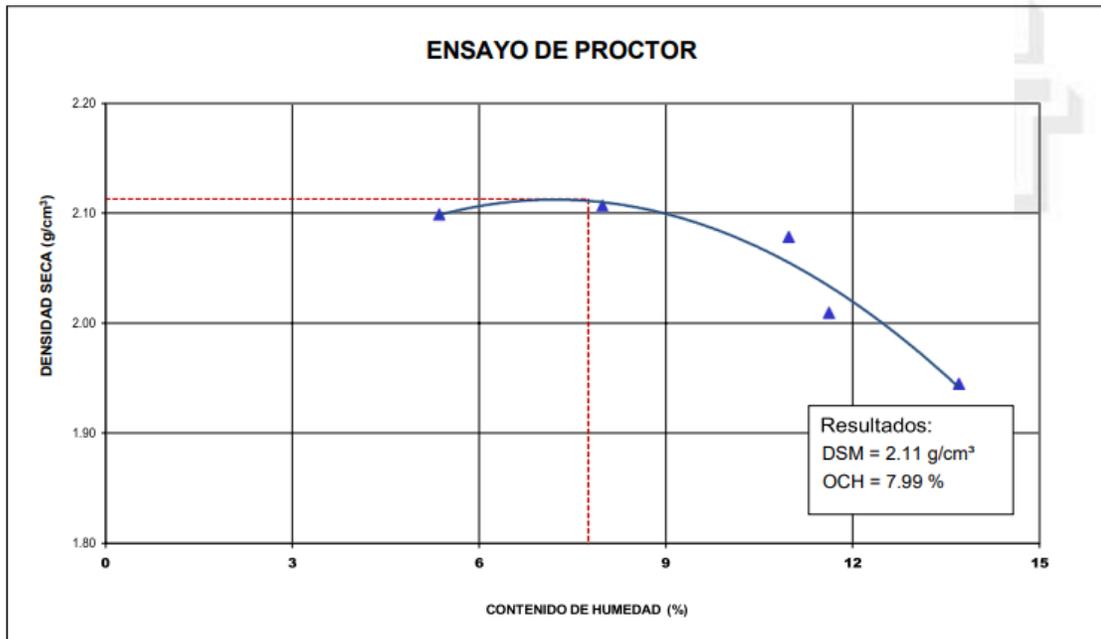
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.11	2.19	2.9	2.88	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.11**
 OCH (%): **7.99**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.%: 7.99

TABLA 13: PROCTOR MODIFICADO – 25%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.4	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	10.96	11.61	13.68

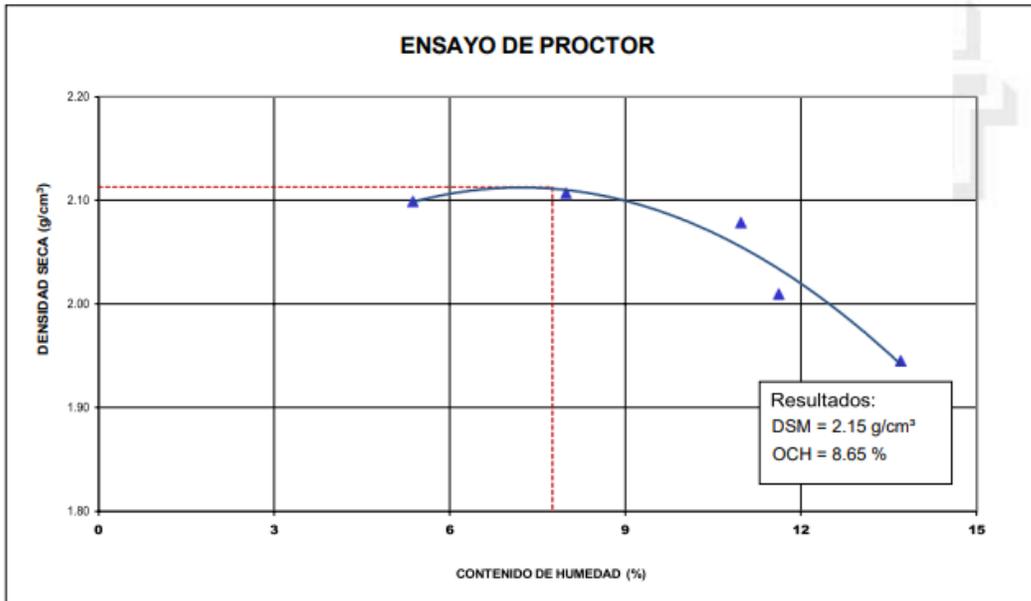
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.10	2.11	2.08	2.01	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.15**
 OCH (%): **8.65**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.%: 8.65

TABLA 14: PROCTOR MODIFICADO – 35%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.4	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	10.96	11.61	13.68

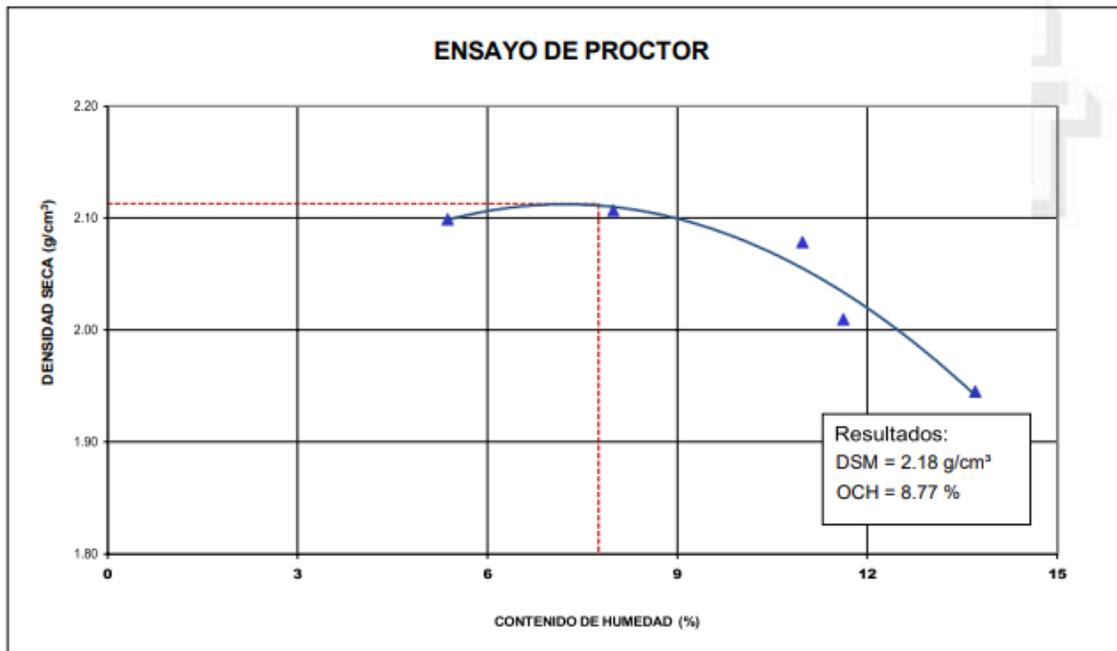
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.10	2.11	2.08	2.01	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.18**
 OCH (%): **8.77**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.:%: 8.77

TABLA 15: PROCTOR MODIFICADO – 50%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.4	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	10.96	11.61	13.68

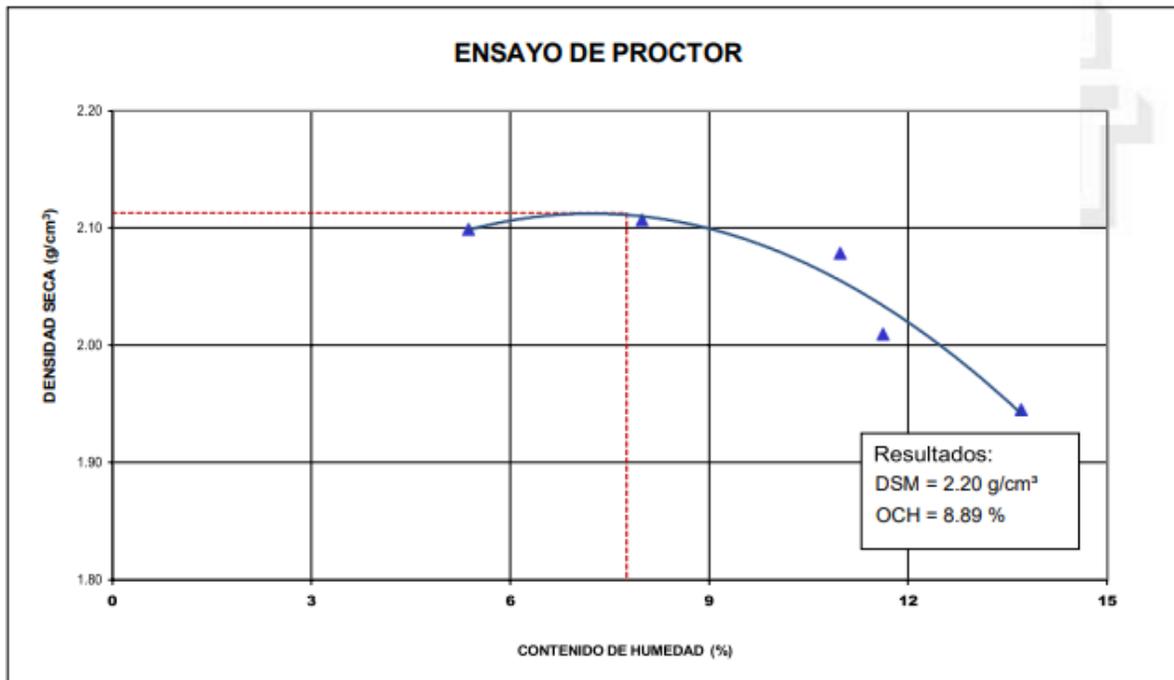
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.10	2.11	2.08	2.01	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.20**
 OCH (%): **8.89**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.:%: 8.89

TABLA 16: ENSAYO DE CBR – 25%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12255	12655	120055	12505	13136	13715
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.35	2.54	2.28	2.4	2.13	2.45
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	2054.15	2100.05	2120.95	2162.85	1906.15	2015.65
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85
% de Humedad	9.03	11.2	9.06	11.4	8.91	10.9
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.154	2.2	2.07	2.14	1.99	2.09

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE REGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES	
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.025	91.90	3.29	122.00	4.30	73.00	2.50
1.27	0.050	167.80	9.93	172.00	8.90	154.80	6.70
1.90	0.075	273.90	15.35	263.00	13.60	222.00	10.20
2.54	0.300	378.90	20.47	354.00	17.30	284.00	13.30
3.80	0.350	481.00	25.25	421.00	21.30	353.00	18.00
5.06	0.200	637.00	33.18	568.00	28.30	456.00	22.30
7.12	0.100	826.00	43.67	716.00	37.90	566.00	29.00
10.10	0.400	922.00	52.20	868.00	44.90	600.00	34.10
12.70	0.500	926.00	54.99	967.60	54.00	817.60	37.60



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	19.2	70.35	27.25	2.15
2	0.1	16	70.35	22.7	2.07
3	0.1	13.3	70.35	18.95	1.99

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	31.9	105.46	30.24	2.15
2	0.2	27	105.46	25.63	2.07
3	0.2	22.3	105.46	21.12	1.99

METODO DE COMPACTACION :

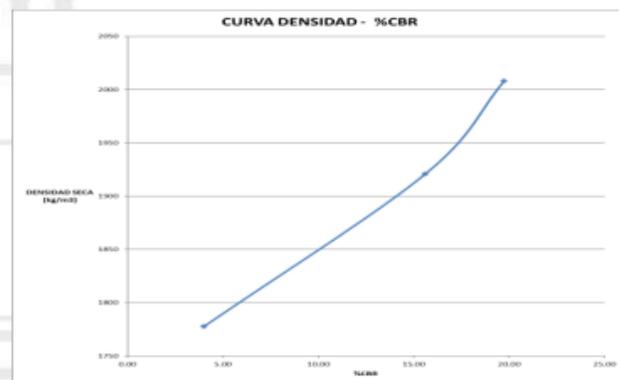
ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.15			
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.04			
OPTIMO Contenido de Humedad	9			
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1"	27.25	0.2"	30.24
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1"	21.6	0.2"	24.3

HUERTAS ESTRUCTURAS & GEOTECNIA SA

TABLA 17: ENSAYO DE CBR – 35%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR									
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO			
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02				
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12				
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530				
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12310	12720	12120	12800	13200	13780			
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115			
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12			
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085			
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.37	2.57	2.29	2.52	2.21	2.48			
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6			
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	1898.16	1098.48	1972.48	1007.38	1730.66	1845.16			
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95			
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36			
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2			
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85			
% de Humedad	9.34	18.1	9.38	19.44	9.33	21.06			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.18	2.17	2.09	2.1	2.09	2.04			
ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE RESGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									
ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES			
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2		
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.60	0.025	111.00	3.29	122.00	4.30	73.00	3.50		
1.27	0.050	187.60	9.93	172.00	8.90	154.80	7.70		
1.90	0.075	292.00	15.35	263.00	13.60	222.00	11.20		
2.54	0.300	391.00	20.47	354.00	17.30	284.00	34.40		
3.80	0.350	503.00	25.25	421.00	21.30	353.00	39.00		
5.06	0.200	637.00	33.18	568.00	28.30	456.00	23.30		
7.12	0.100	540.00	43.67	716.00	37.90	566.00	30.30		
10.10	0.400	943.00	52.20	868.00	44.90	600.00	35.30		
12.70	0.500	996.00	54.99	967.60	54.00	817.60	36.60		



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	20.2	70.35	28.72	2.17
2	0.1	17	70.35	24.17	2.09
3	0.1	14.4	70.35	20.42	2.01

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	32.9	105.46	31.22	2.17
2	0.2	28.1	105.46	26.6	2.09
3	0.2	23.3	105.46	22.1	2.1

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

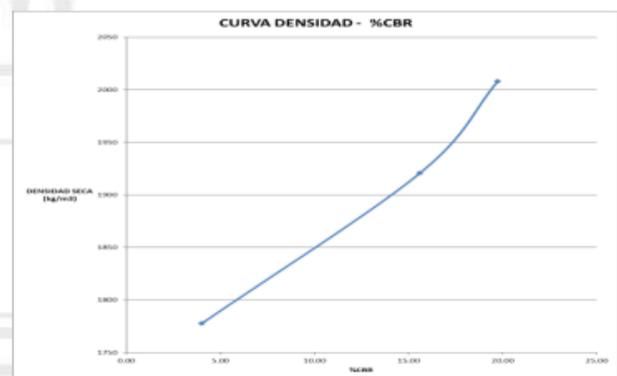
Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %	2.17
Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %	2.06
OPTIMO Contenido de Humedad	9.3
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 28.7% 0.2" 31.2%
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 22.5% 0.2" 24.0%

TABLA:18 ENSAYO DE CBR – 50%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12350	12845	12225	1225	133315	13905
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.41	2.63	2.34	2.58	2.26	2.54
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	1858.35	1901.89	1935.55	1950.54	1593.5	1608.38
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85
% de Humedad	10.58	18.17	10.49	19.44	10.5	21.08
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.18	2.22	2.15	2.15	2.04	2.09

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE REGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES	
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.025	117.80	3.29	122.00	4.30	73.00	4.90
1.27	0.050	233.00	9.93	172.00	8.90	154.80	9.00
1.90	0.075	318.00	15.35	263.00	13.60	222.00	12.60
2.54	0.300	427.00	20.47	354.00	17.30	284.00	15.70
3.80	0.350	529.00	25.25	421.00	21.30	353.00	20.40
5.06	0.200	463.00	33.18	568.00	28.30	456.00	24.70
7.12	0.100	566.00	43.67	716.00	37.90	566.00	31.40
10.10	0.400	964.00	52.20	868.00	44.90	600.00	36.60
12.70	0.500	1622.60	52.83	585.00	54.30	953.60	38.90



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	21.6	70.35	30.63	2.18
2	0.1	18.3	70.35	25.08	2.11
3	0.1	15.7	70.35	22.33	2.04

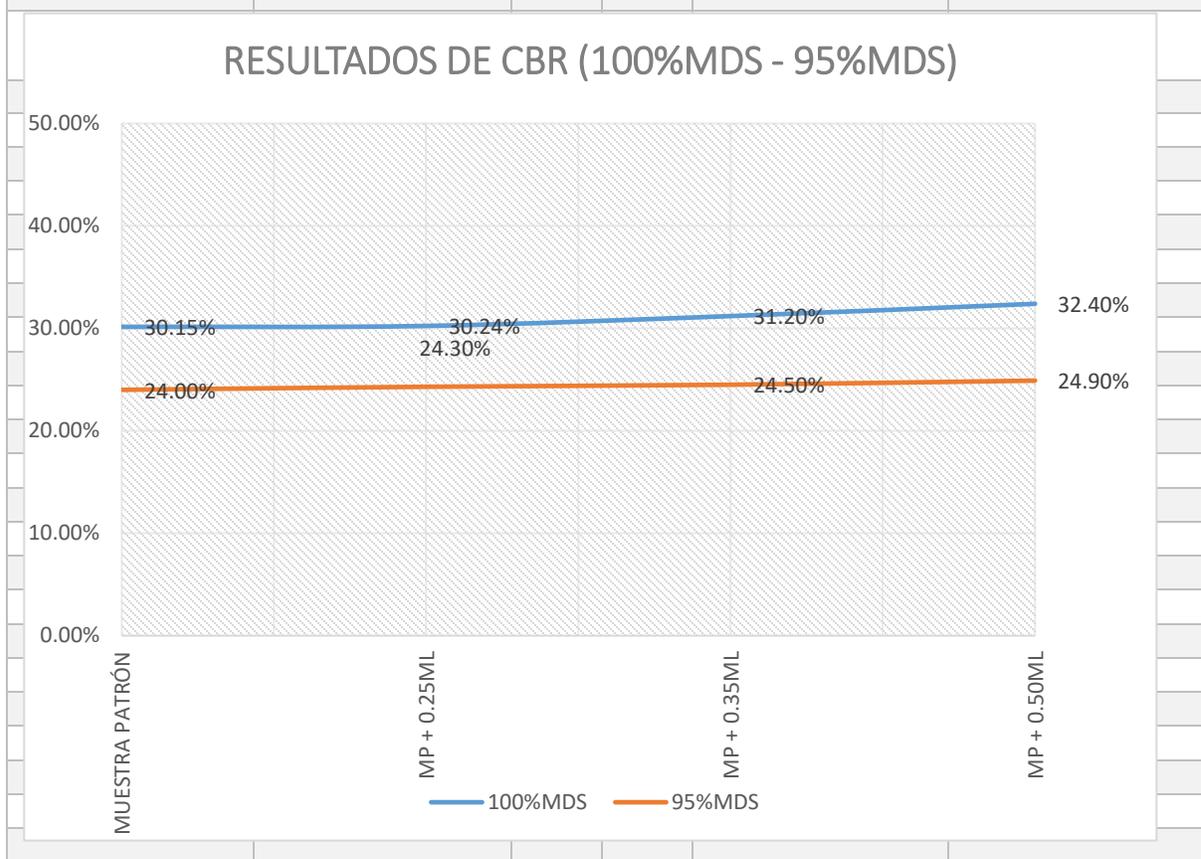
MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	34.3	105.46	32.49	2.18
2	0.2	29.4	105.46	27.88	2.11
3	0.2	24.7	105.46	23.37	2.04

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.18
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.07
OPTIMO Contenido de Humedad	10.5
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 30.6% 0.2" 32.4%
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 23.5% 0.2" 24.9%

N° ENSAYOS	CALICATA 02	100%MDS	95%MDS
01	MUESTRA PATRÓN	30.15%	24.00%
01	MP + 0.25ML	30.24%	24.30%
01	MP + 0.35ML	31.20%	24.50%
01	MP + 0.50ML	32.40%	24.90%



Interpretación:

En la tabla anterior podemos verificar el resultado de la calicata Numero 03, donde podemos observar que el resultado del **CBR al 100%** es de **32.40 %**, y al **95%** es de **24.90%**, todo ello extraído de nuestra subrasante, obteniendo con ello una calificación de: **BUENO**.

CBR 100% = 32.40% / CBR 95% = 24.90%

USO: SUB RASANTE / CLASIFICACION: BUENO

TABLA 19: CALICATA 3
ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamices	Abertura	Peso	% Retenido	% Retenido	% que	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	pasa			
3"	76.2	0	0	0	100	Limite Liquido (LL):	N.P.	
2 1/2"	63.5	0	0	0	100	Limite Plastico (L.P.):	N.P.	
2"	50.8	0	0	0	100	Indicie Plastico (I.P.):	N.P.	
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	Clasificacion SUCS:	SP-SM	
1"	25.4	131.6	10.97	10.97	89.03	Clasificacion AASHTO	A-1-b(0)	
3/4"	19.05	80	6.67	17.64	82.36	Descripcion: ARENA POBREMENTE GRADUADA CON LIMO Y GRAVA		
1/2"	12.7	105.5	8.79	26.43	73.57	Observacion Astho:	Bueno	
3/8"	9.525	66.6	5.55	31.98	68.02	Boloneria>3"		
1/4"	6.35	0	0	31.98	68.02	Grava 3" - N°4 :	43.24%	
N°4	4.75	135.2	11.27	43.25	56.75	Arena n°4 - N° 200:	46.65%	
10	2	124.1	10.34	53.59	46.41	Finos <N° 200:	10.11%	
20	0.85	85.9	7.24	60.83	39.17	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 108		
40	0.425	72.2	6.02	66.85	33.15	Peso tara (gr)	111	104.3
60	0.25	104.4	8.7	75.55	24.45	sb + tara (gr)	2407.7	2247.6
140	0.106	145.7	12.14	87.69	12.31	ss + Tara (gr)	2777.6	2126.5
200	0.075	26.5	2.21	89.9	10.1	Pes suelo seco (gr)	2166.6	2022.2
<200	0	0.4	0.03	89.93	10.07	Peso de agua (gr)	130.1	121.1
Total		1078.1	89.93			Contenido Humedad %	6.00%	

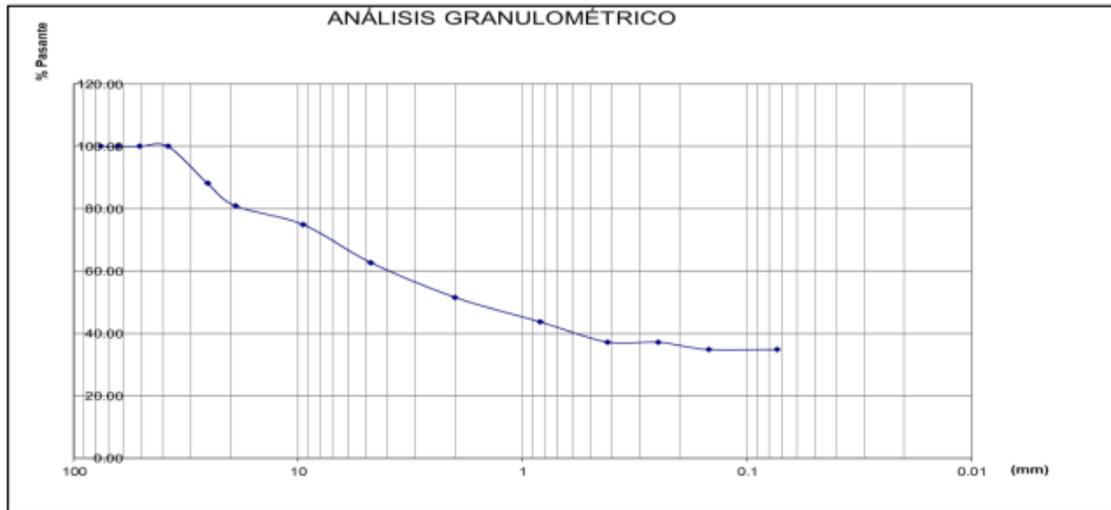


TABLA 20: PROCTOR MODIFICADO – Muestra Patrón

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.42	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	5.37	7.98	9.96	11.61	13.68

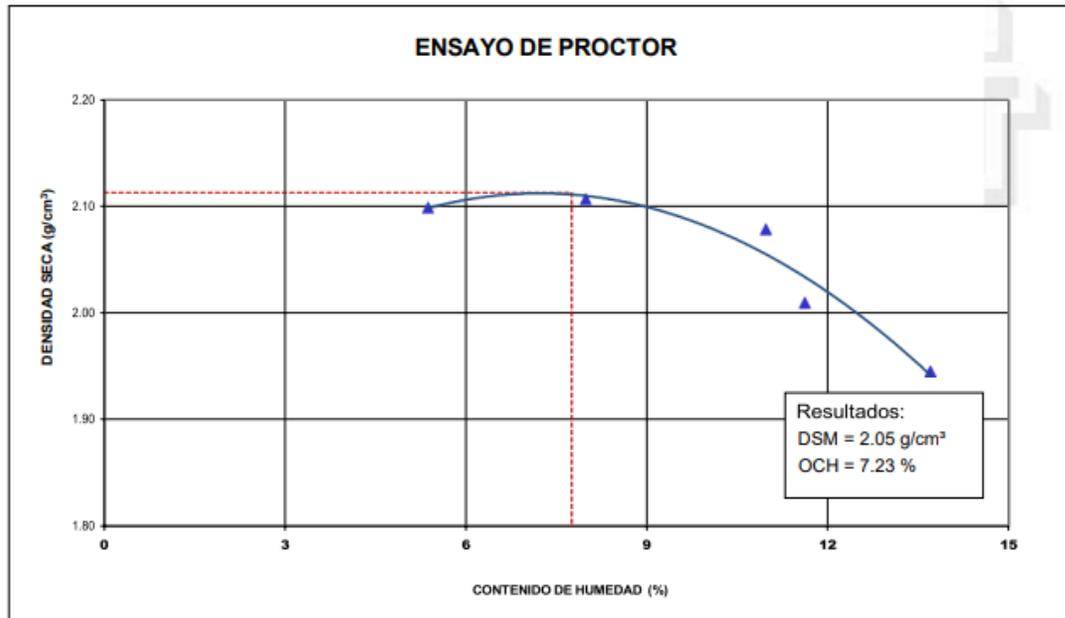
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.07	2.11	2.08	2.01	1.95

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): 2.05
 OCH (%): 7.23

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.%: 7.23

TABLA 21: PROCTOR MODIFICADO – 25%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.42	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	4.37	7.98	8.96	9.61	13.68

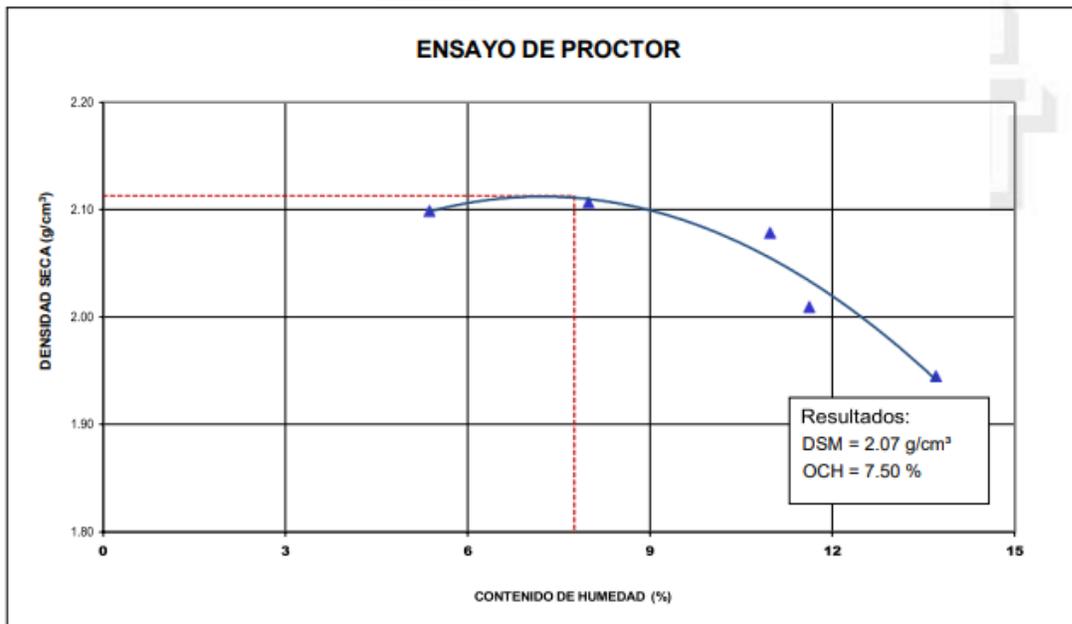
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.17	2.4	2.01	2.01	1.93

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.07**
 OCH (%): **7.50**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H.:%:7.50

TABLA 22: PROCTOR MODIFICADO – 35%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.42	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	7.37	7.98	8.96	8.61	10.68

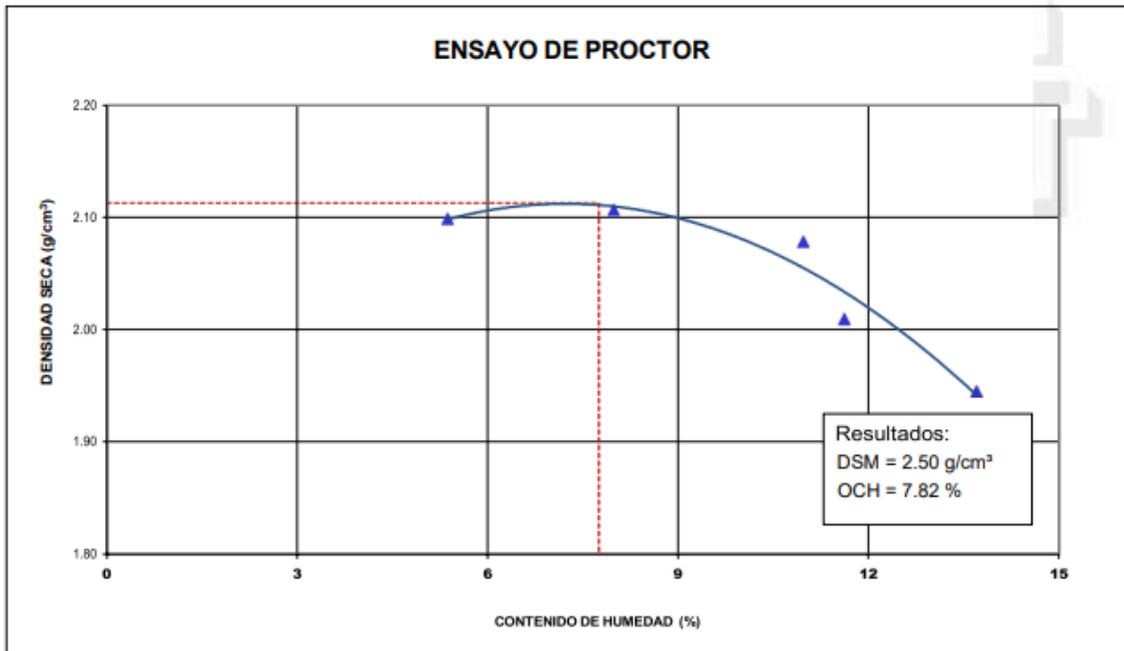
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.47	2.4	2.51	2.01	1.93

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.50**
 OCH (%): **7.82**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad



Interpretación:

O.C.H. %: 7.82

TABLA 23: PROCTOR MODIFICADO – 50%

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Tara No	1	2	3	4	5
Peso Tara + Suelo Húmedo (g)	102.90	105.53	78.09	125.59	76.70
Peso Tara + Suelo Seco (g)	99.50	99.79	72.47	115.42	70.00
Peso del Agua (g)	3.40	5.74	5.62	10.17	6.70
Peso tara (g)	36.23	27.88	21.21	27.79	21.03
Peso Suelo Seco (g)	63.27	71.91	51.26	87.63	48.97
Contenido de humedad (%)	7.39	7.98	8.16	7.91	10.68

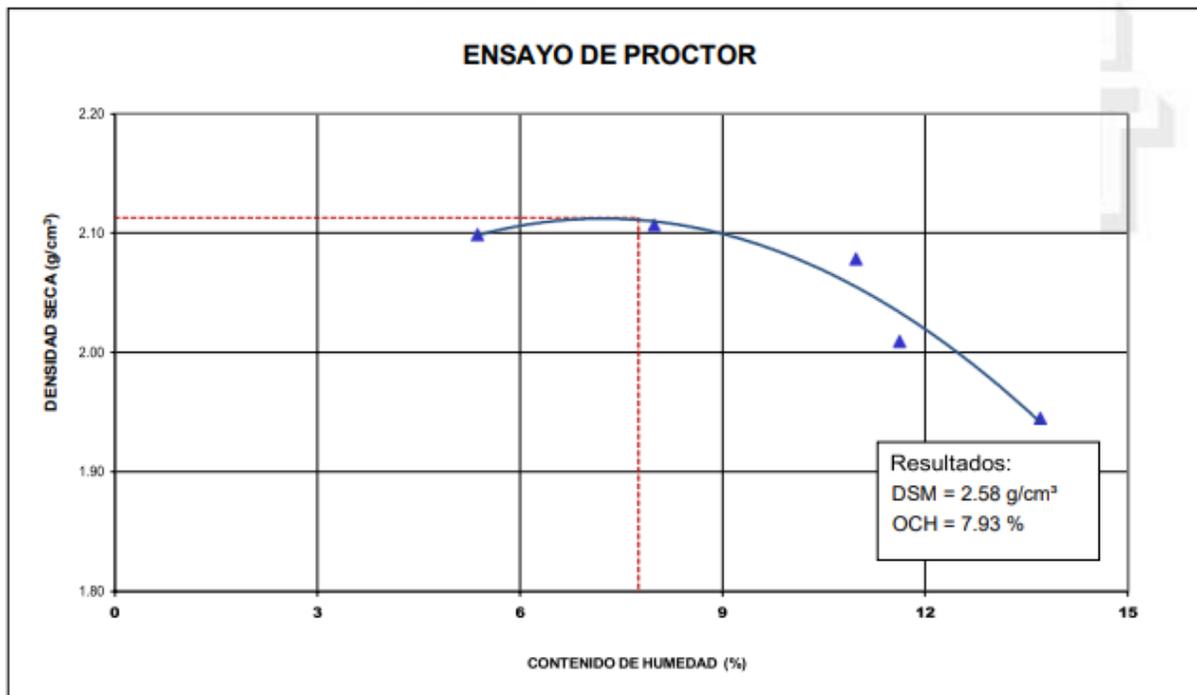
DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRA No	1	2	3	4	5
Peso Molde Peso Suelo Húmedo (g)	4100	4160	4190	4130	4100
Peso Molde (g)	2004	2004	2004	2004	2004
Peso Suelo Húmedo (g)	2096	2156	2186	2126	2096
Volumen Suelo Húmedo (g)	947.85	947.85	947.85	947.85	947.85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.21	2.27	2.31	2.24	2.21
Densidad Seca (g/cm ³)	2.97	2.33	2.01	2.21	1.93

RESULTADOS:

DSM (g/cm³): **2.58**
 OCH (%): **7.93**

DSM = Densidad seca máxima
 OCH = Optimo contenido de humedad

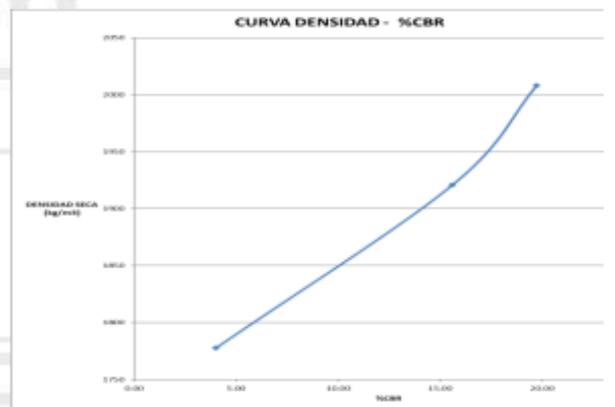


Interpretación:

O.C.H.%: 7.93

TABLA 24: CBR – 25%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR									
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO			
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02				
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12				
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530				
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12143	12406	11836	11965	12915	13165			
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115			
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12			
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085			
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.3	2.42	2.56	2.33	2.07	2.15			
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6			
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	2130.5	2150.32	2216.32	2209.22	1982.62	2087.02			
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95			
Peso del Agua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36			
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2			
Peso de Suelo Seco (gr)	2365.51	2362.66	2527.93	2408.83	2318.4	2370.85			
% de Humedad	9.01	15.25	9.11	15.45	9.11	17.5			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.1	2.09	1.07	1.03	1.9	1.66			
ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE REGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									
ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES			
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2		
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.60	0.025	33.10	3.29	122.00	4.30	73.00	0.70		
1.27	0.050	91.90	9.93	172.00	8.90	154.80	3.20		
1.90	0.075	171.90	15.35	263.00	13.60	222.00	3.90		
2.54	0.300	266.60	20.47	354.00	17.30	284.00	9.30		
3.80	0.350	331.90	25.25	421.00	21.30	353.00	10.60		
5.06	0.200	433.00	33.18	568.00	28.30	456.00	15.30		
7.12	0.100	566.00	43.67	716.00	37.90	566.00	20.60		
10.10	0.400	666.00	34.17	600.00	44.90	600.00	25.20		
12.70	0.500	706.00	36.49	661.00	34.20	527.60	27.20		



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	12.7	70.35	16.07	2.1
2	0.1	10.3	70.35	14.62	1.977
3	0.1	8.3	70.35	11.75	1.9

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	22.4	105.46	21.2	2.107
2	0.2	18.7	105.46	17.74	1.977
3	0.2	15.1	105.46	14.31	1.9

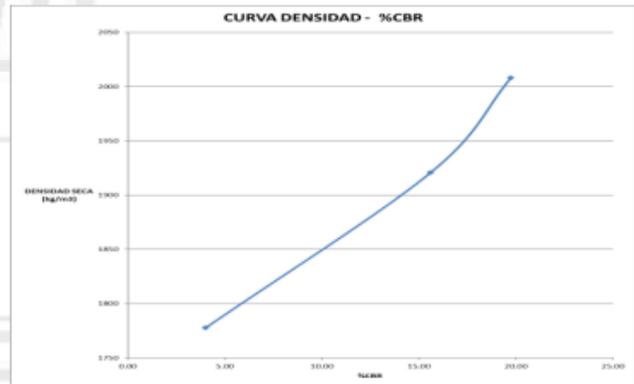
METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.1
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	1.97
OPTIMO Contenido de Humedad	1.9
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 18.1% 0.2" 21.2%
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 15.4% 0.2" 18.5%

TABLA 25: CBR – 35%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR									
ESTADO		SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO		
MOLDE		MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02			
N° DE GOLPES POR CAPA		56		26		12			
SOBRECARGA (gr)		4530		4530		4530			
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)		12295	125575	12005	12155	13085	13335		
Peso del suelo humedo (gr)		4660	4700	4515	4504	4335	4115		
Volumen del Molde (cm3)		30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12		
Volumen del disco espaciador (cm3)		1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Humedad (gr/cm3)		2.35	2.5	2.24	2.21	2.15	2.27		
CAPSULA N°		1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo humedo + capsula (gr)		2130.5	2150.32	2216.32	2209.22	1982.62	2087.02		
Peso del suelo seco + Capsula (gr)		2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95		
Peso del Agua en (gr)		213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36		
Peso de capsula (gr)		106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2		
Peso de Suelo Seco (gr)		1714.77	1675.92	1976.17	1701.1	1586.5	1544.89		
% de Humedad		9.83	15.25	9.98	95.45	9.81	17.53		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)		2.14	2.05	2.037	1.96	1.08	1.032		
ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.									
40 Hrs.		NO SE REGISTRO							
72 hrs									
96 hrs.									
ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES			
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2		
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.60	0.025	57.80	3.29	122.00	4.30	73.00	0.70		
1.27	0.050	115.80	9.93	172.00	8.90	154.80	3.20		
1.90	0.075	195.00	15.35	263.00	13.60	222.00	3.90		
2.54	0.300	270.00	20.47	354.00	17.30	284.00	9.30		
3.80	0.350	355.00	25.25	421.00	21.30	353.00	10.60		
5.06	0.200	457.00	33.18	568.00	28.30	456.00	15.30		
7.12	0.100	612.00	43.67	716.00	37.90	566.00	20.60		
10.10	0.400	669.00	34.17	624.60	32.20	511.80	36.40		
12.70	0.500	730.00	37.73	685.00	35.00	661.70	28.50		



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	14	70.35	19.83	2.14
2	0.1	11.5	70.35	16.36	2.03
3	0.1	9.5	70.35	13.52	1.96

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm²)	PRESION PATRON (Kg/cm²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	23.6	105.46	22.39	2.14
2	0.2	19.9	105.46	18.92	2.03
3	0.2	16.3	105.46	15.49	1.96

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

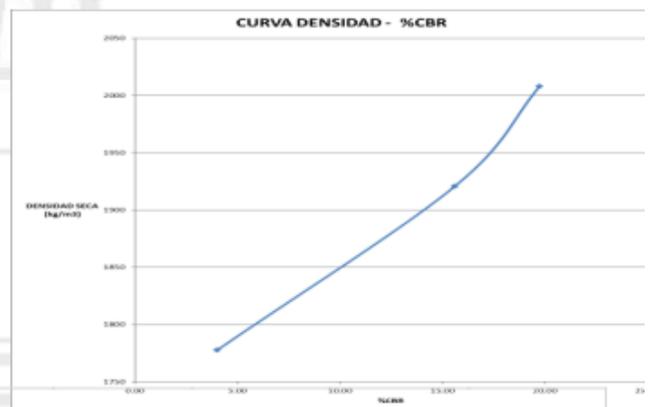
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100 %	2.14
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.04
OPTIMO Contenido de Humedad	9.8
C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 19.8% 0.2" 22.4%
C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca	0.1" 16.5% 0.2" 19.0%

TABLA 26: CBR – 50%

ENSAYO DE COMPACTACION CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 02	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso del Suelo Humedo + molde (gr)	12250	12550	11950	12130	13060	13310
Peso del suelo humedo (gr)	4660	4700	4515	4504	4335	4115
Volumen del Molde (cm3)	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12	30.12
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Humedad (gr/cm3)	2.35	2.49	2.23	2.3	2.14	2.25
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo humedo + capsula (gr)	2130.5	2150.32	2216.32	2209.22	1982.62	2087.02
Peso del suelo seco + Capsula (gr)	2471.11	2495.56	2540.43	2506.73	2333.12	2382.95
Peso del Aagua en (gr)	213.69	264.62	229.07	254.87	206.58	258.36
Peso de capsula (gr)	106.6	107.2	12.6	11.9	11.7	12.2
Peso de Suelo Seco (gr)	1714.77	1675.92	1976.17	1701.1	1586.5	1544.89
% de Humedad	11.02	15.25	11.05	15.45	11.07	17.53
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	2.11	2.15	2.04	1.972	1.92	1.922

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 Hrs									
24 Hrs.		NO SE REGISTRO							
40 Hrs.									
72 hrs									
96 hrs.									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION							
PENETRACION		MOLDE 1 - 56 GOLPES		MOLDE 2- 25 GOLPES		MOLDE 3- 2 GOLPES	
mm	Pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.025	57.80	3.23	122.00	4.30	73.00	1.30
1.27	0.050	115.80	5.32	172.00	8.90	154.80	3.80
1.90	0.075	195.00	9.45	263.00	13.60	222.00	6.50
2.54	0.300	270.00	13.33	354.00	17.30	284.00	8.90
3.80	0.350	355.00	17.73	421.00	21.30	353.00	11.30
5.06	0.200	457.00	23.00	568.00	28.30	456.00	15.70
7.12	0.100	612.00	31.00	716.00	37.90	566.00	20.60
10.10	0.400	669.00	34.99	412.00	31.90	499.90	25.80
12.70	0.500	730.00	37.11	473.00	34.80	599.80	27.90



VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	13.3	70.35	18.95	2.11
2	0.1	10.9	70.35	15.5	2
3	0.1	8.9	70.35	12.64	1.92

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (Kg/cm2)	PRESION PATRON (Kg/cm2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	23	105.46	21.81	2.11
2	0.2	19.3	105.46	18.33	2
3	0.2	15.7	105.46	14.9	1.92

METODO DE COMPACTACION :

ASTM D 1557

Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %

2.11

Maxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %

2.01

OPTIMO Contenido de Humedad

11

C.B.R. AL 100 % de la Maxima Densidad Seca

0.1"

19.0%

0.2"

21.5%

C.B.R. AL 95 % de la Maxima Densidad Seca

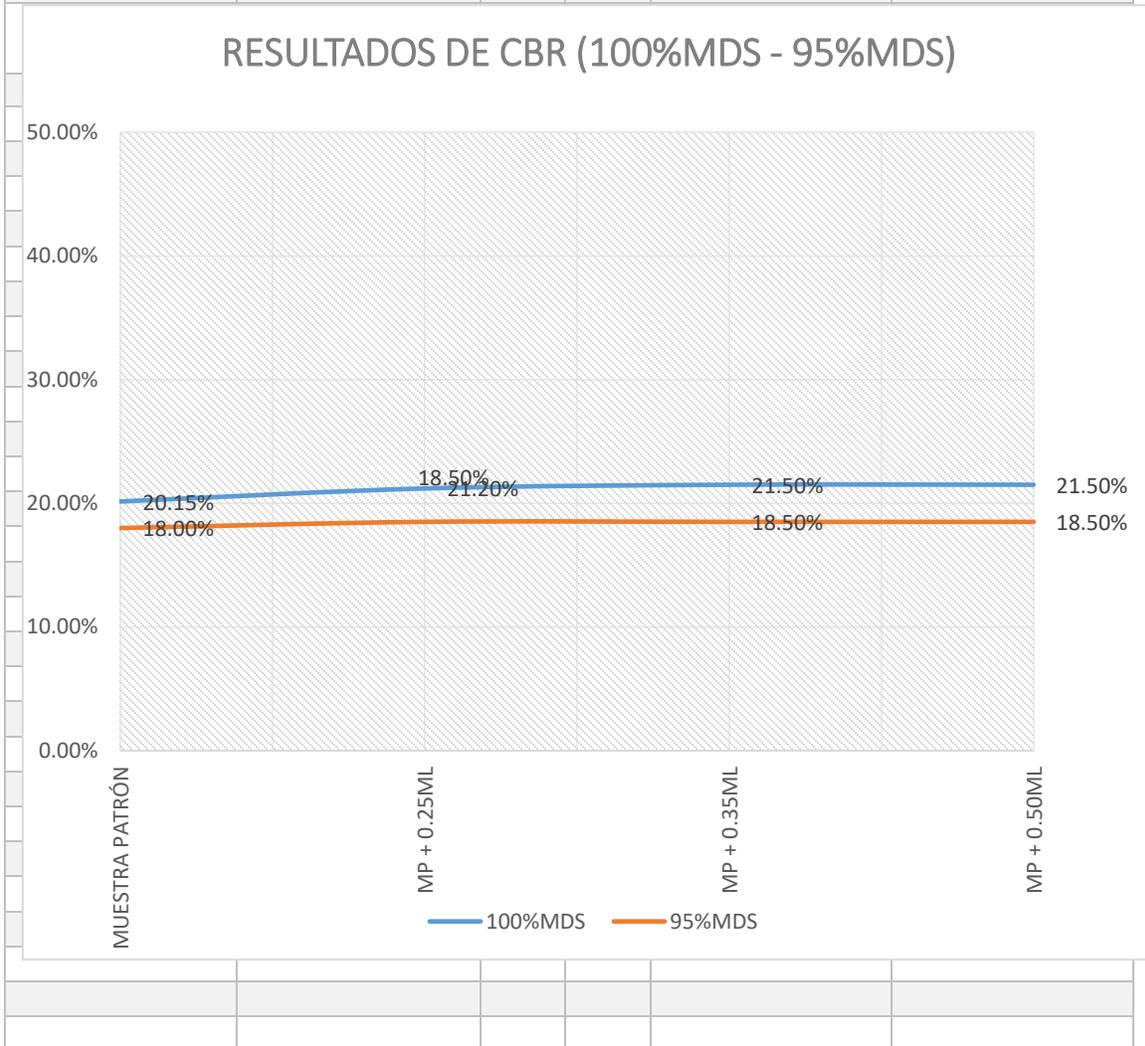
0.1"

15.7%

0.2"

18.5%

N° ENSAYOS	CALICATA 03	100%MDS	95%MDS
01	MUESTRA PATRÓN	20.15%	18.00%
01	MP + 0.25ML	21.20%	18.50%
01	MP + 0.35ML	21.50%	18.50%
01	MP + 0.50ML	21.50%	18.50%



Interpretación:

En la tabla anterior podemos verificar el resultado de la calicata Numero 03, donde podemos observar que el resultado del **CBR al 100%** es de **21.50%**, y al **95%** es de **18.50%**, todo ello extraído de nuestra subrasante, obteniendo con ello una calificación de: **BUENO**.

CBR 100% = 21.50% / CBR 95% = 18.50%

USO: SUB RASANTE / CLASIFICACION: BUENO

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

INDICADOR 1: Contenido de humedad

Se estableció valores de contenido de humedad que poseen una distribución normal; para lo cual se desarrolló la prueba de normalidad con fines de establecer si los datos son normales o no estadísticos.

Tabla 27. Prueba de normalidad – contenido de humedad

Pruebas de normalidad				
DOSIFICACION		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
CONTENIDO DE HUMEDAD	MUESTRA PATRON	0.912	3	0.424
	MP + 0.25ML	0.923	3	0.463
	MP + 0.35ML	0.750	3	0.000
	MP+0.50ML	0.750	3	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como indica en la tabla, los valores obtenidos del contenido de humedad poseen una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba paramétrica.

Toma de decisión

H0 La variación del óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme no mejora la Subrasante de la Av. Integración. Siempre y cuando el P valor sea mayor o igual a Alpha (α), se aceptará la hipótesis.

H1 La variación del óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme mejora la Subrasante de la Av. Integración. Siempre y cuando se cumpla la condición de P valor menor a Alpha (α), se aceptará la hipótesis.

Tabla 28. ANOVA de un factor para el óptimo contenido de humedad

ANOVA					
TRABAJABILIDAD					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.313	3	0.771	469.745	0.000
Dentro de grupos	0.013	8	0.002		
Total	2.327	11			

Se observa en la tabla, que el valor de significancia es menor al valor Alpha ($0.000 < 0.05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 29. Comparaciones múltiples – Optimo contenido de humedad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) DOSIFICACION		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95%	
					Límite inferior	Límite superior
MUESTRA PATRON	MUESTRA PATRON +25ML	0.04333	0.03308	0.582	-0.0626	0.1493
	MUESTRA PATRON +35ML	.73667*	0.03308	0.000	0.6307	0.8426
	MUESTRA PATRON +50ML	1.01667*	0.03308	0.000	0.9107	1.1226
MUESTRA PATRON +25ML	MUESTRA PATRON	-0.04333	0.03308	0.582	-0.1493	0.0626
	MUESTRA PATRON +35ML	.69333*	0.03308	0.000	0.5874	0.7993
	MUESTRA PATRON +50ML	.97333*	0.03308	0.000	0.8674	1.0793
MUESTRA PATRON +35ML	MUESTRA PATRON	-.73667*	0.03308	0.000	-0.8426	-0.6307
	MUESTRA PATRON +25ML	-.69333*	0.03308	0.000	-0.7993	-0.5874
	MUESTRA PATRON +50ML	.28000*	0.03308	0.000	0.1741	0.3859
MUESTRA PATRON +50ML	MUESTRA PATRON	-1.01667*	0.03308	0.000	-1.1226	-0.9107
	MUESTRA PATRON +25ML	-.97333*	0.03308	0.000	-1.0793	-0.8674
	MUESTRA PATRON +35ML	-.28000*	0.03308	0.000	-0.3859	-0.1741

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 30. Subconjuntos homogéneos – optimo contenido de humedad

TRABAJABILIDAD				
HSD Tukey ^a				
MUESTREO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
MUESTRA PATRON + 50ML	3	2.0600		
MUESTRA PATRON + 35ML	3		2.3400	
MUESTRA PATRON + 25ML	3			3.0333
MUESTRA PATRON	3			3.0767
Sig.		1.000	1.000	0.582

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

De acuerdo al análisis estadístico se observa que solo mediante la adición de 25 ML de aditivo TerraZyme se incrementó significativamente el óptimo contenido de humedad respecto a los siguientes porcentajes adiciones de 35ML y 50 ML de TerraZyme; mientras que la diferencia con la muestra patrón es de 0.0434.

INDICADOR 2: VARIACION MAXIMA DE DENSIDAD SECA

Se estableció valores de MDS que poseen una distribución normal; para lo cual se desarrolló la prueba de normalidad con fines de establecer si los datos son normales o no estadísticos

Tabla 31. Prueba de normalidad – MDS

Pruebas de normalidad				
DOSIFICACION		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MAXIMA DENSIDAD SECA	MUESTRA PATRON	1.000	3	1.000
	MP + 0.25ML	1.000	3	0.984
	MP + 0.35ML	1.000	3	0.983
	MP+0.50ML	1.000	3	1.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como indica en la tabla, los valores obtenidos del MDS poseen una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba paramétrica.

Toma de decisión

H0 La máxima densidad seca empleando aditivo TerraZyme no mejora la Subrasante en la Av. Integración. Siempre y cuando el P valor se mayor o igual a Alpha (α), se aceptara la hipótesis

H1 La máxima densidad seca empleando aditivo TerraZyme mejorara la Subrasante en la Av. Integración. Siempre y cuando el P valor se mayor o igual a Alpha (α), se aceptara la hipótesis

Tabla 32. ANOVA de la MDS

ANOVA					
ABRASION					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	44.730	3	14.910	132.427	0.000
Dentro de grupos	0.901	8	0.113		
Total	45.631	11			

Se observa, que el valor de significancia es menor menor el valor Alpha ($0.000 < 0.05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H1) y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 33. Comparaciones múltiples – MDS

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) DOSIFICACION		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Limite inferior	Limite superior
MUESTRA PATRON	MUESTRA PATRON +25ML	1,82333 [*]	0.27397	0.001	0.9460	2.7007
	MUESTRA PATRON +35ML	3,54667 [*]	0.27397	0.000	2.6693	4.4240
	MUESTRA PATRON +50ML	5,18000 [*]	0.27397	0.000	4.3026	6.0574
MUESTRA PATRON +25ML	MUESTRA PATRON	-1,82333 [*]	0.27397	0.001	-2.7007	-0.9460
	MUESTRA PATRON +35ML	1,72333 [*]	0.27397	0.001	0.8460	2.6007
	MUESTRA PATRON +50ML	3,35667 [*]	0.27397	0.000	2.4793	4.2340
MUESTRA PATRON +35ML	MUESTRA PATRON	-3,54667 [*]	0.27397	0.000	-4.4240	-2.6693
	MUESTRA PATRON +25ML	-1,72333 [*]	0.27397	0.001	-2.6007	-0.8460
	MUESTRA PATRON +50ML	1,63333 [*]	0.27397	0.002	0.7560	2.5107
MUESTRA PATRON +50ML	MUESTRA PATRON	-5,18000 [*]	0.27397	0.000	-6.0574	-4.3026
	MUESTRA PATRON +25ML	-3,35667 [*]	0.27397	0.000	-4.2340	-2.4793
	MUESTRA PATRON +35ML	-1,63333 [*]	0.27397	0.002	-2.5107	-0.7560

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 34. Sub conjuntos homogéneos – MDS

ABRASION					
HSD Tukey ^a					
MUESTREO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
MUESTRA PATRON + 50ML	3	27.9900			
MUESTRA PATRON + 35ML	3		29.6233		
MUESTRA PATRON + 25ML	3			31.3467	
MUESTRA PATRON	3				33.1700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

De acuerdo al análisis estadístico se observa que solo mediante la adición del 25ml de TerraZyme se incremento el MDS significativamente respecto a los porcentajes de 35ML y 50ML; mientras que la diferencia con la muestra patrón es de 1.8233

V. DISCUSIÓN

1. (Garcia y Llerena 2019) el tipo de investigación fue aplicativo y diseño experimental; se concluyó, se tuvo como muestra 3 calicatas las cuales representaban al terreno natural y las propuestas de adición de aditivo TerraZyme tomadas de las progresivas 10+000, 14+000 y 16+000KM; donde se ensayó con las siguientes dosificaciones 20ml/m³, 30ml/m³, 40ml/m³, y 50ml/m³. Donde se obtuvo los resultados aplicando la dosificación de 40ml/m³ en los siguientes ensayos: Ensayo de C-4 se obtuvo un CBR-Natural 51.20% y el CBR-Optimo es de 105.30%, ensayo de C-6 se obtuvo un CBR-Natural 55.50% y el CBR-Optimo es de 102.40% por último el ensayo C-7 se obtuvo un CBR-Natural de 46.90% y el CBR-Optimo es de 110.90%. Por lo que el autor en su investigación afirma que la aplicación de terrazyme con la dosificación de 40ml/m³ tiene un resultado favorable y de mejora en las propiedades del suelo.

Discusión 1:

La incorporación del aditivo terrazyme en un 0.50ML por kilo de muestra, se tiene resultados favorables, donde se modifican de manera positiva las propiedades mecánicas naturales de las muestras patrón inicial en las 3 calicatas, para lo cual se obtiene un valor de CBR con una clasificación de Bueno y un uso adecuado para Sub Rasante.

2. (Kumar 2020) en su investigación concluyo el suelo cuando se trata con 0.3% de terrazyme, el límite liquido (LL) se reduce en un 7.62% en comparación con el suelo no tratado. El aditivo de terrazyme aumenta el límite plástico en un 9.86% cuando se usa en una concentración de 0.3% de suelo seco (en peso). El índice de consistencia aumenta en un 46% gracias a la aplicación de terrazyme.

Discusión 2:

Mediante el Análisis Granulométrico por Tamizado, se determinó que la Clasificación SUCS (en las 03 exploraciones para las muestras) es de tipo GM, tendiendo como material predominante la Grava, de lo cual NO PRESENTA LL.

LP y IP, debido que existen diferentes estratos de suelo, según su zona geográfica.

3. (Moreno 2021) en su investigación de tipo aplicado la aplicación del aditivo terrazyme aplicado al suelo del terreno localizado en Ampliación las Lomas se obtuvo que su óptimo contenido húmedo (OCH) tuvo una disminución del 10.30% al 10.10% con la aplicación del aditivo terrazyme con una dosificación aplicada de 0.25ml x Kg de material.

Discusión 3:

De los ensayos realizados mediante el Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad) en la CALICATA N°01, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optimizó un valor de 9.85%, superior al valor de la muestra patrón de 7.75; de donde se considera que puede ser compactado con el Máximo Peso Seco Unitario.

4. (Moreno 2021) en su investigación de tipo aplicado la aplicación del aditivo terrazyme aplicado al suelo del terreno localizado en Ampliación las Lomas se obtuvo que la máxima densidad seca (MDS) fue de 0.20 y 0.3ml por kg de material, al aplicar este aditivo se observó un incremento del MDS; donde el terreno natural y/o suelo de fundación obtuvo un valor de 2.008 gr/cm³, y tuvo un incremento hasta el 2.013gr/cm³.

Discusión 4

De los ensayos realizados mediante el Proctor Modificado (Máxima Densidad Seca) en la CALICATA N°03, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optimizó un valor de 2.19 gr/cm³, superior al valor de la muestra patrón de 2.11 gr/cm²; de donde se considera que tiene mayor densidad a ser compactado.

5. (Barahona 2019) la investigación fue de tipo cuantitativo, nivel aplicado; la tesis concluyó que resultados promedios de CBR con agua destilada fue 6.4667% y con el estabilizante químico Terrazyme 25.0400%, dando como

incremento del 287.21% del CBR. De estos resultados se concluye que aplicando estabilizante de Terrazyme tiene resultados muy favorables en la densidad y CBR en suelos arcillosos en carreteras de trocha de Pomacucho-Pacaypampa.

Discusión 5

De los ensayos realizados mediante el CBR con 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración en las muestras sin adición del Aditivo de Terrazyme se obtiene que en la CALICATA N°01 se tiene valores de: **CBR (100%MDS) = 30.50% / CBR (95%MDS) = 23.05%**

De los ensayos realizados mediante el CBR con 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración en las muestras con un porcentaje de adición de 0.50ML del Aditivo de Terrazyme se obtiene que en la CALICATA N°01 se tiene valores de: **CBR (100%MDS) = 34.50% / CBR (95%MDS) = 27.20%**

Donde se tiene un incremento respecto al valor inicial del CBR de 113%

VI. CONCLUSIONES

- 1.** La incorporación del aditivo terrazyme en un 0.50ML por kilo de muestra, se tiene resultados favorables óptimos, donde se modifican de manera positiva las propiedades mecánicas naturales de las muestras patrón inicial en las 3 calicatas, para lo cual se obtiene un valor de CBR con una clasificación de Bueno y un uso adecuado para Sub Rasante.
- 2.** Según el Análisis Granulométrico por Tamizado, se determinó que la Clasificación SUCS (en las 03 exploraciones para las muestras) es de tipo GM, tendiendo como material predominante la Grava, de lo cual **NO PRESENTA LL. LP y IP**, debido que existen diferentes estratos de suelo, según su zona geográfica.
- 3.** De los Resultados del Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad) en la CALICATA N°01, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optime un valor de 9.85%, superior al valor de la muestra patrón de 7.75; de donde se considera que puede ser compactado con el Máximo Peso Seco Unitario.
- 4.** De los Resultados del Proctor Modificado (Máxima Densidad Seca) en la CALICATA N°03, se determinó que con la adición de 0.50ML de aditivo terrazyme se optime un valor de 2.58 gr/cm³, superior al valor de la muestra patrón de 2.05 gr/cm²; de donde se considera que tiene mayor densidad a ser compactado.

5. De los ensayos realizados mediante el CBR con 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración en las muestras con un porcentaje de adición de 0.50ML del Aditivo de Terrazyme se obtiene que en la CALICATA N°01 se tiene valores de: **CBR (100%MDS) = 34.50% / CBR (95%MDS) = 27.20%**

Donde se tiene un incremento respecto al valor inicial del CBR de 113%

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Con la adición de 0.50ML del Aditivo de Terrazyme por kilo de muestra, se obtienen valores de CBR, los cuales pueden ser utilizados en Carreteras de segunda clase, a nivel de Sub Rasante, y mejorar las condiciones de Transitabilidad, en marco de generar desarrollo local y económico se deberá considerar como una alternativa de solución.
- 2.** Ante un eventual diseño para el mejoramiento de la Sub Rasante, se deberá conocer el IMD para poder determinar de manera adecuada el CBR de diseño., y poder garantizar la vida útil del proyecto.
- 3.** Se recomienda a investigaciones fututas aplicar 0.55ML Aditivo de Terrazyme, para poder conocer la variabilidad de resultados favorables o desfavorables con respecto al 0.50ML, el mismo que servirá como fuente y justificación de la Investigación.

REFERENCIAS

- ALFARO, C., 2012. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APLICADO A LA INGENIERÍA [en línea]. S.I.: Universidad Nacional del Callao. Disponible en:
https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO RODRIGUEZ_FIEE.pdf.
- ALICARESP, 2019. CONCEPTOS BÁSICOS DE CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE, SUB BASE Y BASE. alicaresp [en línea]. Disponible en: <http://alicaresp.com/2019/05/14/conceptos-basicos-de-sub-rasante-sub-base-y-base-de-pavimentos/>.
- ASWAR, BAJAD, & AMBADKAR. (2022). Performance of Terra zyme for soil stabilization of various soil groups. International journal of engineering trends and technology, 70(4), 258–271. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v70i4p222>
- ATHIRA S, B K SAFANA, KEERTHI SABU, 2017, Soil Stabilization using Terrazyme for Road Construction, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT) Volume 06, Issue 03 (March 2017), <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV6IS030515>
- BARAHONA, J., 2019. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ESTABILIZANTES QUIMICOS TERRAZYME Y POLYCOM, EN EL MEJORAMIENTO DE LA DENSIDAD Y EL CBR DE LA TROCHA CARROZABLE POMACUCHO - PACAYPAMPA - SANTA MARIA DEL VALLE - HUANUCO - HUANUCO, 2018 [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2202>.
- BEGUM, A.S., PRASADA RAJU, G.V.R., PRASAD, D.S. V. y ANJAN KUMAR, M., 2021. Influence of TerraZyme on Compaction and Consolidation Properties of Expansive Soil. [en línea]. S.I.: s.n., pp. 525-535. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-981-15-6237-2_44.
- BRAJA, M., 2010. Ingeniería Geotécnica. J. Ross. California: s.n.
- CAMPOS Y COVARRUBIAS, G., & LULE MARTÍNEZ, N. E. (2013). La Observación, Un Método Para El Estudio De La Realidad. Xihmai, 7(13), 45–60. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>

- CHANDANA, A.S., MARATHE, S. y KIRAN KUMAR, B. V., 2023. Pavement Design Using TerraZyme Stabilized Soil. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 917-934. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-981-19-1862-9_59.
- CHAURASIA, V.S., PANDEY, P.P., MISHRA, A.V., GUPTA, S.S. y PAWAR, A.U., 2021. Stabilization of Soil Using Terrazyme for Road Construction. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 671-683. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-981-33-6444-8_60.
- CRESPO, C., 2004. Vías de comunicación caminos , Ferrocarriles, aeropuertos , Puentes, Puertos. Mexico: s.n.
- FERNÁNDEZ, H., 2017. EFECTO DEL ADITIVO TERRAZYME EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTES EN LA ZONA DE EXPANSION DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1140/T016_42379696_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- GARCIA, A. y LLERENA, C., 2019. Influencia del producto bio-enzimático terrazyme como estabilizador de suelos de la carretera ruta N° LI-100 progresiva KM 5+031 - KM 21+256 distrito de Chepén, provincia de Chepén, departamento de La Libertad [en línea]. S.l.: Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4834>.
- GIREESH KUMAR, P., MADHUNIKA, N., SINDHURA, Y., DWARAKAMAI, S., PRANEETHA, A., HARIKA SRAVANI, T. y SRIDEVI, P., 2020. An Experimental Investigation on Soil Stabilization using Terrazyme. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea], vol. 1006, no. 1, pp. 012023. ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899X/1006/1/012023. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1006/1/012023>.
- GUZMAN, W. R. (2014). Universidad Nacional de Ingeniería FIC – CISMID. https://www.academia.edu/9530218/Universidad_Nacional_de_Ingenier%C3%A9a_FIC_CISMID
- HERNANDEZ, J., 2020. Características físicas y propiedades Mecánica de suelos y sus métodos de medición. Guatemala: s.n.

- HERNÁNDEZ, R. & FERNÁNDEZ, C. (2014) Metodología de la Investigación (Sexta edición). México D.F.: Mc Graw Hill/Interamericana Editores S.A.
- JONES, D., & SURDAHL, R. (2014). New procedure for selecting chemical treatments for unpaved roads. *Transportation Research Record*, 2433(1), 87–99.
- KRISHNA PUTHIRAN V S, GURU S, MANIKANDAN G, PROF. R. JAGADEESH KUMAR, 2017, A Review on Stabilization of Soil using Various Admixtures, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT)* Volume 06, Issue 02 (February 2017), <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV6IS020332>
- KUMAR, M., 2020. ANALYSIS OF INDEX PROPERTIES AND CBR VALUES OF TYPICAL SOIL USED IN SUBGRADE CONSTRUCTION UNDER INFLUENCE OF TERRAZYME AND WASTE PLASTIC CEMENT BAG STRIPS. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [en línea], vol. 7, no. 01, pp. 1-12. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61982993/IRJET-V7I11520200203-92134-efb17f-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1656808296&Signature=RJG681PkGM3zQwjtQx3t6dTruRAxAh4~rqn9CbS44wyxJHyxCVAP0T9HCAi6o3SP~WyQ8ijHzy~EnVS9iJOMNfhqkMSUSwQeH8t59-v0ZvYSxIw1ijt6GC9Nix>.
- KUSHWAHA, S. S., KISHAN, D., & DINDORKAR, N. (2018). Stabilization of expansive soil using Eko soil enzyme for highway embankment. *Materials Today: Proceedings*, 5(9),
- LÓPEZ, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto cero*, 09(08), 69–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- LOZADA, J., 2014. *Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria*. . Pichincha, Ecuador:
- MATTOS, J. y VÁSQUEZ, D., 2019. Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2596>.

Ministerio de Transporte Y Comunicaciones, M. (2014). MANUAL DE CARRETERAS - SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-

Ministerio de Transporte y Comunicaciones, M. (2017). MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-06-16%20Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

MONJE, C., 2011. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - Guía didáctica [en línea]. Neiva: uv.mx. Disponible en:

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.

MORENO, C., 2021. Influencia del aditivo terrazyme y del caucho granulado en la subrasante de ampliación Las lomas – Ventanilla, Lima 2021 [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85649>.

NAVALE, A., KANAWADE, R., HASE, U. y PANSARE, A., 2019. Effect of Bio-Enzyme (Terrazyme) on the Properties of Sub Grade Soil. www.irjet.net [en línea], vol. 06, no. 03, pp. 1-9. Disponible en:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59970761/IRJET-V6I315620190709-77867-1hJw0iw-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1656808174&Signature=QnBCWBeQKJyllv82Tjp5usE1Qrrt521KlvNfm4zBjargbTlIt6rIBvR4Om-PR6S-LMLvXegBVj6CDjc2a~wdJMuGzHHr~W6EypHfNEY6fDflziR65NDDRn5f>.

NORIEGA, Y., VIVES, J. y MUÑOZ, S., 2022. Uso de estabilizadores de suelo: Una revisión del impacto al corte y asentamiento. Avances Investigación en Ingeniería [en línea], vol. 19. Disponible en:

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6856>.

ORTIZ URIBE, F. (2016) Diccionario de Metodología de la Investigación Científica (Cuarta Edición). México: Editorial Limusa.

- PALAKPREET, K., AMANPREET, T. y MOHAMMAD, F.A., 2021. A Review on Terrazyme as Pavement Enhancement Approach. IOPSCIENCE [en línea], vol. 889. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/889/1/012052/meta>.
- RODRÍGUEZ, I. C. H. (2012). "METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APLICADO A LA INGENIERÍA." https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf
- ROLLINS, K., 1998. Effect of Soil treatment with Terrazyme on CBR %. Natural Plus, pp. 1-9.
- SAINI, V., & VAISHNAVA, P. (s/f). Soil stabilization by using TerraZyme. Ijaet.org. Recuperado el 11 de setiembre de 2022, de <https://www.ijaet.org/media/12128-IJAET0828239-v8-iss4-566-573.pdf>
- SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJIA, K., 2018. MANUAL DE TÉRMINOS EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y HUMANÍSTICA [en línea]. Primera. Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma. ISBN 978-612-47351-4-1. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>.
- SOSA, M., CALDO, A., HALLES, F. y TENOUX, G., 2019. Guía para la evaluación y selección de aditivos estabilizadores de materiales granulares y suelos en caminos de bajo tránsito - caso Paraguay [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Guía_para_la_evaluación_y_selección_de_aditivos_estabilizadores_de_materiales_granulares_y_suelos_en_caminos_de_bajo_tránsito_Caso_Paraguay_es.pdf.
- TERRAGESTIÓN S.A. TerraZyme Estabilizador De Suelos. (2014, enero 6). Clubensayos.com. <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/TerraZyme-Estabilizador-De-Suelos/1368628.html>
- THAKUR, N., & TECH SCHOLAR, M. (s/f). A review on use of Terrazyme as bio-enzyme for the stabilization of soil sub-grade of pavement. Ijariie.com. Recuperado el 10 de setiembre de 2022, de http://ijariie.com/AdminUploadPdf/A_review_on_use_of_Terrazyme_as_bio_enz

- me_for_the_stabilization_of_soil_sub_grade_of_pavement_ijariie12772.pdf
- TORRES, C.A.B., 2010. Metodología de la investigación. Tercera Ed. Colombia: s.n.
- UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, 2005. Revisión de información sobre el uso del aditivo terrazyme para estabilización de suelos [en línea]. 2005. Costa Rica: s.n. Disponible en:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1659/108> Revisión de información sobre el uso del aditivo Terrazyme para estabilización de suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- VENKATESH, & REDDY G, S. (2018). Effect of Terrazyme on CBR and shear strength of expensive soil. *MOJ civil engineering*, 4(4), 245–246.
<https://doi.org/10.15406/mojce.2018.04.00125>
- VERA, R. y VILLANUEVA, F., 2021. Análisis de estabilización química de suelos arcillosos mediante Terrazyme en la carretera Cachipampa - Sartimbamba, Sánchez Carrión, La Libertad. 2021 [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83824>.
- VINCENT, N. A., ABRAHAM, G. M., ALUMMOOTTIL, E. A., PHILIP, A., VARGHESE, A. E., & JOHN, J. A. (s/f). Study on soil stabilization using bioenzyme: Terrazyme. *Jetir.org*. Recuperado el 11 de setiembre de 2022, de <https://www.jetir.org/papers/JETIR2106315.pdf>
- ZOTARELLI, L., DUKES, M. y MORGAN, K., 2019. Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos Utilizando Sensores de Humedad Title. *IFAS Extension* [en línea], Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AE/AE49600.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Aditivo TerraZyme	Se define la propiedad del terrazyme como un estabilizador de formulación líquida, natural, no tóxica, de enzimas que modifica las propiedades físicas y químicas, aumentando la densidad, estabilidad y resistencia de los suelos	Se realizará la proporción óptima con el aditivo TerraZyme basándose en el índice de plasticidad, granulometría y dosificación que se establezca en laboratorio; para mejorar suelos arcillosos en la subrasante de carreteras no asfaltadas.	Dosificación	X+0.25ML X+0.35ML X+0.50ML	Ordinal
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Aditivo Subrasante	Se define la subrasante se le denomina al suelo de terreno natural ya que en esta se colocará una estructura de pavimento en una superficie terminada.	Se realizará los ensayos con el aditivo TerraZyme con la finalidad de demostrar la eficiencia de este aditivo en la estabilidad de suelos arcillosos.	Índice Plástico Proctor Modificado CBR	Limite Líquido Limite Plástico IP MDS OCH 95% MDS 100% MDS	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	Técnica e
PROBLEMA GENERAL	PROBLEMA GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	Instrumento
¿Cuál es el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración?	Determinar el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración	Determinar el efecto del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración	Instrumento Instrumento: Protocolos y Fichas de Laboratorio
PROBLEMAS ESPECIFICOS	PROBLEMAS ESPECIFICOS		
PE.1. ¿Cuánto varía el óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración?	OE.1. Determinar la variación del óptimo contenido de humedad empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración		
PE.2. ¿Cuánto varia la máxima densidad seca (MDS) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración?	OE.2. Determinar la variación de la máxima densidad seca (MDS) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración		
PE.3. ¿Cuánto varía el California Bearing Ratio (CBR) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración?	OE.3. Determinar la variación del California Bearing Ratio (CBR) empleando aditivo TerraZyme en la Subrasante en la Av. Integración.		
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACION Y MUESTRA	VARIABLES Y DIMENSIONES	
Diseño Experimental $M \leftarrow O . . . P$ M = TerraZyme. O= Propiedades Mecánicas.	Población La población estará compuesta por la Longitud de la Avenida Integración que es de 1+730 km, Centro	VARIABLES Aditivo TerraZyme DIMENSIONES Dosificación	

P= Sub Rasante.	<p>poblado de Victor Raúl, Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Región La Libertad.</p> <p>Muestra</p> <p>Para el estudio se analizaron 3 cuadras de la Avenida Integración (haciendo una longitud total de 0+0275 km)</p>	<p>Sub Rasante</p> <p>Proctor Modificado</p> <p>CBR</p>	
-----------------	--	---	--

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis Completa titulada: "Efectos del aditivo TerraZyme en las propiedades mecánicas de la Subrasante en la Av. Integración – Huanchaco, Trujillo 2022", cuyos autores son MORENO GONZALES OMAR ALEXANDER, ZAMORA VASQUEZ MARY ELIZABETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TRUJILLO, 02 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO DNI: 18102931 ORCID: 0000-0002-4701-3074	Firmado electrónicamente por: CASTILLOCH el 20- 12-2022 11:27:37

Código documento Trilce: TRI - 0469232