

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de
subrasantes de mediana y alta plasticidad**

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

AUTOR

Jose Alonso Gordillo Ramon

ASESOR

Juan Merino Roncero

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

Chiclayo, 2025

**Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante
de subrasantes de mediana y alta plasticidad**

PRESENTADA POR
Jose Alonso Gordillo Ramon

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza
PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñonez
SECRETARIO

Juan Merino Roncero
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres José Gordillo e Isabel Ramón por su respaldo absoluto y ser mi apoyo constante durante mi etapa universitaria, por su sacrificio para impartirme una educación superior, son mi inspiración día a día, siempre estaré agradecido por su amor inmenso y sus consejos para convertirme en una persona de bien. A mis hermanos Giuliana, Manuel y Araceli por su apoyo y sobre todo a Dios por guiarme y nunca abandonarme en este arduo camino.

Agradecimientos

Para empezar, quiero agradecerle a Dios por brindarme salud y sabiduría.

Expreso mi especial gratitud al Ing. Juan Merino Roncero, cuya orientación, dedicación y valiosos aportes fueron fundamentales para el desarrollo exitoso de esta investigación.

A mis docentes que fueron participes en mi formación profesional.

Así mismo agradezco a mis amigos y familiares que me dieron ánimos durante toda esta etapa, en especial a Cinthia que ha sido un apoyo constante, por sus ánimos y por ocupar un lugar especial en mi vida. Gracias a todos sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Introducción.....	12
Revisión de literatura.....	16
Materiales y métodos	31
Resultados y discusión	54
Conclusiones	78
Recomendaciones	79
Referencias	80
Anexos	83

Lista de tablas

TABLA 1: CATEGORÍA DE SUBRASANTE SEGÚN CBR	20
TABLA 2: SELECCIÓN DE PORCENTAJES DE ADICIÓN	32
TABLA 3: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
TABLA 4: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS PATRÓN C-01	33
TABLA 5: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS PATRÓN C-02	34
TABLA 6: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS PATRÓN C-03	34
TABLA 7: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS MODIFICADAS C-01	34
TABLA 8: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS MODIFICADAS C-02	34
TABLA 9: SELECCIÓN DE ESPECÍMENES PARA LAS MUESTRAS MODIFICADAS C-03	35
TABLA 10: COORDENADAS UTM WGS84 DE CALICATAS	39
TABLA 11: COORDENADAS LUGAR DE EXTRACCIÓN DIATOMITA	39
TABLA 12: ESTIMACIÓN DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO 9%	48
TABLA 13: ACU - TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	48
TABLA 14: ACU - EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	49
TABLA 15: ACU - BATIDO DE MATERIAL CON CEMENTO 9%	49
TABLA 16: ACU - PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	49
TABLA 17: ESTIMACIÓN DE ESTABILIZACIÓN REALIZADO CON CAL 4%	50
TABLA 18: ACU - TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	50
TABLA 19: ACU - EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	50
TABLA 20: BATIDO DE MATERIAL CON CAL 4%	51
TABLA 21: ACU - PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	51
TABLA 22: ESTIMACIÓN DE ESTABILIZACIÓN CON DIATOMITA 5%	51
TABLA 23: ACU - TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	52
TABLA 24: ACU - EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	52
TABLA 25: ACU - BATIDO DE MATERIAL CON DIATOMITA 5%	53
TABLA 26: ACU - PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	53
TABLA 27: ENSAYO QUÍMICO - FLUORESCENCIA DE RAYOS X	54
TABLA 28: CONTENIDO DE HUMEDAD	54
TABLA 29: GRANULOMETRIA DIATOMITA	55
TABLA 30: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS	55
TABLA 31: GRANULOMETRIA DE MUESTRAS	56
TABLA 32: LÍMITE LÍQUIDO DE MUESTRAS PATRÓN CON Y SIN ADICIÓN DE DIATOMITA	56
TABLA 33: LÍMITE PLÁSTICO DE MUESTRAS PATRÓN CON Y SIN ADICIÓN DE DIATOMITA	57
TABLA 34: ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE MUESTRAS PATRÓN Y SUS ADICIONES DE DIATOMITA	58
TABLA 35: CATEGORIZACIÓN SEGÚN IP	59

TABLA 36:CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO	60
TABLA 37:GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS MUESTRAS	60
TABLA 38:PROCTOR MODIFICADO	60
TABLA 39:CBR DE LAS MUESTRAS NATURALES	61
TABLA 40:PROCTOR MODIFICADO C-01 CON ADICIONES DE DIATOMITA.....	62
TABLA 41:PROCTOR MODIFICADO C-02 CON ADICIONES DE DIATOMITA.....	64
TABLA 42:PROCTOR MODIFICADO C-03 CON ADICIONES DE DIATOMITA.....	66
TABLA 43: CBR DE MUESTRAS EXPERIMENTALES	68
TABLA 44:% DE EXPANSIÓN DE LAS MUESTRAS	69
TABLA 45: ENSAYO DCP EN SUELO NATURAL- PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO	70
TABLA 46: ENSAYO DCP EN SUELO ESTABILIZADO - PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO.....	70
TABLA 47: VALORES OBTENIDOS DE CBR-DCP	72
TABLA 48: COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS ENTRE MÉTODO TRADICIONAL Y NUEVO AGENTE ESTABILIZADOR	73
TABLA 49: ANOVA PARA LA VARIANZA	74
TABLA 50: T STUDENT PARA HE1	74
TABLA 51: T STUDENT PARA HE2	75

Lista de gráficos

GRÁFICO 1:CURVA GRANULOMÉTRICA DIATOMITA	55
GRÁFICO 2: VARIACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO	57
GRÁFICO 3: VARIACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO	58
GRÁFICO 4: VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD	59
GRÁFICO 5:GRAFICO DEL PROCTOR.....	61
GRÁFICO 6: CBR DE MUESTRAS NATURALES.....	62
GRÁFICO 7: GRÁFICO DEL PROCTOR C-01 CON ADICIONES DE DIATOMITA	63
GRÁFICO 8: VARIACIÓN DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - C-01	63
GRÁFICO 9: VARIACIÓN DEL OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - C-01	64
GRÁFICO 10: GRÁFICO DEL PROCTOR C-02 CON ADICIONES DE DIATOMITA	65
GRÁFICO 11:VARIACIÓN DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - C-02	65
GRÁFICO 12: VARIACIÓN DEL OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - C-02	66
GRÁFICO 13:GRÁFICO DEL PROCTOR C-03 CON ADICIONES DE DIATOMITA	67
GRÁFICO 14: VARIACIÓN DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - C-03	67
GRÁFICO 15: VARIACIÓN DEL OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - C-03	68
GRÁFICO 16: CBR DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES	69
GRÁFICO 17: VARIACIÓN DEL % DE EXPANSIÓN	70

GRÁFICO 18: CURVA DCP SUELO ESTABILIZADO	71
GRÁFICO 19: DIAGRAMA ESTRUCTURAL DCP DEL SUELO ESTABILIZADO.....	71
GRÁFICO 20: CORRELACIÓN CBR-DCP	72
GRÁFICO 21: COMPARATIVA DE PRECIOS	73

Lista de figuras

FIGURA 1:ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	19
FIGURA 2:ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO	19
FIGURA 3:PROCESO PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO [15]	21
FIGURA 4:SIMBOLOGÍA DE GRUPO SUCS	21
FIGURA 5:TPOLOGÍA DE SUELOS (SUCS).....	22
FIGURA 6:CLASIFICACIÓN AASHTO	22
FIGURA 7: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE CAOLINITA, ILITA Y MONTMORILLONITA (C).....	23
FIGURA 8: CLASIFICACIÓN SEGÚN ÍNDICE DE PLASTICIDAD [15].....	24
FIGURA 9: CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS [38]	24
FIGURA 10:MORFOLOGÍAS DE LAS DIATOMITAS	27
FIGURA 11:PRINCIPALES YACIMIENTOS DE DIATOMITAS DE PERÚ	27
FIGURA 12:CUCHARA DE CASAGRANDE	29
FIGURA 13DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE CBR.....	30
FIGURA 14:UBICACIÓN DE LA CALICATA N°01	36
FIGURA 15:UBICACIÓN DE CALICATA N°02	37
FIGURA 16:UBICACIÓN DE CALICATA N°03	38

Lista de fotografías

FOTOGRAFÍA 1:TOMA DE MUESTRAS C-01.....	37
FOTOGRAFÍA 2:TOMA DE MUESTRAS C-02.....	38
FOTOGRAFÍA 3:TOMA DE MUESTRAS C-03.....	39
FOTOGRAFÍA 4:PAMPA DE YAPATO	40
FOTOGRAFÍA 5:DIATOMITA	40
FOTOGRAFÍA 6: CUANTIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LAS MUESTRAS.....	41
FOTOGRAFÍA 7:TAMICES PARA ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	42
FOTOGRAFÍA 8:COPA DE CASA GRANDE.....	43
FOTOGRAFÍA 9:BARRAS PARA LP DE LAS MUESTRAS	43
FOTOGRAFÍA 10: SECADO DE SUELO PARA ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.....	44
FOTOGRAFÍA 11:MÁQUINA DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES.....	44
FOTOGRAFÍA 12:ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS EN BOLSAS	45

FOTOGRAFÍA 13: MATERIAL ACONDICIONADO PARA LA FASE DE SATURACIÓN.....	46
FOTOGRAFÍA 14:REALIZACIÓN DE ENSAYO DCP EN CAMPO	47

Resumen

El estudio tiene como objetivo evaluar la aplicación de Diatomita como agente estabilizante en subrasantes de mediana y alta plasticidad. El estudio se desarrolló mediante una metodología experimental, analizando diferentes porcentajes de adición (5%, 10%, 15% y 20%) en tres calicatas representativas. La caracterización inicial de los suelos mostró Índices de Plasticidad entre 19.39% y 28.20%, y valores de CBR entre 2.70% y 3.60%, indicando subrasantes de baja capacidad portante. Los ensayos realizados incluyeron límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR de laboratorio y ensayos DCP en campo. Los resultados mostraron que la adición de 5% de Diatomita fue más efectiva, logrando reducción del IP hasta en 29.2% (C-01: de 28.20% a 19.97%), incremento del CBR hasta 208% (C-03: de 3.60% a 11.10%) y aumento de la Máxima Densidad Seca (C-01: de 1.799 a 1.831 g/cm³). El análisis estadístico evidenció una correlación significativa entre DCP y CBR ($R^2 = 0.998$), estableciendo la ecuación $CBR = 292/(DCP)^{1.12}$ para control en campo. La evaluación económica demostró que la estabilización con Diatomita al 5% (S/. 590,792.53/km) es 36% más económica que el cemento y 16% más costosa que la cal. Se concluye que la Diatomita al 5% representa una alternativa técnica y económicamente viable para la estabilización de subrasantes arcillosas, mejorando significativamente sus propiedades físico-mecánicas.

Palabras clave: Subrasante, Diatomita, estabilización de suelos, índice de plasticidad, DCP.

Abstract

The study aims to evaluate the application of Diatomite as a stabilizing agent in subgrades of medium and high plasticity. The research was conducted through an experimental methodology, analyzing different addition percentages (5%, 10%, 15%, and 20%) in three representative test pits. The initial soil characterization showed Plasticity Indices between 19.39% and 28.20%, and CBR values between 2.70% and 3.60%, indicating subgrades with low bearing capacity. The tests performed included Atterberg limits, Modified Proctor, laboratory CBR, and DCP field tests. Results showed that the addition of 5% Diatomite was most effective, achieving a reduction in PI up to 29.2% (C-01: from 28.20% to 19.97%), an increase in CBR up to 208% (C-03: from 3.60% to 11.10%), and an increase in Maximum Dry Density (C-01: from 1.799 to 1.831 g/cm³). Statistical analysis revealed a significant correlation between DCP and CBR ($R^2 = 0.998$), establishing the equation $CBR = 292/(DCP)^{1.12}$ for field control. The economic evaluation demonstrated that stabilization with 5% Diatomite (S/. 590,792.53/km) is 36% more economical than cement and 16% more expensive than lime. It is concluded that 5% Diatomite represents a technically and economically viable alternative for clayey subgrade stabilization, significantly improving its physical-mechanical properties.

Keywords: Subgrade, Diatomite, soils stabilization, plasticity index, DCP.

Introducción

A nivel mundial, la estabilización de suelos representa uno de los mayores desafíos en la infraestructura vial, donde según el Banco Mundial (2023), aproximadamente el 40% de las carreteras en países en desarrollo se encuentran en condiciones deficientes debido a problemas en la subrasante [1]. La International Road Federation (IRF) reporta que el 60% de las fallas en pavimentos se originan por deficiencias en la capacidad portante de la subrasante, especialmente en suelos de mediana y alta plasticidad [2]. Esta situación se agrava por los altos costos de los estabilizadores tradicionales como cemento y cal, que según la World Road Association (PIARC), representan entre el 15-30% del costo total en proyectos viales en países en desarrollo [3]. Además, el Transportation Research Board (TRB) indica que el impacto ambiental de los estabilizadores químicos tradicionales ha generado una creciente búsqueda de alternativas sostenibles y eco-amigables, estimando que para 2025, el 25% de los proyectos de estabilización deberán utilizar materiales naturales o reciclados [4].

En el contexto Nacional, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), al 2023 la Red Vial Nacional presenta un desafío significativo con aproximadamente 4738.6 km de vías sin pavimentar [5]. ProVías Nacional reporta que el 45% de estas vías se encuentran sobre suelos problemáticos de mediana y alta plasticidad, requiriendo intervenciones frecuentes de mantenimiento y rehabilitación [6]. La situación se agrava debido a la diversidad geológica del país y sus condiciones climáticas variables, donde el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) identifica que el 38% del territorio nacional presenta suelos arcillosos con problemas de estabilidad [7]. Adicionalmente, según el diagnóstico de Pavel, señala que solo el 0.12% del PBI peruano es destinado a investigación, limitando el desarrollo de soluciones innovadoras como métodos alternativos y económicamente viables para el mejoramiento de subrasantes [8].

El Perú al estar cerca al Ecuador recibe cada 4 años el fenómeno del Niño que generan lluvias intensas con crecimiento del 2000% a lo normal [9]. Debido al calentamiento del agua oceánica se declaró una alerta por el fenómeno del Niño Costero generara un superávit de precipitaciones con anomalías de entre 15% y 100% en las regiones de Piura y Lambayeque y Cajamarca [10]. Las lluvias generan una saturación del suelo lo que puede provocar inestabilidad de las arcillas.

En la región Lambayeque, según el Plan Vial Departamental Participativo, el 63% de la red vial departamental presenta problemas de estabilidad en sus subrasantes, siendo particularmente crítica la situación en Chiclayo donde los suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad predominan [11]. El Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) reporta que

durante el Fenómeno El Niño 2017, el 45% de las vías no pavimentadas en Lambayeque quedaron intransitables debido a la baja capacidad portante de sus subrasantes [12]. La Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Lambayeque señala que anualmente se invierte aproximadamente S/. 15 millones en mantenimiento vial, donde el 40% se destina a problemas relacionados con subrasantes inestables [13]. Adicionalmente, el Gobierno Regional de Lambayeque indica que las variaciones climáticas extremas, con períodos alternados de lluvia intensa y sequía, afectan significativamente al 52% de las vías departamentales, especialmente en zonas con suelos arcillosos expansivos [14].

Cuando se busca mejorar las propiedades del suelo se realizan procedimientos mecánicos o químicos, para la estabilización mecánica se hace uso de maquinaria pesada y en el procedimiento químico se realiza la adición de cemento, cal o asfalto, incluso se realiza la adición de otro suelo. También existe otras maneras de mejorar la capacidad portante del suelo como la implementación de geotextiles. El método por utilizar se determinará a partir del tipo de suelo. El MTC en su manual de suelos y geotecnia detalla que los suelos con CBR menores a 6% será necesario un estudio de estabilización, ahora bien, detalla métodos de estabilización mecánicos, la adición cemento, cal o emulsión asfáltica, escorias y la inclusión de geotextiles en el suelo como posibles soluciones [15]. El cemento sin embargo genera una gran cantidad de emisiones de CO₂ durante su producción, la caliza el principal componente del cemento emite CO₂ durante su calcinación a 900°C, la segunda fuente más importante de se da por la combustión de carbón o petróleo para la calcinación del Clinker [16]. Los 20000 millones de kilos de cemento que se usan durante un año en el mundo representan un 6% de las emisiones de CO₂ en todo el mundo [17].

Diversas investigaciones realizadas a partir del uso de materiales con alto contenido en sílice han demostrado que su aplicación en la estabilización del suelo y mejorar su capacidad portante del mismo. El uso de cenizas de bagazo de caña al ser un elemento puzolánico mejora las características del suelo reduciendo la plasticidad mejorando la estabilidad volumétrica del suelo, reduce el porcentaje de finos y mejorando el CBR del suelo de natural de 4.14% a 9.15% [18]. Por otro lado, una investigación realizada en el departamento de Junín en la cual se utilizan las cenizas de Eucalipto se obtiene CBR de 15.67% para un porcentaje de aplicación de 10% de ceniza lo que supone un aumento de la propiedad mecánica del 385,14%, además de ello los resultados demostraron que aumento en la densidad seca del 10.45% así como un 157.94% del módulo de resiliencia [19].

Debido a la problemática existente a razón de los suelos arcillosos los cuales son un problema constante de la ingeniería, esto debido a que los suelos arcillosos poseen poca

resistencia y un elevado comportamiento de asentamiento, lo cual puede generar daños en las infraestructuras viales es por ello que se busca soluciones prácticas y el acceso a nuevos productos que ayuden a solucionar esta problemática; es por ello que en la presente investigación se plantea un nuevo material estabilizante como es la Diatomita.

La diatomita es un tipo de roca con alto contenido de sílice por que se denomina rocas silíceas y sedimentarias por ser producto de la sedimentación de organismos acuáticos, el origen esta roca se da por la sedimentación de frústulas fosilizadas de diatomeas. Además de la sílice la diatomita tiene otros componentes como la alúmina que la convierte en una puzolana natural [20].

Existen dos tipos de yacimientos de diatomita, uno de origen lacustre y otro marino, en el Perú existe formaciones geológicas de diatomita de los dos tipos con depósitos de origen marino en los departamentos de Piura e Ica y de lacustre en Ayacucho, Arequipa, Moquegua y Tacna [21].

Al analizar las características de los suelos y la problemática con respecto a las deficientes características mecánicas de los suelos arcillosos plasmados en la presente investigación se manifiesta la interrogante de investigación: **¿De qué manera influye la aplicación de diatomita como agente estabilizante en las propiedades físicas y mecánicas de las subrasantes de mediana y alta plasticidad?**

Debida a las características y su composición de la diatomita la presente investigación hizo uso de diatomita de origen marino de un yacimiento que se ubica en Sechura en el departamento de Piura, por consiguiente, la diatomita fungirá de agente estabilizante en suelos con el propósito de mejorar las características mecánicas en subrasantes de mediana y alta plasticidad.

Se evaluó las diferentes características del material y las muestras de suelo mediante ensayos estandarizados en laboratorio generando un grupo experimental con adiciones de diatomita.

Según documentos en la web del INGEMMET los depósitos de diatomita han demostrado que contienen gran contenido de sílice y alúmina, estas características lo convierten en una puzolana natural [22]. Se ha demostrado en otras investigaciones que compuestos con un gran porcentaje de sílice en su composición mejoran las características físicas del suelo. Ahora bien, al determinar la viabilidad del uso de diatomita y los porcentajes de diatomita que mejoren las propiedades mecánicas de los suelos significaría una nueva alternativa como agente estabilizante.

La investigación se sustenta en el ámbito económico debido a que mejorar las características del suelo sobre el cual se establece la estructura de los pavimentos reducirá los costos de mantenimiento y reparación ocasionados por problemas de las características mecánicas en la subrasante, donde la inversión que se realizó en el año 2019 fue s/ 2658 millones de soles tan solo en el mantenimiento del sector transporte [23]. En efecto, la investigación contribuirá en el crecimiento de la actividad económica en las zonas donde se ubican los depósitos de diatomita de verificarse la viabilidad del uso de esta roca sedimentaria.

El argumento social en la ejecución de la presente investigación se basa en la toxicidad de los materiales para la construcción de pavimentos, mejorar el proceso constructivo o reducir la exposición a la contaminación por parte de los trabajadores. El uso de emulsiones asfáltica para la estabilización de suelos podría suponer para los trabajadores y personas que están expuestas durante el proceso constructivo a la afectación de su salud por ser más propensos a desarrollar cáncer [24]. La pavimentación de calles es un gran problema en los distritos de la provincia de Chiclayo, por ejemplo, la capital de la provincia es necesario pavimentar un 70% de la ciudad [25]. Posiblemente diversas de estas fallas en pavimentos tiene su origen en la subrasante y suponen falta de calidad de vida para los vecinos.

En el campo ambiental el cumplimiento de los objetivos de esta investigación podría concluir en la determinación de la viabilidad del uso de diatomita como un compuesto de origen natural que mejora las propiedades físicas del suelo tratado con esta roca sedimentaria. el uso de materiales con menor impacto ambiental, a diferencia del cemento que para su obtención es necesario hacer uso de una gran cantidad de energía y contribuyendo con 0.6 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) en emisiones por cada una de las toneladas producidas [17].

Ante todo, lo mencionado anteriormente la presente investigación tiene como objetivo general evaluar la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes con suelos de mediana y alta plasticidad, y como objetivos específicos se tiene: Determinar la composición química de la diatomita, determinar la humedad y granulometría de la diatomita, identificar las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de suelo, establecer la influencia de la diatomita en las propiedades físicas y mecánicas en la muestra de suelo para adición en 5%,10%,15% y 20% del peso y evaluar capacidad resistente en campo mediante ensayo DCP.

Revisión de literatura

Antecedentes

En la investigación desarrollada se consignaron los siguientes antecedentes:

De acuerdo con Apriyanti y Fahriani [26], debido a que los resultados del CBR en suelos arcillosos son bajos se propone utilizar la ceniza de bagazo para mejorar los resultados. Con la finalidad de perfeccionar la capacidad de soporte de las estructuras y de reducir los efectos ambientales del bagazo y la cascara de huevo se propone estabilizar las propiedades del suelo arcilloso con estas sustancias. La ceniza producto de la calcinación del bagazo tiene gran contenido de sílice, calcio y otros minerales lo que lo convierte en una opción para estabilizar suelos. En la metodología se detalla ensayos a las muestras de CBR, Proctor modificado, análisis granulométrico, límites de Atterberg y contenido de agua del suelo en campo. Para la clasificación del suelo la aldea de Sawah en las islas de Bangka Belitung se realizó mediante la nomenclatura SUCS. Los porcentajes de bagazo calcinado agregados fueron 7%, 10% y 13% en combinación con 3% de polvo de cascara de huevo. Se concluye que existe una relación proporcional directa entre el incremento del porcentaje de ceniza y el valor del CBR por lo que la muestra con 13% de bagazo aumento 12.533%.

Radwan y et [27], mediante su investigación indican que el costo económico del cemento para ser utilizado como agente estabilizante en suelos y su impacto ambiental hace necesario la búsqueda de otras sustancias que brinden resultados similares. Se propone limitar el uso del cemento al adicionar residuos de cenizas volantes y fibras de polipropileno. El suelo que en el cual se realizó el ensayo fue una turba. Los porcentajes de ceniza volante fueron de 10%, 20%, 30% por otro lado la fibra se agregó en porcentajes de 0.1%, 0.15% y 0.2%. La ceniza volante según su composición química tiene sílice SiO_2 en 35.1% y Al_2O_3 . Las muestras fueron ensayadas mediante CBR, Proctor modificado, Ensayo de resistencia a la compresión no confinada y análisis morfológico por un microscopio electrónico de barrido. Los ensayos de CBR y el ensayo de resistencia a la compresión no confinada mostraron incremento en las muestras con porcentajes de ceniza de 10%, 20% y 30%. Para el porcentaje de 30% de ceniza volante el CBR se incrementó en 595%. La adición de 0.15% de fibra mostro alcanza una mejora en CBR de 600% y 476% en resistencia a la compresión.

Baldeon [28], en su estudio "Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante" se enfocó en evaluar la efectividad de la arena de sílice como agente estabilizador en el tratamiento de la subrasante ubicada en el tramo vial que conecta Chupuro con Vista Alegre, en la Región Junín. con una metodología científica con un nivel descriptivo en el cuál desarrollo pruebas en laboratorio de granulometría, Proctor, CBR, Límites de Atterberg

utilizando porcentajes de 10,20,30,40,50 y 60% de arena de sílice en el cual se obtuvieron resultados como el incremento de MDS de 1.77 g/cm^3 a 1.954 g/cm^3 con 50% de arena, el CBR aumentó de 2.80% a 15.5% con 50% de arena y se obtuvo una reducción progresiva del IP con mayor % de arena, además concluye que la arena de sílice obtuvo resultados positivos ya que se mejoró las características pudiendo ser una alternativa de estabilización de subrasantes con bajo CBR, MDS e IP altos.

Peralta [18], debido a la presencia de arcillas en el suelo de la subrasante el autor plantea hacer uso de una estabilización química para mejorar las características de las propiedades del suelo de la subrasante. en lugar de hacer uso de agentes estabilizantes comunes como la cal y cemento se aplicó un desecho industrial de la calcinación del bagazo de caña de azúcar (ceniza), la ceniza utilizada según los ensayos realizados de granulometría pasa por la maya N° 200. Además de su aplicación de manera independiente se hizo uso de un aglomerante como la cal. En total la investigación estuvo compuesta por muestras de arcillas – ceniza, arcillas-cal, arcillas – cal - ceniza. Se contemplo ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, limite liquido e índices de plasticidad, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor modificado y CBR. Los resultados demostraron que con 1% de cal hidratada se necesitó menor esfuerzo de compactación. la misma manera la mezcla con de 84% de suelo, 15% de ceniza de bagazo y 1% de cal obtuvo el mayor CBR de 14.20%.

Ninanya [29], el autor tiene como fin de acuerdo con su pregunta de investigación determinar el efecto que causa la diatomita de origen lacustre en la estabilización de suelos finos. La investigación tuvo como muestra 285 kg de suelo de una calle del distrito de Yanacancha. La muestra se divide en una muestra patrón y experimentales de 3%, 6%, 9% y 12% de adición de diatomita. Los ensayos realizados para determinar propiedades físicas fueron límites de atterberg y granulometría mientras que para evaluar las propiedades mecánicas se ensayaron las muestras por Proctor modificado y CBR. Las propiedades del suelo mejoraron con la adición de diatomita. Obteniendo que el óptimo % fue el 12% de adición de Diatomita incrementando el valor del CBR de la muestra patrón de 5.32 a 10.71%, además la MDS aumenta un 95%. A partir de los resultados se concluye que la diatomita estabiliza las propiedades físicas e incrementa las propiedades mecánicas del suelo. Como recomendación se propuso investigar el uso de la diatomita en arcillas orgánicas e inorgánicas con suelos de alta plasticidad.

López [30], la investigación plantea mejorar la capacidad portante del suelo y resolver problemas de estabilización en la localidad de Moyobamba del departamento de San Martín el cual tiene una composición de arcillas inorgánicas de alta plasticidad. La clasificación SUCS

de la muestra según el ensayo fue de “CH” y siguiendo la AASHTO (A-76(20)). Los grupos de estudio comprendieron muestras de suelo con porcentajes de ceniza cascarilla de arroz de 5%, 10% y 15% a las cuales se les realizó ensayos normados: Análisis granulométrico, Proctor modificado, CBR y Límites De Atterberg. Con respecto al CBR realizada con 95% en máxima densidad seca a la muestra y con adición de 5% de ceniza arroja 6.9%, para un 10% de ceniza un 9.6% y 10.5% para un 15% de ceniza. De la misma manera la plasticidad aumenta a medida que el porcentaje de ceniza aumenta. A partir de los ensayos se concluyó que la ceniza de cascarilla de arroz funciona como estabilizante y con un 10% se logra buenas propiedades mecánicas en el suelo.

Mory [31], la investigación incorpora cenizas de cascara de arroz en subrasantes de suelos compuestos por arenas con el objetivo de mejorar la baja calidad de las propiedades mecánicas de estos. Las cenizas tendrían la capacidad de modificar la granulometría de los suelos por lo que sería una alternativa ambiental y técnicamente sustentable. El ensayo realizado a las cenizas arrojó una morfología en sus partículas de formas irregulares, alargadas y achatadas. El grupo de muestras estuvo conformado por suelo con adición de ceniza en porcentajes de 5%, 10%, 15% y aglomerante (cemento en un 4%). Se realizaron ensayos de granulometría, CBR, Proctor Modificado. Según la nomenclatura de clasificación de suelos SUCS el suelo es una arena pobremente graduada con limo y en el sistema AASHTO es A-3(0). Según el análisis XRF de la ceniza se muestra que está compuesta hasta en un 92.19% por sílice SiO_2 . La muestra con 5% de ceniza demuestra el mejor performance con respecto a la capacidad de soporte además se aprecia que mientras el % de ceniza aumenta la mejora en las características mecánicas disminuye.

Borja [32], en su investigación se enfocó en establecer las relaciones entre diferentes parámetros geotécnicos, incluyendo el Valor de Soporte California (CBR) obtenido en laboratorio, el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), así como características físicas y mecánicas de los suelos en la zona de San José de Poaló. El estudio abarcó el análisis de doce muestras distintas de suelo, extraídas estratégicamente de las vías principales del área, la metodología implementada consistió en la ejecución secuencial de pruebas tanto in situ como en laboratorio, permitiendo caracterizar exhaustivamente los materiales estudiados. El análisis de los resultados facilitó la identificación de vínculos significativos entre las diversas propiedades evaluadas, generando 22 ecuaciones de correlación que involucran dos y tres variables. La relevancia práctica de este estudio radica en su potencial para optimizar recursos y tiempos durante la ejecución de obras viales, donde las correlaciones desarrolladas

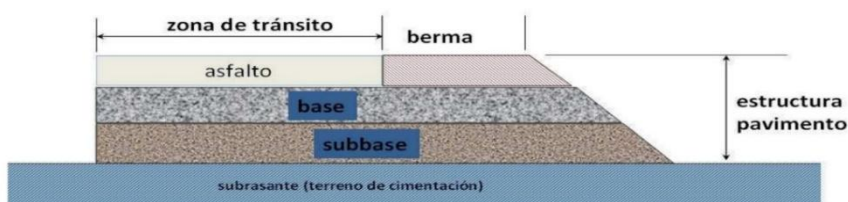
mostraron niveles de confiabilidad que oscilan entre 50.25% y 97.53%, evidenciando una solidez estadística considerable en los resultados obtenidos.

Bases teóricas

Pavimento

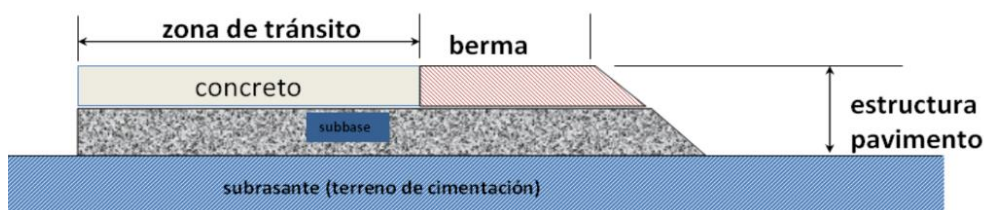
Los pavimentos son estructuras compuesta por capas puestas de manera casi horizontal una sobre otra, las capas son diseñadas de manera técnica, compactadas a partir de materiales debidamente seleccionados adecuadamente. Todas las capas se superponen sobre una superficie de terreno natural llamada subrasante y a la cual se le transmiten los esfuerzos producto del tránsito de manera uniforme. Los pavimentos pueden ser de tres tipos: rígidos, semirrígidos, flexibles y articulados. Los pavimentos deben tener características como ser económicos, durables y resistentes a la abrasión [33].

Figura 1: Estructura del Pavimento Flexible



Obtenido de: Tópicos de Pavimentos de Concreto [34]

Figura 2: Estructura del Pavimento Rígido



Obtenido de: Tópicos de Pavimentos de Concreto [34]

Subrasante

La característica evaluada es su capacidad para resistir esfuerzos y su capacidad para no deformarse por esfuerzos de corte generados por el efecto del tránsito. Influyen en el grosor de la estructura del pavimento y se debe considerar los cambios de volumen y de resistencia a ante la variación de la presencia de agua. De emplearse un pavimento sobre suelos expansivos estos pueden generar muchos problemas a la estructura por lo que se debe manejar adecuadamente con la finalidad de evitar las variaciones de volumen [33].

La subrasante debe estar conformada por suelos seleccionados y compactados de manera que sea un soporte estable lo que convierte a la subrasante en una variable importante a la hora de diseñar el pavimento. Según los criterios del Manual de Carreteras del MTC se debe compactarse la subrasante al 95% de densidad seca que se obtiene en el Proctor. El MTC también clasifica la subrasante como estable y adecuada si tiene un $CBR > 6\%$ y de insuficiente o inadecuada si tiene $CBR < 6\%$ [15].

Tabla 1: Categoría de subrasante según CBR

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

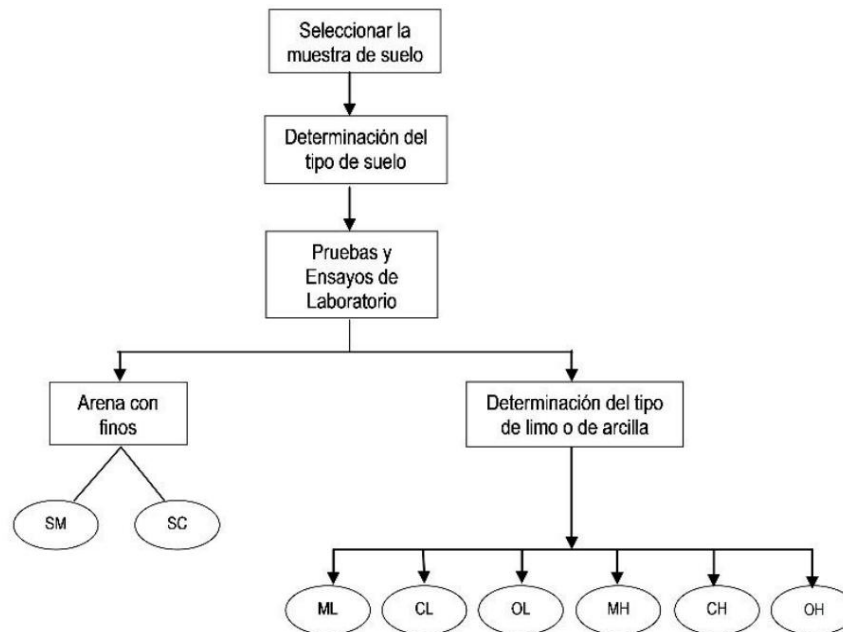
Obtenido de: Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos [15]

Suelos

Los suelos están conformados por partículas minerales ligeramente consolidadas y es el sostén terminal sobre el cual se asientan las estructuras y es partir de esto que debemos estudiar alguna depresión antrópica de la superficie.

A partir de la roca de donde se desprendieron sus partículas y del tamaño de los gránulos los suelos pueden ser granulares, los cuales son partículas agregadas que no tienen cohesión debido a su tamaño, pueden ser poseedores de buena capacidad portante con elevada permeabilidad, estos suelos lo conforman las gravas y arenas. Los suelos cohesivos a diferencia de los anteriores tienen menor tamaño en sus partículas y tiene como principal propiedad la cohesión que le transfiere gran resistencia a esfuerzos de corte, este grupo está representado por limos y arcillas las cuales tienen una cualidad plástica a diferencia de los limos, los suelos cohesivos tienen baja permeabilidad, pero alta compresibilidad. Otro tipo de suelo son los orgánicos los cuales se forman a partir de restos orgánicos como animales y plantas por lo que usualmente se encuentran en los primeros metros, son muy compresibles pero muy malos para soportar la construcción de obras y deben ser eliminados. Existen suelos que se originan del relleno y se forman por el depósito de material extraído en otros lugares, son artificiales y no confiables debido a que generalmente no se compactan [35].

Figura 3: Proceso para la identificación del tipo de suelo [15]



Según el MTC es necesario estipular el tipo de suelo que se tiene y nos presenta un esquema del proceso [15].

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

Se crea a partir del sistema creado por A. Casagrande en 1942 que después de 10 años fue modificado por Bureau of Reclamation naciendo así el SUCS. El sistema emplea símbolos que se agrupan en prefijos y sufijos, primer símbolo representa el tipo de suelo y el segundo el subgrupo al que pertenece [35].

Figura 4: Simbología de grupo SUCS

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Obtenido de: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento [35]

Figura 5: Tipología de suelos (SUCS)

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento [35]

Clasificación de la AASHTO

Este sistema es el más común para clasificar suelos en la construcción de vías, creada inicialmente por Terzaghi y Hogentogler a fin del Bureau of Public Roads de USA. Al igual que el método de Casagrande se tiene en cuenta siete grupos los cuales se dividen en un número variable de subgrupos por cada uno. La implementación de este sistema clasificatorio requiere la ejecución de dos ensayos fundamentales: la determinación de la distribución granulométrica y la evaluación de los límites de Atterberg del suelo. Adicionalmente, cuando se busca determinar la condición relativa dentro de una categoría específica, es indispensable el cálculo del índice de grupo. [35].

Figura 6: Clasificación AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad		≤ 6		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20	
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

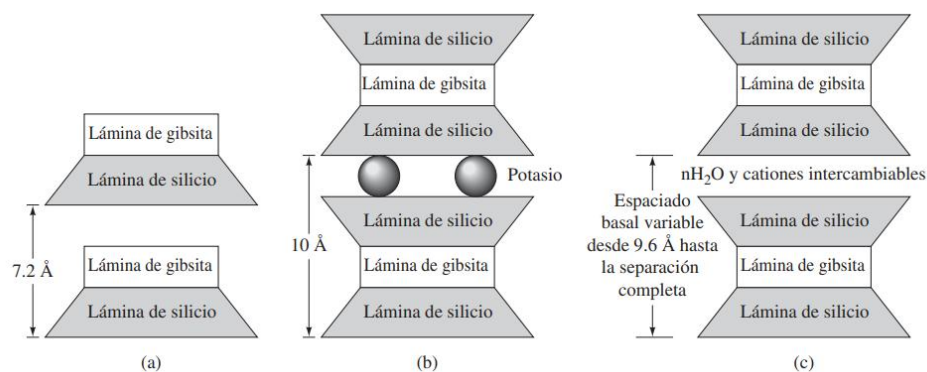
Obtenido de: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento [35]

Suelos arcillosos

Estos suelos tienen partículas por debajo de 0.002 mm de tamaño. [36] A diferencia de los suelos gruesos las arcillas están influenciadas por la estructura en general y los minerales que lo conforman. Son compuestos esencialmente por minerales silicatos de aluminio en forma hidratada, también incluyen silicatos de magnesio, hierro y otros elementos minerales. La estructura de estos minerales es cristalina definida y los átomos están ordenados en láminas y pueden ser del tipo sílica o aluminica [37].

Existen tres grandes grupos de arcillas de acuerdo con la estructura reticular: caolinitas, ilitas y montmorillonitas. Siendo las caolinitas son más o menos estables en agua. Las montmorillonitas por su lado tiene uniones reticulares más débiles que lo hacen débiles ante el agua y hacen que incrementen su volumen, debido a estas características se consideran inestables [37].

Figura 7: Representación esquemática de la configuración estructural de caolinita, ilita y montmorillonita (c)



Obtenido de: Fundamentos De Ingeniería Geotécnica

Índice plasticidad

En el ámbito de la mecánica de suelos, se define como plasticidad a la propiedad que permite al suelo experimentar modificaciones en su forma sin presentar recuperación elástica, mantener su volumen constante, y conservar su integridad sin presentar fisuras ni disgregación cuando es sometido a esfuerzos de deformación súbitos. Así es como se logra ceñir la propiedad a las arcillas que se encuentran en ciertas circunstancias. Según lo descubierto por Atterberg, Goldschmidt y Terzaghi la plasticidad en los suelos es causada por la carga eléctrica en las partículas que tienen forma de láminas. Sin embargo, Atterberg demostró que la plasticidad no es una propiedad que le pertenece a las arcillas en cualquier estado, sino que es momentáneo o circunstancial y está en función de la cantidad de agua. Atterberg imaginaba que la plasticidad se fijaba por el límite líquido y la cuantía de arena que se podía agregar cuando el contenido de agua correspondía al límite líquido y sin que el suelo

pierda completamente su plasticidad. El índice plástico es el valor que se relaciona con la dosificación de arena aplicada y que resulta de la resta de los límite plástico y límite líquido [37]. El índice plástico se halla con la siguiente fórmula.

$$I_p = LL - LP$$

Figura 8: Clasificación según índice de plasticidad [15]

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

Obtenido de: Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos [15]

Evaluación del % de expansión

Figura 9: Clasificación de Suelos expansivos [38]

TABLA 11 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS			
Potencial de expansión Ep	Expansión en consolidómetro, bajo presión vertical de 7 kPa (0,07 kgf/cm ²)	Índice de plasticidad IP	Porcentaje de partículas menores que dos micras
%	%	%	%
Muy alto	> 30	> 32	> 37
Alto	20 – 30	23 – 45	18 – 37
Medio	10 – 20	12 – 34	12 – 27
Bajo	< 10	< 20	< 17

Obtenido de: Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones [38]

Métodos de estabilización de suelos en subrasantes

En ocasiones las características del material hacen necesario modificar sus propiedades de manera que adquieran cualidades aptas para formar parte de un pavimento. Una de las formas que se usan como método de estabilización es mecánica, otras son por combinación de suelos que consiste en combinar uno o más tipos de materiales con el fin de complementar sus propiedades. También está la opción de la aplicación de un aditivo que modifique sus propiedades físicas y químicas, dentro de los más común principalmente esta la aplicación de cemento o cal. Como resultado de los procesos de estabilización se busca incrementar la resistencia mecánica, ordenando los granos de manera más segura, obteniendo firmeza ante la acción de las cargas y mínimas alteraciones del volumen [35].

Estabilización mecánica

La metodología de estabilización mecánica no se cambia la estructura del suelo y su composición del suelo, consiste en aplicar con maquinaria para compactar el suelo y reducir los vacíos en el suelo.

Estabilización mediante la combinación de suelos

Esta técnica de estabilización implica la incorporación de un material externo, denominado material de préstamo o de aporte, el cual se mezcla con el suelo existente para mejorar sus propiedades. Cuando el material propio estará disgregado se aplicará el material externo y se humedecerá la mezcla hasta alcanzar el grado de contenido de agua óptimo para la compactación [15].

En una mezcla de suelos la importancia de la granulometría es el principal requisito para el suelo de grano grueso y la propiedad que se impone en el suelo fino es la plasticidad [33].

Estabilización de suelos estabilizados con cemento

La estabilización mediante esta técnica produce una combinación denominada suelo-cemento, que resulta de incorporar cemento y agua al suelo natural, pudiendo incluir también otros aditivos. Este proceso requiere una secuencia específica de compactación seguida de un periodo de curado, lo que permite que la mezcla desarrolle mayor resistencia. Es importante notar que, aunque mejora sus propiedades, el material resultante presenta características mecánicas inferiores a las del concreto convencional, donde los agregados están completamente embebidos en pasta cementante. La determinación del contenido de humedad óptimo se realiza mediante la prueba de Proctor. El comportamiento final de la mezcla está influenciado por diversos factores, incluyendo las cualidades del material base, la dosificación de cemento, el contenido de agua, el tiempo de curado, los procedimientos constructivos empleados y las condiciones durante el periodo de curado.

Esta metodología es particularmente efectiva en suelos granulares clasificados como A-1, A-2 y A-3, que contengan una fracción fina de plasticidad moderada, específicamente con LL menor a 40 e índice plástico no superior a 18 [15].

Suelos estabilizados con cal

Se emplea óxido de calcio llamada cal viva o cal anhidra que se obtiene a partir de la calcinación de la caliza, otra opción es la cal hidratada o apagada y cuyo nombre técnico es hidróxido de calcio. Se endurece cuando es expuesta al aire una vez que se mezcla con agua. La cal al entrar en contacto con el suelo se da una interacción iónica y un proceso de floculación que dan origen a nuevos compuestos químicos. La presencia de sílice y alúmina presente en el suelo se unen a los compuestos de la cal formando silicatos y aluminatos cálcico no solubles. La plasticidad es la propiedad física que es afectada por la cal, así como la cantidad de agua óptima de compactación. Se recomienda su uso en granulometría fina [15].

Estabilización con productos asfálticos

Las características aglomerantes del producto bituminoso cubren las partículas de suelo que tienen por finalidad impermeabilizarlo evitando así que reaccione a la humedad y sea más resistente a condiciones desfavorables. El suelo que mejor se adecua a ser estabilizado por este procedimiento son los granulares, con limitados finos y de escasa plasticidad con partículas menores al 20% del total que atraviesan la malla N° 200. Se pueden utilizar emulsión asfáltica o asfalto fluidificado de una viscosidad promedio. La mezcla suele realizarse en el lugar y la elección del producto a utilizar estará supeditado a características del suelo como granulometría, humedad y el estado climatológico del lugar. Por razones económicas se prefiere su uso en suelos gruesos [15].

Estabilización con geosintéticos

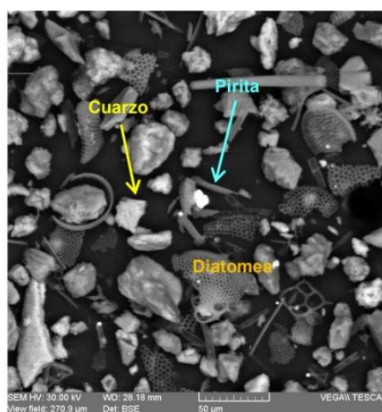
Los geosintéticos le transfieren propiedades como resistencia a la tracción y mejora el desempeño y la construcción de firmes. A partir de la experiencia internacional los geosintéticos se han diversificado para diversos fines o funciones dentro de la configuración del pavimento, como drenante y anticontaminante la ejercen los geotextiles, la de armado y refuerzo del suelo lo consiguen las geomallas y la capacidad de impermeabilización como de aislamiento les pertenecen a las geomembranas. Se puede combinar geotextiles y geomallas para estabilizar la subrasante que no sea idónea [15].

Diatomita

La diatomita es una roca cuyo origen radica en la acumulación de restos mineralizados y preservados de las estructuras externas (caparazones) que alguna vez pertenecieron a microorganismos conocidos como diatomeas, se le clasifica dentro de las rocas sedimentarias ya que su formación se debe a sedimentos de origen biológico. Dentro de sus principales usos está el de filtro en la industria de las bebidas como cerveza y vino, uso también se extiende a plásticos y pinturas [20].

En el Perú los depósitos están ubicados en las regiones de Piura, Ica, Ayacucho y Tacna, los depósitos existentes en el Perú son de dos tipos: depósitos lacustres y depósitos marinos. Principalmente está constituida por sílice con adiciones de cuarzo, óxido de hierro, aluminio y sodio [22].

Figura 10: Morfologías de las diatomitas



Obtenido de: Caracterización de diatomitas en depósito marino en el norte del Perú [22]
La composición puede variar según sea el lugar de extracción y la fuente del tipo de diatomita.

Figura 11: Principales yacimientos de diatomitas de Perú

Yacimiento	Componentes %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Px C
AI Bayovar (Sondeo B-63) area I	65.5	2	1.3	9.6	3.3	1.9	0.5	14.8
CI-D Bayóvar (Cueva el Inca) Área III	77.7	3.4	2.1	2.2	1.4	3.2	0.8	8.44
CD-I Bayóvar (Estación S-8) Área II	58.3	3.3	1.1	2.7	2.3	9.2	0.9	22.5
M1A Ocucaje Punto M1	73.8	9.7	3	2.9	1.2	1.8	1.3	4.66
M2B Ocucaje Punto M2	65.2	16.7	4	1.1	3	1.7	1.9	6.57
A1A Ayacucho	87	3.1	1	1.5	0.6	0.3	0.5	4.15
A2B Ayacucho	90.7	2.1	1	1.2	0.6	0.3	0.4	3.75
ARQ Arequipa (El Solitario)	86.2	5.9	1.7	1.2	0.6	N.D.*	N.D.*	3.8
FOSILITE #24	88.4	1.5	1.1	1.1	0.4	0.4	0.3	6.33

Manual de Carreteras, Sección suelos y Pavimentos – MTC/14

El manual establece directrices y pautas técnicas relacionadas con el diseño de pavimentos y la caracterización de suelos en proyectos viales. Su propósito fundamental es facilitar el desarrollo de diseños óptimos aplicables tanto a vías pavimentadas como no pavimentadas, enfocándose en la optimización de las propiedades estructurales. La guía integra aspectos técnicos y económicos, fundamentados en la experiencia práctica, investigaciones sobre el comportamiento de los materiales y el análisis de sus propiedades bajo diferentes condiciones de servicio específicas [33].

Manual de Ensayo de materiales – MTC/14

Este documento técnico, que forma parte del conjunto de Manuales de Carreteras, detalla los protocolos y métodos estandarizados para la realización de pruebas en campo y laboratorio. Su propósito esencial es asegurar que los materiales sometidos a evaluación cumplan con las especificaciones y requisitos de calidad predeterminados. [34].

Análisis granulométrico de suelos por tamizado – MTC E 107 – NTP 339.128

Con el análisis granulométrico se busca establecer la dispersión de los tamaños de las partículas que conforman el suelo [33]. La principal herramienta es el tamiz o serie de tamices normados en los que se hace pasar la muestra por sus aberturas hasta obtener un suelo retenido y un pasante y así establecer la porción de material remanente en cada malla. Para la parte fina de suelos como limos y arcillas se hace uso del método de sedimentación [35].

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

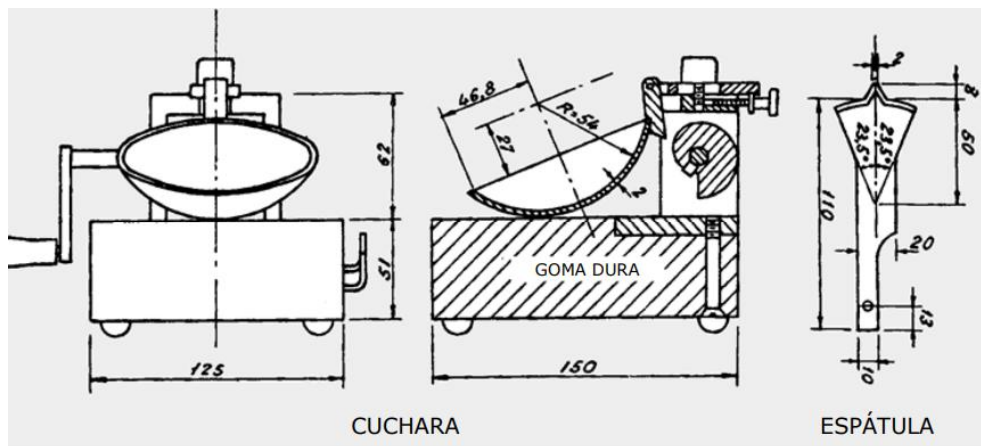
La humedad del suelo representa el porcentaje que existe entre el peso del agua contenida y la masa de las partículas sólidas en un espécimen específico. La metodología operativa para su determinación consiste en cuantificar la cantidad de agua eliminada mediante un proceso de secado, donde la muestra es sometida a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C hasta alcanzar una masa constante. La masa resultante después del proceso de secado representa el peso de los componentes sólidos, mientras que la diferencia entre el peso inicial y final corresponde a la cantidad de agua contenida originalmente en la muestra.

Determinación del límite líquido de los suelos – MTC E110

Fue Atterberg el pionero que enlazo el nivel de plasticidad en un suelo con la cantidad de líquido o humedad, y está representado en correlación del peso seco de la muestra. Lo importante de los límites es utilidad establecer el límite líquido y límite plástico. Siendo más precisos es de interés delimitar los intervalos en el cual el suelo actúa de forma plástica, en pocas palabras su plasticidad [35].

Se hace uso de un artefacto denominado la cuchara de Casagrande con la que se determina la cuantía de agua mínima de agua que puede contener una masa compuesta por 100 g de suelo y así determinar el límite líquido. Por otro lado, el límite plástico es se hace manera más rústica ya que trata de realizar bastones de masa de suelo sin desmoronarse con la menor contenido de agua [35].

Figura 12: Cuchara de Casagrande



Obtenido de: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento [35]

Compactación de suelos en laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado) – MTC E 115

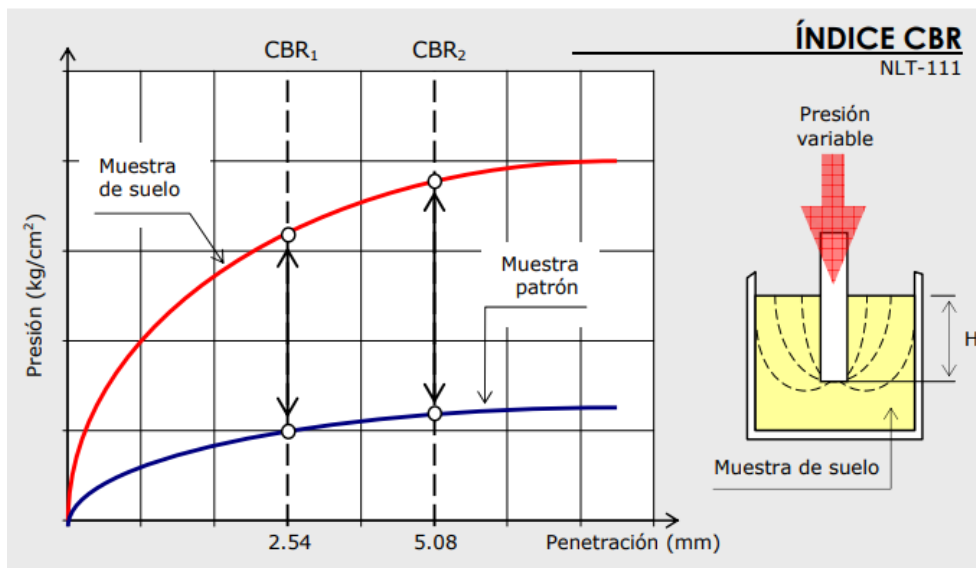
El ensayo tiene el nombre de su creador y puede ser el normal o el modificado, el principal diferenciador es el peso de la fuerza de compactación utilizada en la muestra del ensayo ya que el Proctor modificado es 4.5 veces mayor que el normal. Se puede inferir que el Proctor modificado es producto de la evolución del normal y fue causado por el desarrollo de la maquinaria para compactar debido el aumento de los pesos en los ejes de los vehículos.

CBR de Suelos (Laboratorio) – MTC E 132

El índice de CBR permite tener un indicador de la capacidad portante, lleva el nombre del estado de California de EE. UU. debido a que fue el primer lugar donde se utilizó por primera vez. La calibración del ensayo se da por una relación empírica de los resultados de ensayos previamente realizados en distintos tipos de suelo. Para la realización del ensayo se hace un procedimiento de hinchamiento y penetración de la muestra. El hinchamiento se da por 4 días y es muy importante en suelos fino como arcillas ya que en este tipo de suelos se dan asientos diferenciales. Por otro lado, la penetración permite cuantificar la capacidad de soporte del suelo.

El índice de CBR es la división entre la presión necesaria para introducir el pistón cierta profundidad y la necesaria para alcanzar la misma medida en una muestra de grava machacada [35].

Figura 13 Determinación del índice CBR



Obtenido de: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento [35]

Método de Ensayo Estándar para la Gravedad Específica de Sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E113)

Para determinar la densidad de las partículas sólidas que componen el suelo, se utiliza el valor de su gravedad específica. Este cálculo se realiza mediante la multiplicación de dicha gravedad específica y la densidad del agua (considerando la temperatura correspondiente). Este parámetro resulta fundamental en la determinación de las características físicas del suelo, específicamente para obtener la relación de vacíos y el nivel de saturación. Para realizar el análisis, se puede emplear una muestra de suelo, ya sea en estado húmedo o previamente secada en horno, siempre que sus partículas sean capaces de atravesar el tamiz No. 4 de la normativa U.S. Estándar, considerando la totalidad de la muestra. La gravedad específica se mide mediante la fórmula:

$$G_s = \frac{M_s}{(V_w - V_s)}$$

Donde:

G_s: Gravedad específica del suelo (g/cm³)

M_s: Muestra de suelo seco

V_w: Volumen de agua desplazada

V_s: Volumen del suelo

Ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono – ASTM D6951-3

Con la realización del ensayo se obtiene una razón de penetración penetrómetro, el ensayo se ejecuta sobre suelos inalterados y suelos compactados y para lo cual se utiliza un partillo de 8kg. El ensayo consiste en penetrar el suelo con el dispositivo a partir de dejar caer el peso. Este ensayo realizado in situ y se puede relacionar con la capacidad de soporte en campo mediante obteniéndose el índice de CBR a partir de la siguiente fórmula [39].

$$\text{CBR} = 292/(\text{DCP}^{1.12}), \text{ ecuación general}$$

$$\text{CBR de suelos CL} < 10: \text{CBR} = 1 / (0.017019 \times \text{DCP})^2$$

$$\text{Suelos CH: CBR} = 1 / (0.002871 \times \text{DCP})$$

Materiales y métodos

Tipo de investigación

La investigación optó un corte experimental, cuantitativa y transversal. Experimental ya que se ejecutaron pruebas de laboratorio en la cual se relacionarán las variables y se verificó la validez de la hipótesis. El sesgo de cuantitativo se debe a que se midieron datos o valores de las diferentes propiedades de la muestra en estudio. Según su temporalidad es de tipo transversal porque los datos se recolectan en un solo momento temporal

Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativa – correlacional. Explicativa porque busca determinar las causas de la mejora en las características del suelo y correlacional porque establece relaciones entre la dosificación y las propiedades mejoradas

Hipótesis

Hipótesis General: "La aplicación de Diatomita como agente estabilizante mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas de las subrasantes de mediana y alta plasticidad"

Hipótesis Específicas:

H1: La adición de Diatomita reduce el índice de plasticidad en subrasantes de mediana y alta plasticidad"

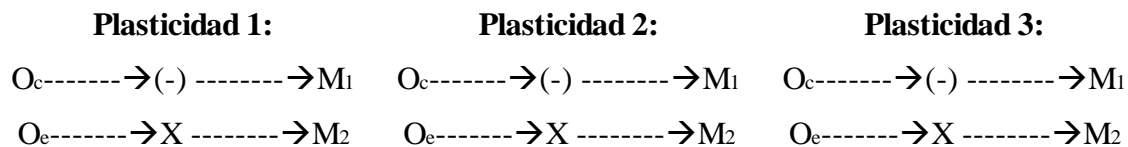
H2: La incorporación de Diatomita incrementa el valor del CBR en subrasantes de mediana y alta plasticidad, mejorando su capacidad portante"

Diseño de la investigación

El estudio es experimental ya que se cuenta con un grupo control, grupos experimentales y condiciones controladas de laboratorio.

La evaluación de las características del suelo se realizó posterior a la incorporación del elemento de estudio (variable independiente). El análisis experimental abarcó tres muestras de

suelo caracterizadas por distintos niveles de plasticidad, clasificadas entre media y alta. La investigación se estructuró en dos grupos de estudio: el primero, denominado grupo control, constituido por muestras en estado natural; y el segundo, grupo experimental, donde se incorporó diatomita a cada una de las muestras de suelo evaluadas.



*X = variable independiente en diferentes porcentajes; O_c= muestra de control

*O_e= muestra experimental; *M_{1,2}= Medición de propiedades

Criterios de selección

La selección de porcentajes de adición de Diatomita esta referenciado en base a los antecedentes, el Manual de Carreteras en su guía para la selección del tipo de estabilizador y sobre todo a juicio del investigador respecto al conocimiento del material que se adicionará. Debido a la mejora de resultados con las diferentes adiciones se optó por seleccionar los porcentajes de 5%,10%,15% y 20% tal como se demuestra en la Tabla 2 esto debido a que los intervalos de 5% entre porcentajes permiten un análisis de tendencias claras, interpolación confiable entre valores, la identificación precisa del punto óptimo y permite una fácil dosificación en campo para su precisión en el control de calidad.

Tabla 2: Selección de porcentajes de adición

ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE % DE ADICIÓN	
	DOSIFICACIÓN
ANTECEDENTES	7%, 10% y 13%
	10%, 20% y 30%
	3%, 6%, 9% y 12%
	5%, 10% y 15%
GUIA PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTABILIZADOR	2-12% (Cemento)
DOSIFICACIONES SELECCIONADAS	5% , 10%, 15% y 20%

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 3: Operacionalización de variables

TIPO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ÍNDICE
INDEPENDIENTE	Diatomita	-	Peso %	Balanza	Kg
DEPENDIENTE	Comportamiento físico y mecánico del suelo	Propiedad física	Humedad	NTP 339.127.	%
			Granulometría	NTP 339.128 - MTC E 107 (ASTM D422).	%
			Límite líquido	NTP 339.129 - MTC E 110- (ASTM D4318).	%
			Límite plástico	NTP 339.129 - MTC E 111- (ASTM D4318).	%
			Índice de Plasticidad	NTP 339.129 - MTC E 111- (ASTM D4318).	%
			Gravedad Específica	NTP 339.131 - MTC E 113	g/cm ³
		Propiedad mecánicas	Proctor modificado	NTP 339.141 - MTC E 115- (ASTM D1557).	%- gr/cm ³
			CBR	NTP 339.145 MTC E 132- (ASTM D1883).	%
INTERVINIENTE	Propiedades de diatomita	Propiedad física	Granulometría	NTP 339.128 - MTC E 107 (ASTM D422).	%
			Humedad	NTP 339.127.	%
		Propiedad Química	Composición Química	Efluorescencia de Rayos X	%

Desarrollado por: El Investigador

Población

La población de estudio se constituyó por suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad.

Muestra

La muestra estuvo constituida por suelo extraído de 3 calicatas de diferentes índices de plasticidad entre mediana y alta. La cantidad de suelo por cada ensayo estuvo delimitada por la normativa correspondiente.

La metodología de selección de muestras se realizó mediante un sistema no probabilístico, considerando características particulares de los suelos analizados. La caracterización experimental se ejecutó mediante diversas pruebas de laboratorio, aplicados tanto a las muestras de control (sin modificar) como a los especímenes del grupo experimental (modificados con diatomita).

Ensayos muestra patrón:

Tabla 4: Selección de especímenes para las muestras patrón C-01

Muestra Patrón C-01 / IP 1	
Granulometría	1
Contenido de Humedad	1
Gravedad Específica	1
Límite Líquido	1
Límite Plástico	1
Proctor Modificado	3
CBR	10
TOTAL	18

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 5: Selección de especímenes para las muestras patrón C-02

Muestra Patrón C-02 / IP 2	
Granulometría	1
Contenido de Humedad	1
Gravedad Especifica	1
Límite Líquido	1
Límite Plástico	1
Proctor Modificado	3
CBR	10
TOTAL	18

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 6: Selección de especímenes para las muestras patrón C-03

Muestra Patrón C-03 / IP 3	
Granulometría	1
Contenido de Humedad	1
Gravedad Especifica	1
Límite Líquido	1
Límite Plástico	1
Proctor Modificado	3
CBR	10
TOTAL	18

Desarrollado por: El Investigador

Ensayos muestra experimental:

Tabla 7: Selección de especímenes para las muestras modificadas C-01

Muestra Experimental C-01 con adición de Diatomita				
	5%	10%	15%	20%
Límite Líquido	1	1	1	1
Límite Plástico	1	1	1	1
Proctor Modificado	3	3	3	3
CBR	10	10	10	10
TOTAL				60

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 8: Selección de especímenes para las muestras modificadas C-02

Muestra Experimental C-02 con adición de Diatomita				
	5%	10%	15%	20%
Límite Líquido	1	1	1	1
Límite Plástico	1	1	1	1
Proctor Modificado	3	3	3	3
CBR	10	10	10	10
TOTAL				60

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 9: Selección de especímenes para las muestras modificadas C-03

Muestra Experimental C-03 con adición de Diatomita				
	5%	10%	15%	20%
Límite Líquido	1	1	1	1
Límite Plástico	1	1	1	1
Proctor Modificado	3	3	3	3
CBR	10	10	10	10
TOTAL			60	

Desarrollado por: El Investigador

Tamaño de la muestra para población infinita

$$N = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

p: Proporción poblacional que presenta cierta característica.

q: Proporción poblacional que no presenta la característica.

e: Máximo error de estimación de p

Z: Valor relacionado al nivel de confianza

N: Tamaño de la población.

Con relación a la población de CBR que se desarrollaron por cada calicata y cada % de adición, tenemos un N= 30, que sería el total de ensayos CBR por cada % de adición respecto a las 3 calicatas.

$$e = \sqrt{\frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{30}}$$

$$e = 0.1789$$

$$e = 17.89\%$$

El máximo error de estimación calculado es de 17.89%.

Técnica de recolección de datos

La técnica que se utilizó en la ejecución del proyecto es la de observación para la recolección de datos, además de eso se realizaron consultas bibliográficas con el fin de tener un campo amplio de conocimientos para el desarrollo de la investigación. Incluyen todos los ensayos normalizados y estandarizados:

- MTC E 106. Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo.
- NTP 339.128 - MTC E 107- (ASTM D422). Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

- ASTM D-248. Clasificación SUCS
- ASTM M-145, ASTM D-3282. Clasificación de suelos AASHTO
- NTP 339.127. Determinación del contenido de humedad de un suelo.
- NTP 339.129 - MTC E 110- (ASTM D4318). Determinación del límite líquido de los suelos, límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.).
- NTP 339.141 - MTC E 115- (ASTM D1557). Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado).
- NTP 339.145 - MTC E 132- (ASTM D1883). California Bearing Ratio (CBR)
- ASTM D6951-3 Método de prueba estándar para el uso del penetrómetro de cono dinámico en aplicaciones de pavimento poco profundo.

Procedimientos

Localización de excavaciones exploratorias y extracción de especímenes

La extracción de material con características de suelos arcillosos que deberán contener diferente índice de plasticidad entre mediano y alto se desarrolló en 3 diferentes lugares.

Se procedió a realizar 03 calicatas en la cual la identificación de lugares se realizó debida a estudios de proyectos y a criterio del investigador.

Calicata – 01

El primer punto de exploración (C-01) fue establecido en una vía no pavimentada dentro de la jurisdicción del distrito de José Leonardo Ortiz, según se evidencia en la figura 13. La selección del sitio de muestreo fue determinada por criterio técnico del investigador. Las referencias de ubicación mediante coordenadas geográficas se encuentran detalladas en la Tabla 10.

Figura 14: Ubicación de la Calicata N°01



Obtenido de: Google Earth Pro

Fotografía 1: Toma de muestras C-01



Desarrollado por: El Investigador

Calicata – 02

El punto de exploración C-02 fue establecido en Pomalca según se evidencia en la figura 14, a juicio del investigador fue seleccionado el lugar de extracción en el anexo Samán, sus coordenadas geográficas se encuentran detalladas en la Tabla 10.

Figura 15: Ubicación de Calicata N°02



Obtenido de: Google Earth Pro

Fotografía 2: Toma de muestras C-02



Desarrollado por: El Investigador

Calicata – 03

La C-03 se situó en el distrito de La Victoria, según se evidencia en la figura 15, a juicio del investigador fue seleccionado el lugar de extracción en una trocha carrozable, sus coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 10.

Figura 16: Ubicación de Calicata N°03



Obtenido de: Google Earth Pro

Fotografía 3: Toma de muestras C-03



Desarrollado por: El Investigador

Tabla 10: Coordenadas UTM WGS84 de calicatas

COORDENADAS DE CALICATAS - UTM WGS84					
CALICATA	Distrito	Provincia	Zona	Norte	Este
C-01	Jose Leonardo Ortiz	Chiclayo	17	633672.9	9254195.67
C-02	Pomalca	Chiclayo	17	632099.3	9251704.66
C-03	La Victoria	Chiclayo	17	629489.04	9245757.87

Desarrollado por: El Investigador

Extracción de Diatomita- Ubicación de lugar de extracción

Para el desarrollo del estudio se utilizará Diatomita extraída en la pampa de Yapato ubicada en el Departamento de Piura, provincia Sechura, distrito Sechura el cual tiene acceso principal por la carretera Piura-Bayóvar a una distancia de 40 km de Piura; litológicamente es muy característico, son de color blanco o cremas, bastante liviano. Estas pasaron por los procesos de extracción, molienda y embolsado.

Tabla 11: Coordenadas lugar de extracción Diatomita

COORDENADAS UTM WGS84					
Lugar	Provincia	Distrito	Zona	Norte	Este
Pampa de Yapato	Sechura	Sechura	17	9392953	521260

Desarrollado por: El Investigador

Fotografía 4:Pampa de Yapato



Desarrollado por: El Investigador

Fotografía 5:Diatomita



Desarrollado por: El Investigador

Siguiendo los protocolos establecidos en este estudio, tanto los especímenes extraídos in situ como el material estabilizador (diatomita) fueron trasladados a las instalaciones del laboratorio para su caracterización mediante pruebas normalizadas.

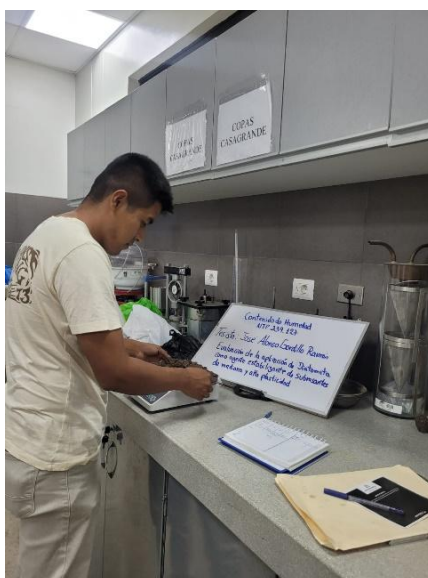
Ensayos de Laboratorio

Para validar la hipótesis planteada y alcanzar los objetivos específicos establecidos, se ejecutaron diversos ensayos de laboratorio que incluyeron: análisis granulométrico, determinación del contenido de humedad, evaluación de la gravedad específica y obtención de los límites de Atterberg, permitiendo así establecer el Índice de Plasticidad (I.P.) y realizar la clasificación de los suelos según los sistemas SUCS y AASHTO. Complementariamente, se realizaron pruebas para estipular el comportamiento mecánico tanto de las muestras de control como de los especímenes modificados con Diatomita, mediante la ejecución del ensayo Proctor Modificado y la prueba CBR, con el propósito de estimar la capacidad portante de las subrasantes.

Contenido de Humedad

Las muestras de suelo arcilloso fueron procesadas inmediatamente después de su extracción en las instalaciones del Laboratorio de Suelos perteneciente a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, con el propósito de estipular su contenido de humedad en condiciones inalteradas. El procedimiento consistió en tomar aproximadamente 1000 g de cada una de las tres muestras obtenidas, utilizando una balanza de precisión calibrada a 0.01 g. Posteriormente, el material fue sometido a un proceso de secado en el horno de la institución durante un período aproximado de 24 horas, bajo condiciones controladas de temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$. Todo el proceso experimental se realizó en estricto cumplimiento de las especificaciones establecidas en la norma MTC E 108, contenida en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 6: Cuantificación gravimétrica de las muestras



Desarrollado por: El Investigador

Análisis Granulométrico de Suelos

El análisis granulométrico se inició mediante el proceso de cuarteo del material, seleccionando una porción representativa de 500 gramos por cada muestra evaluada. La separación de las partículas finas se efectuó mediante un proceso de lavado utilizando el tamiz N°200. El material retenido se sometió a un proceso de secado durante aproximadamente 24 horas antes de proceder con el ensayo de clasificación granulométrica. Considerando las características del suelo analizado, se empleó una serie de tamices que incluyó las mallas N°4, N°10, N°20, N°40, N°50, N°100 y N°200. El procedimiento se ejecutó siguiendo rigurosamente las disposiciones establecidas en la norma MTC E 107 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC. En cuanto a la Diatomita, se utilizó específicamente el material que atravesó la malla N°40.

Fotografía 7: Tamices para ensayo de análisis granulométrico



Desarrollado por: El Investigador

Límites de Atterberg

El procedimiento para la determinación del límite líquido comenzó con la preparación de la muestra, la cual fue mezclada minuciosamente en un contenedor plástico hasta alcanzar una consistencia uniforme. La pasta resultante fue distribuida uniformemente sobre la superficie de la copa de Casa Grande. Utilizando el acanalador normalizado, se realizó una ranura que dividió la muestra en dos partes iguales, procediendo luego a efectuar el conteo de golpes según lo establecido en la metodología del ensayo. La ejecución completa del procedimiento se realizó conforme a las especificaciones técnicas contenidas en la norma MTC E 108 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 8: Copa de Casa Grande



Desarrollado por: El Investigador

La determinación del límite plástico se realizó tomando una muestra representativa del material previamente homogenizado, cuyo contenido de humedad era apropiado para la elaboración de cilindros de suelo con un diámetro aproximado de 3.2 mm, requeridos para este ensayo específico. El procedimiento experimental se ejecutó siguiendo estrictamente los criterios establecidos en la norma MTC E 109 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 9: Barras para LP de las muestras



Desarrollado por: El Investigador

Una vez obtenidos los valores correspondientes al Límite Líquido (L.L.) y Límite Plástico (L.P.) de cada espécimen, se procedió al cálculo del Índice de Plasticidad (I.P.) mediante la aplicación de la ecuación especificada en la misma norma MTC E 109.

Proctor Modificado

La preparación de las muestras para los ensayos de Proctor Modificado inició con el acondicionamiento del material, extendiendo las muestras sobre una superficie plástica en un ambiente controlado durante aproximadamente 8 días hasta alcanzar el secado adecuado.

Fotografía 10: Secado de suelo para ensayo de Proctor Modificado



Desarrollado por: El Investigador

Posteriormente, la trituración del material se efectuó empleando la máquina de abrasión de Los Ángeles, procesando individualmente cada muestra de suelo arcilloso. El material triturado fue tamizado utilizando la malla N°4, seleccionando exclusivamente la fracción pasante para los ensayos posteriores.

Fotografía 11: Máquina de abrasión de los Ángeles



Desarrollado por: El Investigador

Para el desarrollo del grupo experimental del ensayo Proctor Modificado, se prepararon especímenes de 3000 gramos por cada muestra extraída (C-01, C-02, C-03). A estas muestras se les incorporó Diatomita en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% respecto al peso del suelo. Las combinaciones resultantes fueron preservadas en bolsas hasta el instante de su ensayo.

Fotografía 12: Almacenamiento de muestras en bolsas



Desarrollado por: El Investigador

Mediante el ensayo Proctor Modificado se establecieron las condiciones de Máxima Densidad Seca (MDS) y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) tanto para las muestras control como para aquellas modificadas con los diferentes porcentajes de diatomita. Se implementó el método A del ensayo, considerando que el material en su totalidad atravesó el tamiz N°4. Este procedimiento requirió la utilización de un molde de 4 pulgadas de diámetro, aplicando 25 golpes por capa. Todo el proceso experimental se ejecutó en conformidad con las especificaciones establecidas en la norma MTC E 115 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

La evaluación de la resistencia del suelo como subrasante se determinó mediante el ensayo CBR (California Bearing Ratio) en condiciones de laboratorio. Los análisis se efectuaron inicialmente sobre las muestras de control, seguidos por los especímenes modificados con adiciones de diatomita en concentraciones del 5%, 10%, 15% y 20%.

El procedimiento experimental se desarrolló en tres fases secuenciales: inicialmente, se procedió a la compactación del material arcilloso en los moldes específicos para CBR;

posteriormente, se monitoreó el proceso de expansión durante un período de 96 horas con las muestras en condición sumergida; finalmente, se ejecutó el ensayo de penetración tanto para las muestras patrón como para aquellas modificadas con diatomita. La totalidad del proceso se realizó en estricto cumplimiento de los requisitos y especificaciones establecidos en la norma MTC E 132 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Fotografía 13: Material acondicionado para la fase de saturación



Desarrollado por: El Investigador

Ensayo Penetrómetro de Cono Dinámico (DCP)

Se realizó el ensayo DCP para hallar un CBR insitu que se pueda relacionar con el CBR hallado en laboratorio. Para realizar el ensayo primero se inspeccionó el equipo y se procedió a instalar en el terreno a evaluar, una vez instalado 1 operador sostendrá el equipo en una posición vertical mientras otro operador levantará el martillo hasta hacer un contacto ligero con la manija y lo dejará caer desde la altura especificada para luego pasar a registrar la información del número de golpes obtenido por capa que en este caso serán de 100mm por capa. La profundidad de penetración para considerarse adecuada no deberá superar los 900 mm y una vez culminado el ensayo se procedió a extraer el penetrómetro utilizando el martillo el cual se redirigirá hacia arriba golpeando la manija. Se siguió los lineamientos y parámetros indicados en ASTM D6951-3.

Fotografía 14: Realización de ensayo DCP en campo



Desarrollado por: El Investigador

Proceso de estabilización con Diatomita en campo

La estabilización del suelo de subrasante con diatomita se inicia con el acondicionamiento del terreno, que implica la excavación del material hasta alcanzar el nivel proyectado. Seguidamente, se efectúa el proceso de disgregación y trituración del suelo para asegurar una distribución uniforme del tamaño de partículas. El material estabilizador (diatomita) se aplica en dosificaciones específicas, determinadas previamente mediante análisis de laboratorio, y se integra al suelo utilizando maquinaria especializada hasta conseguir una mezcla uniforme. La incorporación del agua se realiza de manera controlada y progresiva hasta lograr la humedad óptima establecida en los estudios de compactación Proctor. Subsecuentemente, se procede con la fase de compactación empleando equipos específicos hasta obtener la densidad especificada. El proceso culmina con el período de curado del estrato estabilizado, implementando medidas de protección contra agentes climatológicos adversos para garantizar el desarrollo óptimo de sus características mecánicas.

Análisis económico del uso de Diatomita en comparación con los métodos tradicionales

Para el análisis económico se realizó la comparativa de costos en referencia a 1 km de vía con un ancho de calzada de 7.2 m; los agentes estabilizantes a comparar son cemento y cal como métodos tradicionales y diatomita como un nuevo agente estabilizador.

Según el Manual de Carreteras, sección: Suelos y pavimentos se considerará la profundidad mínima de subrasante de 0.60 m. Además, la dosificación de cemento y cal será de 9 y 4% respectivamente en cuanto a la Diatomita se seleccionó el 5% de adición que fue el resultado óptimo para el mejoramiento de subrasantes planteadas en la presente investigación.

Los precios de los materiales utilizados en las partidas correspondientes se pueden verificar su cotización en el Anexo 2.

Tabla 12: Estimación de estabilización con cemento 9%

PRESUPUESTO RESUMEN - MEJORAMIENTO CON CEMENTO 9%					
PROYECTO: : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"					
FECHA: 10/01/2025					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.60	11524.31
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.00
02.01.00	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	9.39	40559.06
02.02.00	BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	80.21	577492.73
02.03.00	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	7.48	53831.53
				SUBTOTAL	S/ 683,407.63
				IGV 18%	S/ 123,013.37
				TOTAL	S/ 806,421.01

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 13: ACU - Trazo, Replanteo y Controles Topográficos

Partida:	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS		Costo por m2:	S/ 1.60		
Rendimiento	1000.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Topografo	hh	1.00	0.008	26.15	0.21	
Oficial	hh	1.00	0.008	21.61	0.17	
Ayudante de topografia	hh	2.00	0.016	18.60	0.60	
					0.98	
MATERIALES						
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.05	8.2	0.41	
					0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.98	0.03	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1.00	0.008	7.45	0.06	
Estación Total	hm	1.00	0.008	11.35	0.09	
Wincha de 30m + cordel	hm	1.00	0.008	4.2	0.03	
					0.21	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 14: ACU-Excavación a nivel de Subrasante

Partida: EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE			Costo por m3 S/ 9.39			
Rendimiento	380.00	m3/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.021	27.49	0.58	
Peón	hh	2.00	0.042	19.56	1.65	
					2.23	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	2.23	0.07	
Cargador Frontal	hm	1.00	0.021	186.66	3.93	
Camión Volquete 15m3	hm	1.00	0.021	150.4	3.17	
					7.16	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 15: ACU- Batido de material con cemento 9%

Partida: BATIDO DE MATERIAL CON CEMENTO 9% - SUBRASANTE e=60cm			Costo por m2: S/ 80.21			
Rendimiento	830.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.26	
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.21	
Peón	hh	1.00	0.010	19.56	0.19	
					0.66	
MATERIALES						
Cemento Portland Tipo I 9% (bolsa de 42.5 kg)	bol		2.350	32.8	77.08	
					77.08	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.66	0.02	
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.45	
					2.47	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 16: ACU - Perfilado, nivelación y compactación de subrasante

Partida: PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE			Costo por m2 S/ 7.48			
Rendimiento	800.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.27	
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.22	
Peón	hh	2.00	0.020	19.56	0.78	
					1.27	
MATERIALES						
Agua	m3		0.05	10.00	0.50	
					0.50	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.27	0.04	
Camión cisterna (1500 gln)	hm	1.00	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	1.00	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.54	
					5.70	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 17: Estimación de estabilización realizado con cal 4%

PRE SUPUESTO RESUMEN - MEJORAMIENTO CON CAL VIVA 4%					
PROYECTO: "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"					
FECHA: 10/01/2025					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.68	12100.31
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.00
02.01.00	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	9.39	40559.06
02.02.00	BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	45.09	324614.33
02.03.00	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	7.48	53831.53
SUBTOTAL					S/ 431,105.23
IGV 18%					S/ 77,598.94
TOTAL					S/ 508,704.17

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 18: ACU - Trazo, replanteo y controles topográficos

Partida: TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS				Costo por m2: S/ 1.68		
Rendimiento	1000.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Topografo	hh	1.00	0.008	26.15	0.21	
Oficial	hh	1.00	0.008	21.61	0.17	
Ayudante de topografía	hh	2.00	0.016	18.60	0.60	
					0.98	
MATERIALES						
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.05	9.8	0.49	
					0.49	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.98	0.03	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1.00	0.008	7.45	0.06	
Estación Total	hm	1.00	0.008	11.35	0.09	
Wincha de 30m + cordel	hm	1.00	0.008	4.2	0.03	
					0.21	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 19: ACU - Excavación a nivel de subrasante

Partida: EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE				Costo por m3: S/ 9.39		
Rendimiento	380.00	m3/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.021	27.49	0.58	
Peón	hh	2.00	0.042	19.56	1.65	
					2.23	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	2.23	0.07	
Cargador Frontal	hm	1.00	0.021	186.66	3.93	
Camión Volquete 15m3	hm	1.00	0.021	150.4	3.17	
					7.16	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 20: Batido de material con cal 4%

Partida: BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA 4% - SUBRASANTE e=60cm			Costo por m2: S/ 45.09			
Rendimiento	830.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.26	
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.21	
Peón	hh	1.00	0.010	19.56	0.19	
					0.66	
MATERIALES						
Cal Viva 4% (bolsa de 20kg)	bol		2.220	18.90	41.96	
					41.96	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.66	0.02	
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.45	
					2.47	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 21: ACU - Perfilado, nivelación y compactación de subrasante

Partida: PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE			Costo por m2: S/ 7.48			
Rendimiento	800.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.27	
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.22	
Peón	hh	2.00	0.020	19.56	0.78	
					1.27	
MATERIALES						
Agua	m3		0.05	10.00	0.50	
					0.50	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.27	0.04	
Camión cisterna (1500 gln)	hm	1.00	0.010	171.58	1.72	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	1.00	0.010	141.18	1.41	
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.54	
					5.70	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 22: Estimación de estabilización con diatomita 5%

PRESUPUESTO RESUMEN - MEJORAMIENTO CON DIATOMITA 5%					
PROYECTO: : 'Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad'					
FECHA: 10/01/2025					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	m2	7200.00	1.60	11524.31
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.00
02.01.00	EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	4320.00	9.39	40559.06
02.02.00	BATIDO DE MATERIAL CON CAL VIVA - SUBRASANTE e=60cm	m2	7200.00	54.83	394756.73
02.03.00	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	7200.00	7.48	53831.53
				SUBTOTAL	S/ 500,671.63
				IGV 18%	S/ 90,120.89
				TOTAL	S/ 590,792.53

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 23: ACU - Trazo, replanteo y controles topográficos

Partida: TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS			Costo por m2 S/ 1.60			
Rendimiento	1000.00	m2/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Topografo	hh	1.00	0.008	26.15	0.21	
Oficial	hh	1.00	0.008	21.61	0.17	
Ayudante de topografía	hh	2.00	0.016	18.60	0.60	
					0.98	
MATERIALES						
Yeso (Bolsa de 15 kg)	bol		0.05	8.2	0.41	
					0.41	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.98	0.03	
Nivel topográfico (Equipo completo)	hm	1.00	0.008	7.45	0.06	
Estación Total	hm	1.00	0.008	11.35	0.09	
Wincha de 30m + cordel	hm	1.00	0.008	4.2	0.03	
					0.21	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 24: ACU - Excavación a nivel de subrasante

Partida: EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE			Costo por m3 S/ 9.39			
Rendimiento	380.00	m3/día				
Jornada Lab.	8.00	horas/día				
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1.00	0.021	27.49	0.58	
Peón	hh	2.00	0.042	19.56	1.65	
					2.23	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00%	2.23	0.07	
Cargador Frontal	hm	1.00	0.021	186.66	3.93	
Camión Volquete 15m3	hm	1.00	0.021	150.4	3.17	
					7.16	

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 25:ACU - Batido de material con diatomita 5%

Partida: BATIDO DE MATERIAL CON DIATOMITA 5% - SUBRASANTE e=60cm			Costo por m2: S/ 54.83				
Rendimiento	830.00	m2/día					
Jomada Lab.	8.00	horas/día					
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.		
MANO DE OBRA							
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.26		
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.21		
Peón	hh	1.00	0.010	19.56	0.19		
					0.66		
MATERIALES							
DIATOMITA 5% (bolsa de 50 kg)	bol		1.100	47.00	51.70		
					51.70		
EQUIPO Y HERRAMIENTAS							
Herramientas manuales	%MO		3.00%	0.66	0.02		
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.45		
					2.47		

Desarrollado por: El Investigador

Tabla 26:ACU - Perfilado, nivelación y compactación de subrasante

Partida: PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE			Costo por m2 S/ 7.48				
Rendimiento	800.00	m2/día					
Jornada Lab.	8.00	horas/día					
DESCRIPCION	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.		
MANO DE OBRA							
Operario	hh	1.00	0.010	27.49	0.27		
Oficial	hh	1.00	0.010	21.61	0.22		
Peón	hh	2.00	0.020	19.56	0.78		
					1.27		
MATERIALES							
Agua	m3		0.05	10.00	0.50		
					0.50		
EQUIPO Y HERRAMIENTAS							
Herramientas manuales	%MO		3.00%	1.27	0.04		
Camión cistema (1500 gln)	hm	1.00	0.010	171.58	1.72		
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	1.00	0.010	141.18	1.41		
Motoniveladora 130 - 135 HP	hm	1.00	0.010	253.74	2.54		
					5.70		

Desarrollado por: El Investigador

Resultados y discusión

La investigación fundamentó sus conclusiones en los valores obtenidos a través de ensayos desarrollados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos perteneciente a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Estos análisis permitieron determinar las propiedades físico-mecánicas de los especímenes estudiados, que comprenden suelos de plasticidad media y alta, evaluados tanto en su estado natural como con la incorporación del aditivo. Se presentan a continuación los hallazgos experimentales, los cuales satisfacen los objetivos establecidos en el estudio.

Determinación de la composición química de la diatomita

Tabla 27: Ensayo Químico - Fluorescencia de Rayos X

MUESTRA	COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Diatomita	Óxido de Silicio (SiO ₂)	70.12%
	Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	6.72%
	Óxido de Sodio (Na ₂ O)	5.46%
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	2.79%
	Óxido de Calcio (CaO)	2.36%
	Óxido de Magnesio (MgO)	2.12%
	Óxido de Potasio (K ₂ O)	1.42%
	Óxido de titanio (TiO ₂)	1.38%
	Óxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	1.36%
	Perdida por Calcinación	6.27%

Desarrollado por: El Investigador

Se puede analizar la predominancia química de SiO₂ con un valor del 70.12% según se verifica en la Tabla 27.

Determinación del contenido de humedad y granulometría de la Diatomita

Contenido de humedad

El contenido de humedad de la muestra de diatomita fue de 19.90% como se puede verificar en la tabla 28.

Tabla 28: Contenido de Humedad

DIATOMITA	
W. TARA	134.37
W. TARA + M.H	434.4
W. TARA+ M.S	384.6
% HUMEDAD	19.90

Desarrollado por: El Investigador

Granulometría

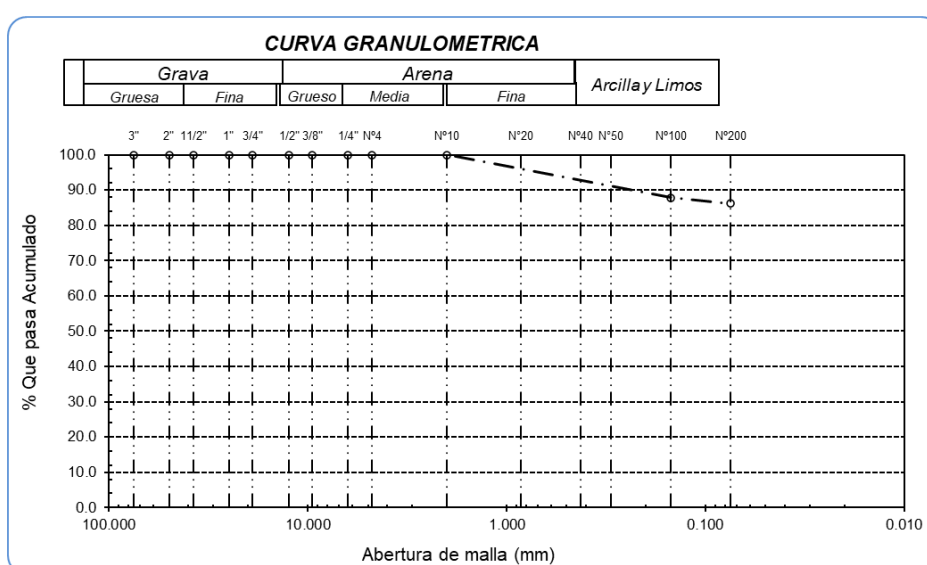
En la Tabla 29 se puede percibir el % de gravas, arena y arcillas determinados por el método del tamizado en el cual predomina el % de arcillas y limos con un 86.20%.

Tabla 29: Granulometria Diatomita

DIATOMITA	
% GRAVA	0.00
% ARENA	13.80
% ARCILLA Y LIMO	86.20

Desarrollado por: El Investigador

Gráfico 1: Curva granulométrica diatomita



Desarrollado por: El Investigador

Identificación de las propiedades físicas de las diferentes muestras de suelo sin adición y con adición de Diatomita.

Contenido de Humedad

Se puede verificar en la Tabla 30 el % de humedad en la C-01 de 33.58%, en la C-02 de 18.57% y finalmente en la C-03 de 19.95%

Tabla 30: Contenido de humedad de las muestras

CALICATA	C-01	C-02	C-03
W. TARA	121.40	121.40	151.90
W. TARA + M.H	777.70	1135.40	658.10
W. TARA+ M.S	612.70	976.60	573.90
% HUMEDAD	33.58	18.57	19.95

Desarrollado por: El Investigador

Granulometría

Tabla 31: Granulometria de muestras

CALICATA	C-01	C-02	C-03
% GRAVA	0.00	3.60	0.40
% ARENA	10.50	15.20	30.00
% ARCILLA Y LIMO	89.50	81.20	69.60

Desarrollado por: El Investigador

Se contempla la predominancia de las arcillas en las diferentes muestras con unos valores de 89.50% en la calicata 1, 81.20% en la calicata 2 y un 69.60% en la calicata 3.

Límite Líquido

Se realizó la determinación del límite líquido para la MP y sus diferentes % de incorporación, donde MP es la muestra patrón.

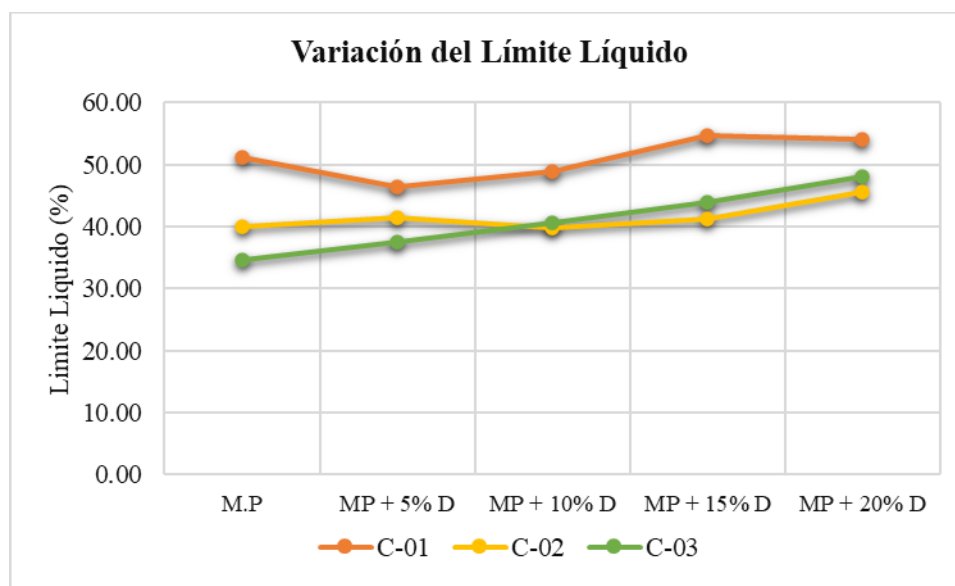
Tabla 32: Límite líquido de muestras patrón con y sin adición de Diatomita

CALICATA	LÍMITE LÍQUIDO				
	M.P	MP + 5% D	MP + 10% D	MP + 15% D	MP + 20% D
C-01	51.25	46.43	48.87	54.65	53.98
C-02	40.09	41.54	39.77	41.21	45.50
C-03	34.56	37.51	40.60	43.87	47.98

Desarrollado por: El Investigador

Se puede observar en la Tabla 32, que en la C-01 existe una disminución del límite líquido en las adiciones de 5 y 10%, caso contrario sucede con las adiciones del 15 y 20% que genera un aumento de los valores. En la C-02 existe una disminución del límite líquido en las adiciones de 5 y 10%, caso contrario sucede con la adición de 15 y 20% que genera un aumento de hasta un 5.41%. No obstante, en la C-03 existe una relación directa proporcionalmente entre la incorporación de Diatomita y el límite líquido esto a medida que se acrecentó el % de adición también aumenta el valor del límite líquido.

Gráfico 2: Variación del Límite Líquido



Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 2 se ilustra el comportamiento que posee las muestras con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente, teniendo en cuenta que para la C-03 se tiene un comportamiento ascendente.

Límite Plástico

Se realizó la determinación del límite plástico para la muestra patrón y sus diferentes adiciones, donde MP es la muestra patrón.

Tabla 33: Límite plástico de muestras patrón con y sin adición de Diatomita

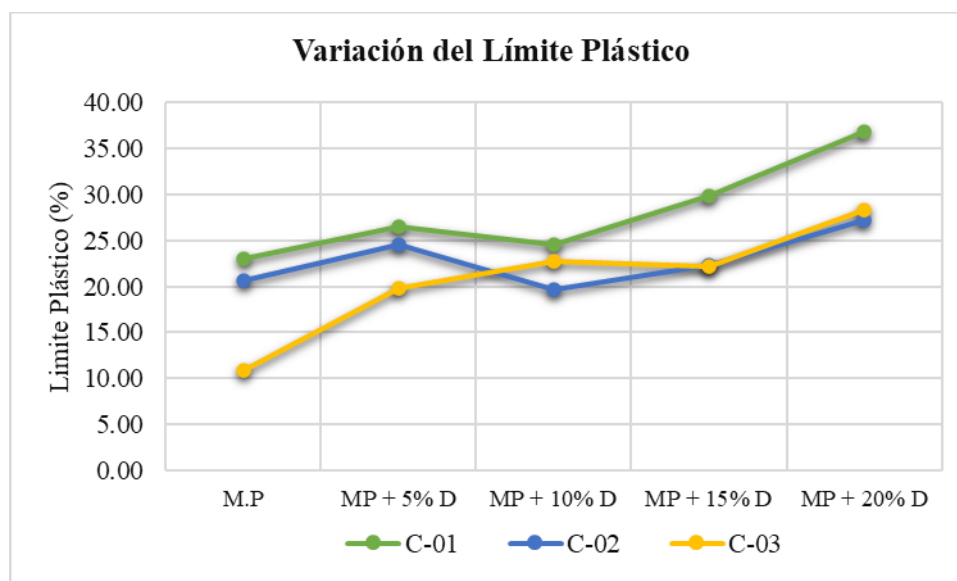
CALICATA	LÍMITE PLÁSTICO				
	M.P	MP + 5% D	MP + 10% D	MP + 15% D	MP + 20% D
C-01	23.05	26.46	24.59	29.87	36.86
C-02	20.69	24.48	19.73	22.35	27.15
C-03	10.92	19.82	22.72	22.20	28.28

Desarrollado por: El Investigador

Como se verifica en la Tabla 33, en la C-01 existe un aumento de los valores del límite plástico en sus diferentes muestras, alcanzando un valor máximo del 36.86% con la adición del 20% de Diatomita. Caso contrario se verifica en la C-02 existe un aumento en casi todas sus incorporaciones a excepción de la incorporación del 10% que reduce el límite plástico.

En la C-03 existe una relación directa entre el límite plástico y la incorporación de diatomita en las muestras de suelo, a medida que se aumenta los % de incorporación de diatomita, aumenta el valor del límite plástico generando un valor máximo de 28.28% en la muestra patrón adicionada al 20% de diatomita.

Gráfico 3: Variación del Límite Plástico



Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 3 se observa en la C-01 y C-02 como varía el límite plástico de acuerdo con la incorporación de diatomita en las muestras de suelo generando casi en todos sus % de adición un aumento proporcional. Caso contrario se verifica en la C-02 donde hay una disminución mayor en la muestra de suelo adicionada al 10% de diatomita con un valor de 16.80%.

Índice de Plasticidad

Es importante el poder verificar si existe alguna variación del presente parámetro al incorporar diatomita en las diferentes muestras de suelo.

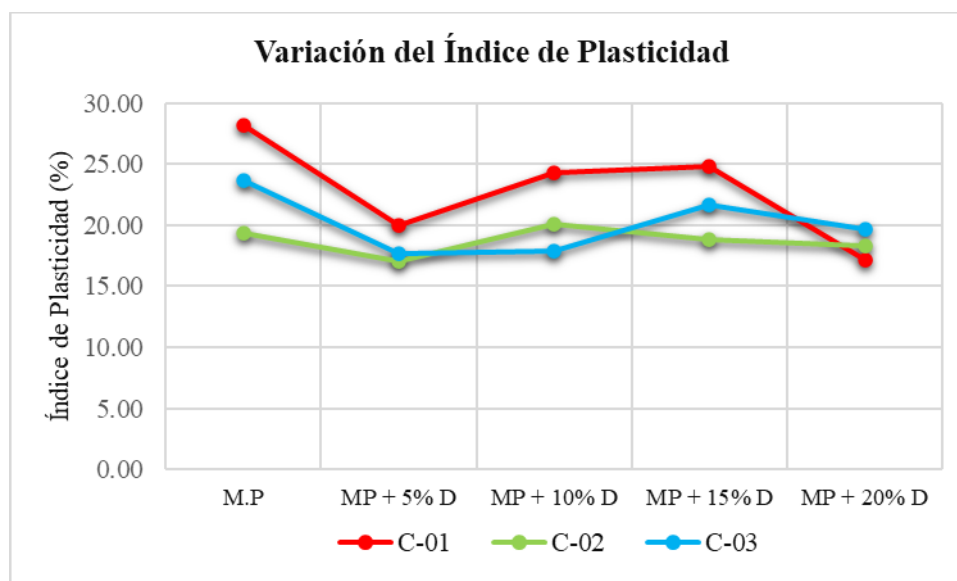
Tabla 34: Índice de Plasticidad de muestras patrón y sus adiciones de Diatomita

CALICATA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD				
	M.P.	MP + 5% D	MP + 10% D	MP + 15% D	MP + 20% D
C-01	28.20	19.97	24.28	24.78	17.12
C-02	19.39	17.06	20.05	18.87	18.35
C-03	23.64	17.69	17.88	21.67	19.70

Desarrollado por: El Investigador

Como se verifica en la Tabla 34, existe en la C-01 una disminución de los valores del IP en sus adiciones de diatomita, llegando así a un valor de IP=17.12%. En la C-02 existe una reducción del índice en casi todas sus adiciones exceptuando el 10% que genera un aumento mínimo llegando a un IP=20.05%. No obstante, en la C-03 existe una disminución del índice de plasticidad cuando se incorpora diatomita en sus diferentes porcentajes de adición a la muestra de suelo, siendo la máxima variación obtenida en el 5% de adición.

Gráfico 4: Variación del índice de plasticidad



Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 4 se evidencia la reacción que posee el índice de plasticidad a medida que aumenta la incorporación del % de diatomita en los especímenes de suelo.

Clasificación de las muestras naturales según el Índice de Plasticidad

Tabla 35: Categorización según IP

Calicata	IP	Descripción
C-01	28.20	Suelo muy arcilloso de alta plasticidad
C-02	19.39	Suelo arcilloso de mediana plasticidad
C-03	23.64	Suelo arcilloso de alta plasticidad

Desarrollado por: El Investigador

Según la Tabla 35, se puede verificar la predominancia de suelos arcillosos de mediana y alta plasticidad lo cual confirma el tipo de suelos característicos planteados en la presente investigación.

Clasificación de las muestras naturales mediante el Sistema SUCS y AASHTO

Tal como se muestra en la Tabla 36 según la clasificación SUCS tenemos en la C-01 un suelo tipo CH, mientras que la clasificación de la C-02 y C-03 es de un tipo CL.

Tabla 36: Clasificación SUCS Y AASHTO

Calicata	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Símbolo	Descripción	Grupo	Descripción
C-01	CH	Arcilla de alta plasticidad	A-7-6 (17)	Suelo arcilloso de calidad mala
C-02	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-6 (12)	Suelo arcilloso de calidad mala
C-03	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-6 (13)	Suelo arcilloso de calidad mala

Desarrollado por: El Investigador

Gravedad Especifica

Tabla 37: Gravedad Especifica de las muestras

CALICATA	Peso específico relativo de sólidos (g/cm ³)
C-01	2.577
C-02	2.591
C-03	2.618

Desarrollado por: El Investigador

La Tabla 37 evidencia los resultados alcanzados en el ensayo de Gravedad Especifica para los especímenes en su estado natural.

Determinación de las propiedades mecánicas de las diferentes muestras de suelo patrón

Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

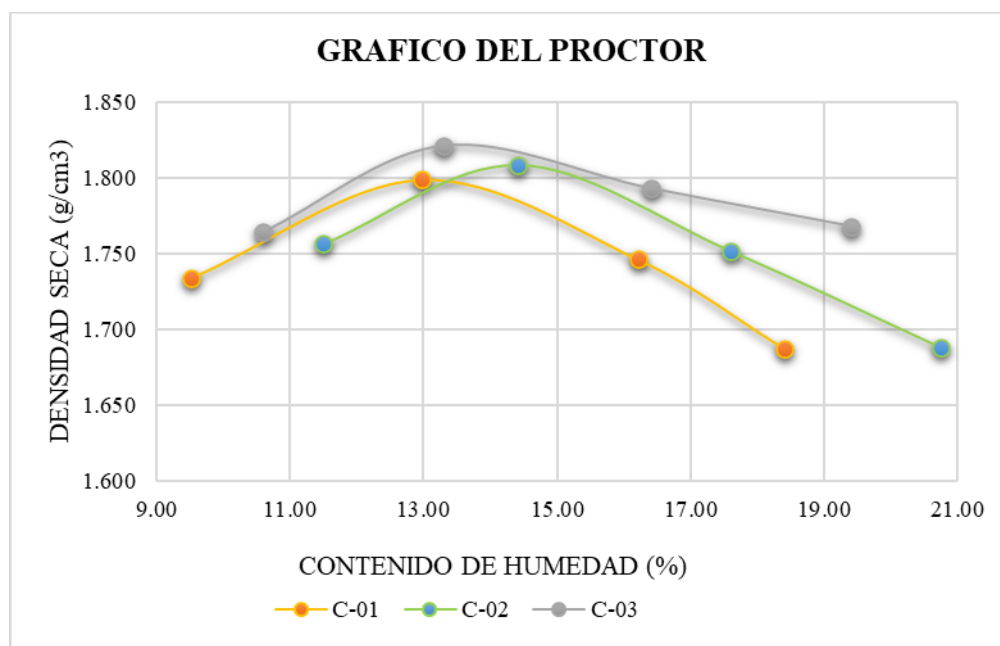
Tabla 38: Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO	Maxima Densidad Seca (g/cm ³)	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-01	1.799	12.75
C-02	1.810	14.00
C-03	1.822	13.50

Desarrollado por: El Investigador

La Tabla 38 muestra los resultados del ensayo de Proctor Modificado para las muestras del suelo en su estado natural.

Gráfico 5: Grafico del Proctor



Desarrollado por: El Investigador

El Gráfico 5 ilustra las curvas de compactación obtenidas del ensayo Proctor para los tres puntos de exploración, estableciendo la correlación entre el porcentaje de humedad y la densidad seca alcanzada.

Capacidad resistente como subrasante -CBR

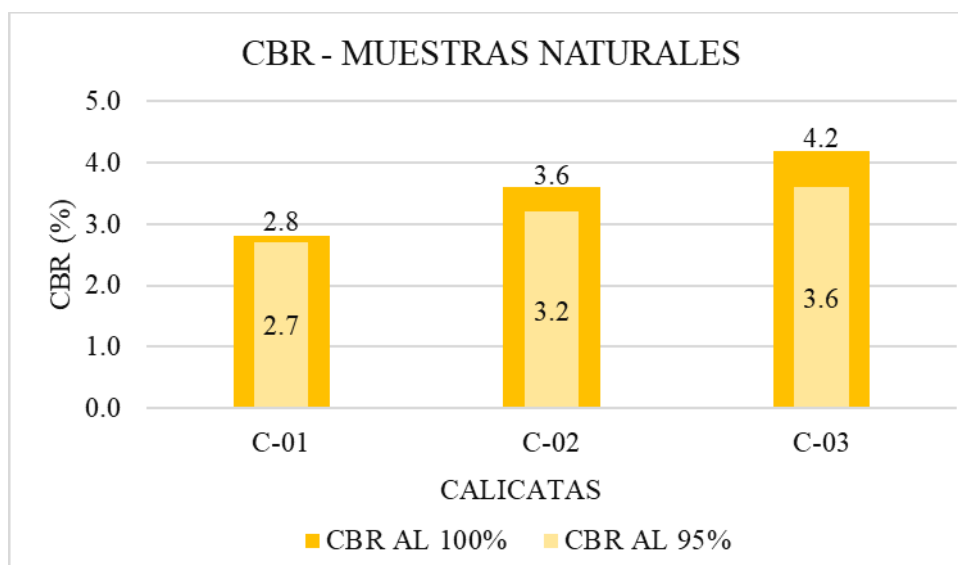
Tabla 39: CBR de las muestras naturales

CALICATA	CBR (%)	
	CBR 95%	CBR 100%
C-01	2.70	2.80
C-02	3.20	3.60
C-03	3.60	4.20

Desarrollado por: El Investigador

Como se verifica en la Tabla 39, los valores de CBR al 95% de las C-01, C-02 y C-03 son 2.70%, 3.20% y 3.60% respectivamente lo cual se podría concluir según los parámetros de el MTC que la subrasante es insuficiente.

Gráfico 6: CBR de muestras naturales



Desarrollado por: El Investigador

Determinación de las propiedades mecánicas aplicadas a las muestras experimentales con sus diferentes % de adición de Diatomita (5%,10%,15% y 20%).

Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad – Proctor

Los resultados del Proctor modificado para las muestras experimentales adicionando Diatomita en 5%,10%,15% y 20% se muestran en las sgtes tablas.

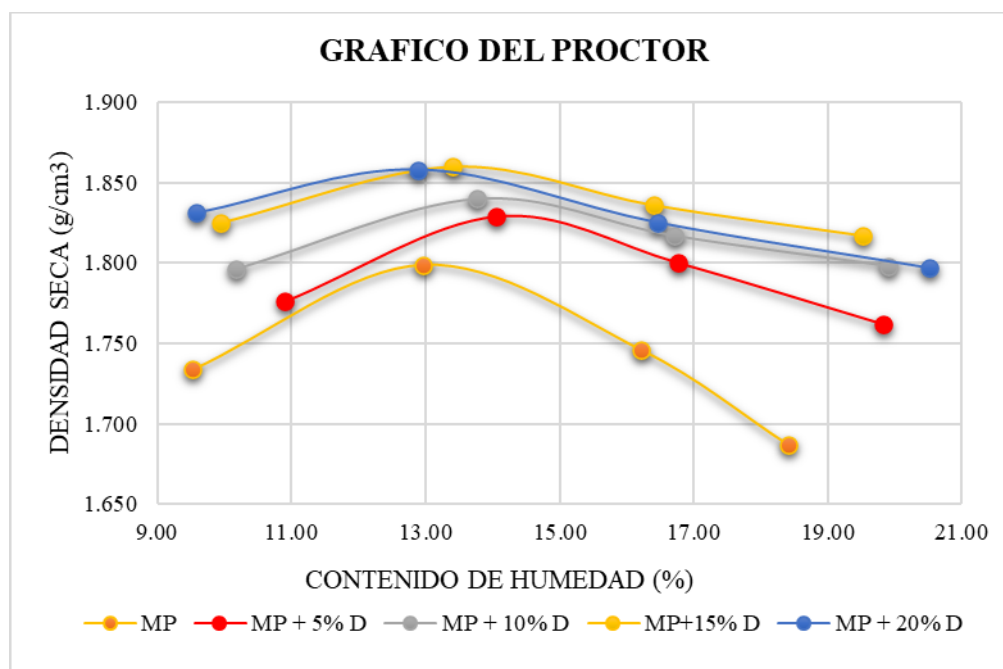
Tabla 40: Proctor modificado C-01 con adiciones de Diatomita

CALICATA	Muestra + % Adición de Diatomita	Maxima Densidad Seca (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
C-01	MP	1.799	12.75
	MP + 5% D	1.831	13.77
	MP + 10% D	1.842	13.40
	MP + 15% D	1.862	12.78
	MP + 20% D	2.132	15.70

Desarrollado por: El Investigador

En la C-01 se verifica que la MDS de la muestra natural es de 1.799 g/cm³ lo cual ira incrementándose al elevarse el porcentaje de Diatomita añadida llegando a un valor máximo de 2.132 g/cm³ para un 20% de adición; además el OCH para la muestra natural tiene un valor de 12.75% el cual ira disminuyendo, pero no de manera proporcional a la incorporación de diatomita.

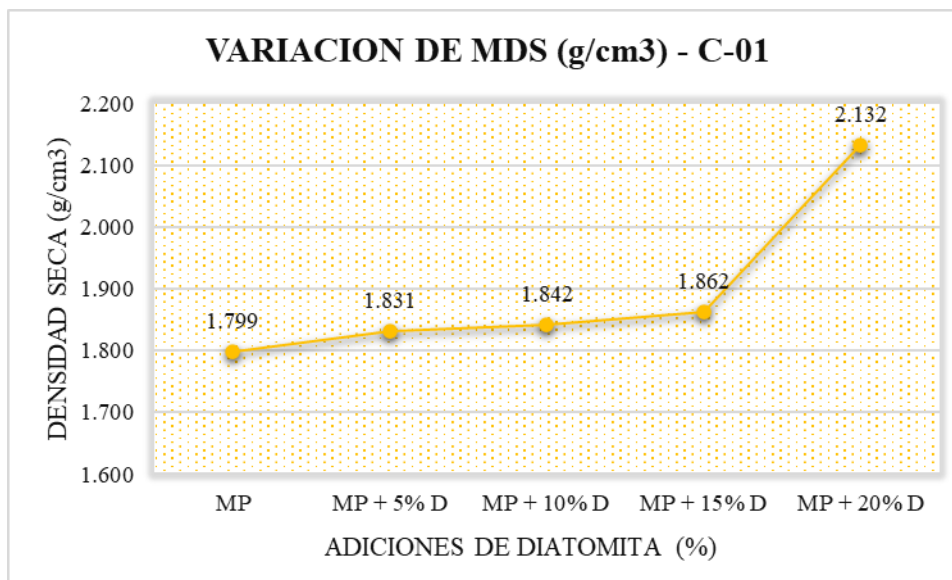
Gráfico 7: Gráfico del Proctor C-01 con adiciones de Diatomita



Desarrollado por: El Investigador

En el Gráfico 7 se puede observar el comportamiento de las curvas del Proctor de la C-01 con respecto a sus % de adición, relacionando el contenido de humedad con la densidad seca.

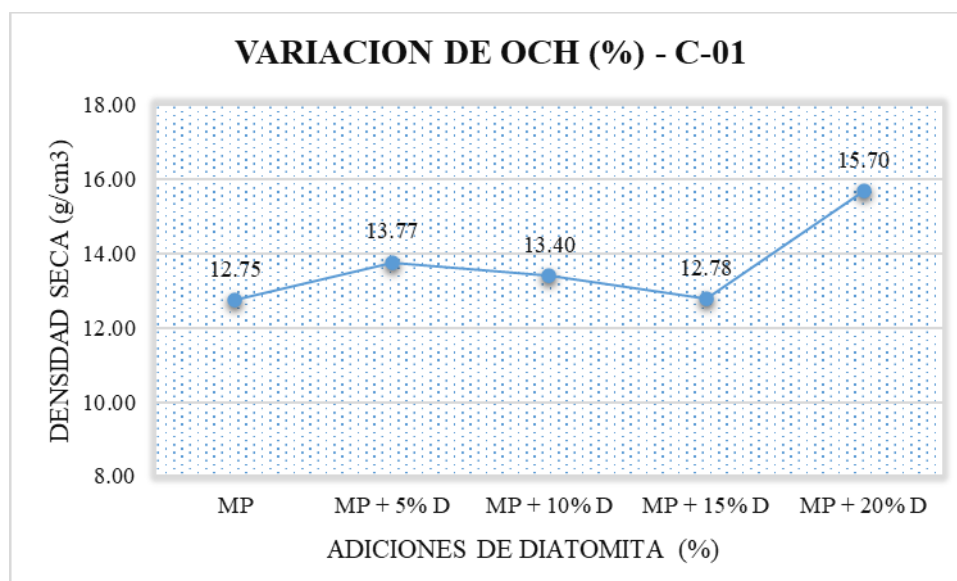
Gráfico 8: Variación de Máxima Densidad Seca - C-01



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 8 se puede observar el comportamiento ascendente que sufre la MDS con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente.

Gráfico 9: Variación del Optimo Contenido de Humedad - C-01



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 9, se puede observar el comportamiento ascendente que sufre la MDS con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente.

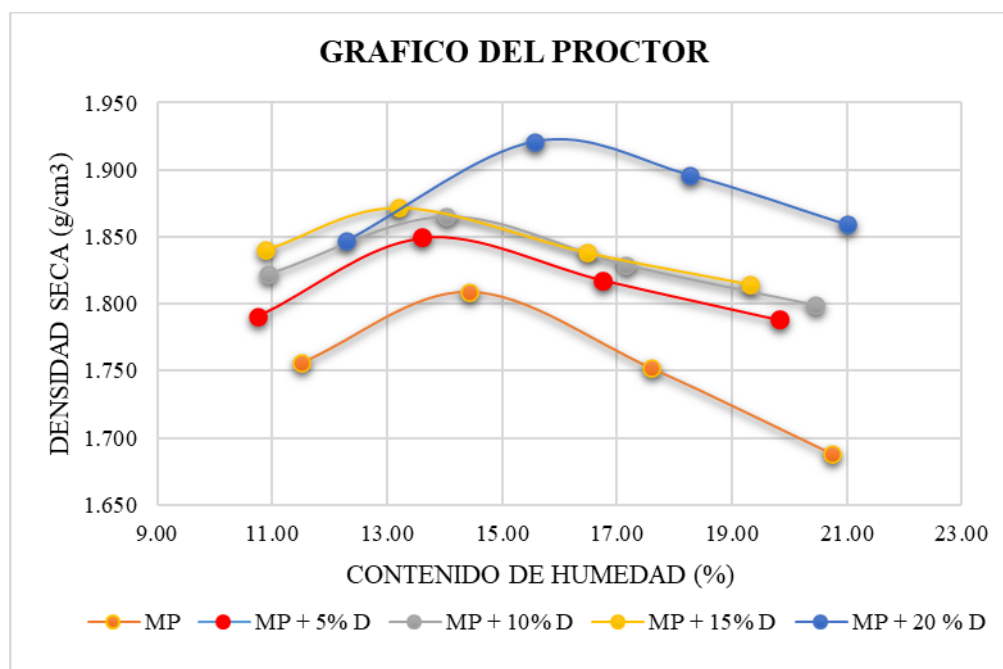
Tabla 41: Proctor modificado C-02 con adiciones de Diatomita

CALICATA	Muestra + % Adición de Diatomita	Maxima Densidad Seca (g/cm ³)	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-02	MP	1.810	14.00
	MP + 5% D	1.850	13.75
	MP + 10% D	1.865	13.60
	MP + 15% D	1.875	13.20
	MP + 20% D	1.923	15.70

Desarrollado por: El Investigador

En la tabla 41 con respecto a la C-02 se consigna que la MDS de la muestra natural es de 1.810 g/cm³ lo cual ira incrementándose según se eleva la cantidad de Diatomita agregada llegando a un valor máximo de 1.923 g/cm³ para un 20% de adición; además el OCH para la muestra natural tiene un valor de 14.00% el cual ira disminuyendo de manera proporcional a la incorporación de diatomita, no obstante, en la adición de 20% se incrementa a un valor de 15.70%.

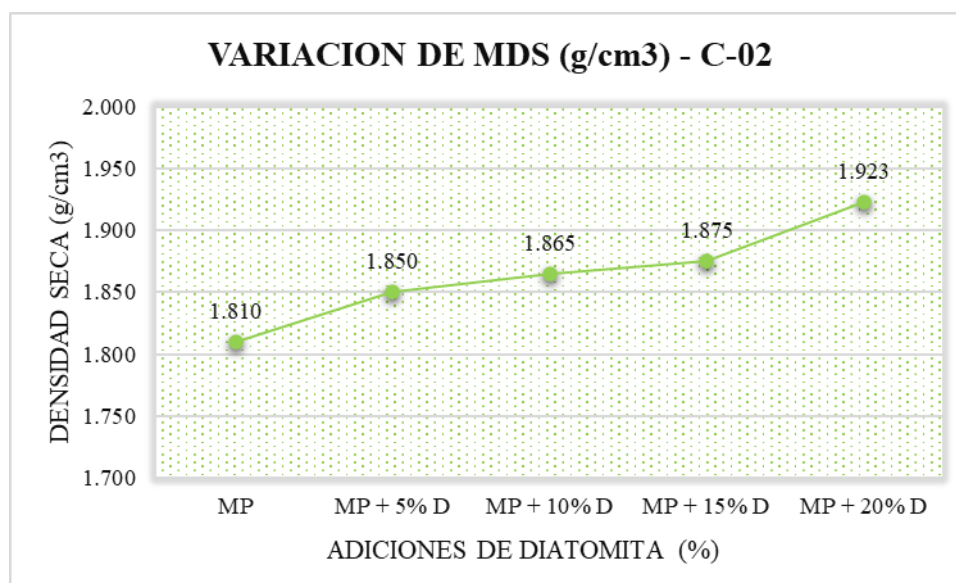
Gráfico 10: Gráfico del Proctor C-02 con adiciones de Diatomita



Desarrollado por: El Investigador

En el Grafico 9 se puede observar el comportamiento de las curvas del Proctor de la C-02 con respecto a sus % de adición, relacionando el contenido de humedad con la densidad seca.

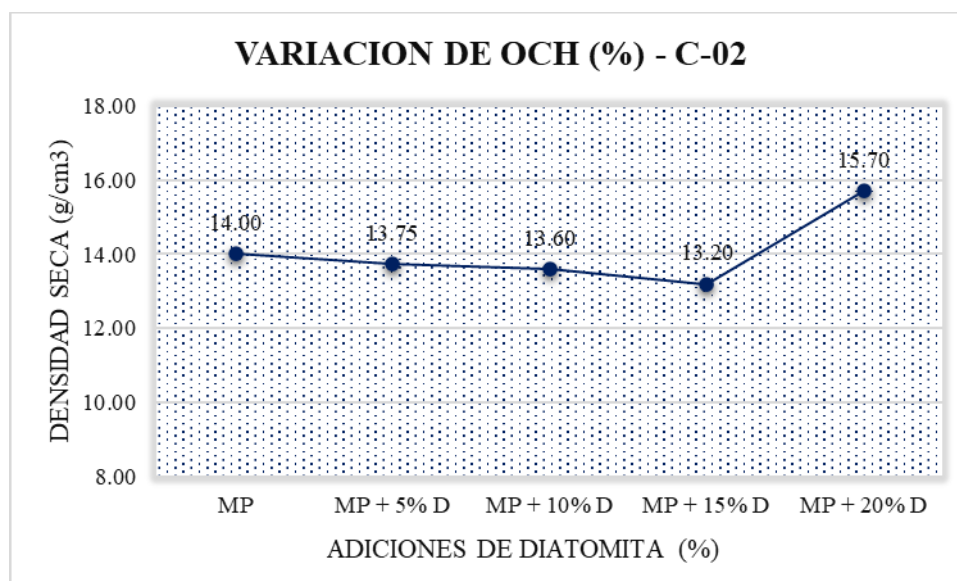
Gráfico 11: Variación de Máxima Densidad Seca - C-02



Desarrollado por: El Investigador

En el grafico 11 se puede observar el comportamiento ascendente que sufre la MDS con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente.

Gráfico 12: Variación del Optimo Contenido de Humedad - C-02



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 12 se puede observar el comportamiento descendente que sufre el OCH con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente, empero sufre un cambio ascendente para el 20% de adición.

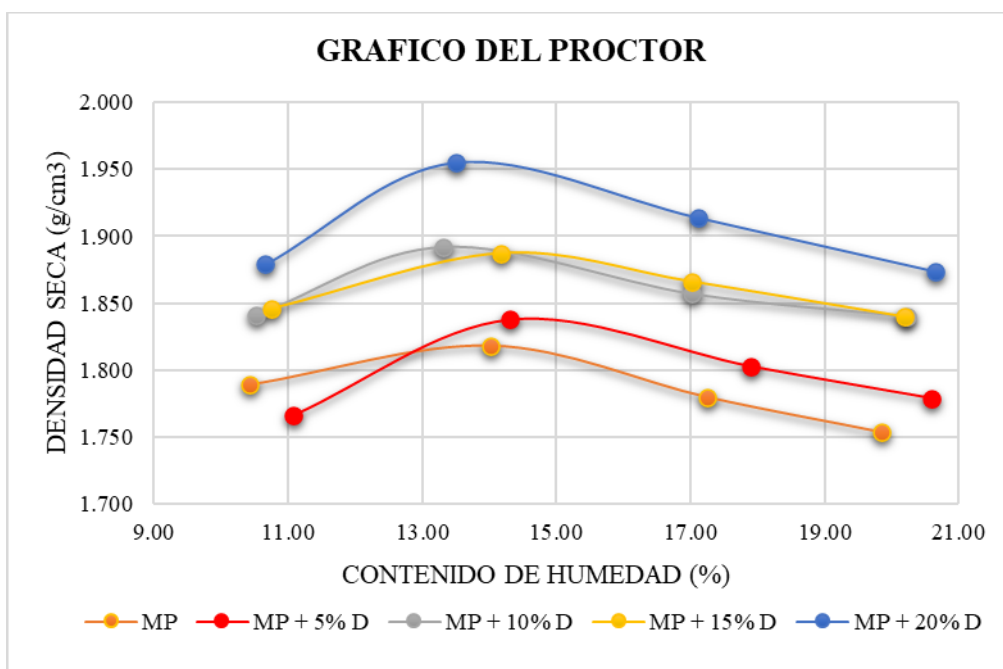
Tabla 42: Proctor modificado C-03 con adiciones de Diatomita

CALICATA	Muestra + % Adición de Diatomita	Maxima Densidad Seca (g/cm ³)	Optimo Contenido de Humedad (%)
C-03	MP	1.822	13.50
	MP + 5% D	1.840	14.35
	MP + 10% D	1.891	13.40
	MP + 15% D	1.891	13.93
	MP + 20% D	1.958	13.73

Desarrollado por: El Investigador

En la tabla 42 con respecto a la C-03 se consigna que la MDS de la muestra natural es de 1.822 g/cm³ lo cual ira incrementándose en función del aumento en la proporción de Diatomita llegando a un valor máximo de 1.958 g/cm³ para un 20% de adición; además el OCH para la muestra natural tiene un valor de 13.50% el cual aumenta para 5%, 15% y 20% de adición, no obstante, disminuirá para el 10% de incorporación de Diatomita con un valor de 13.40%.

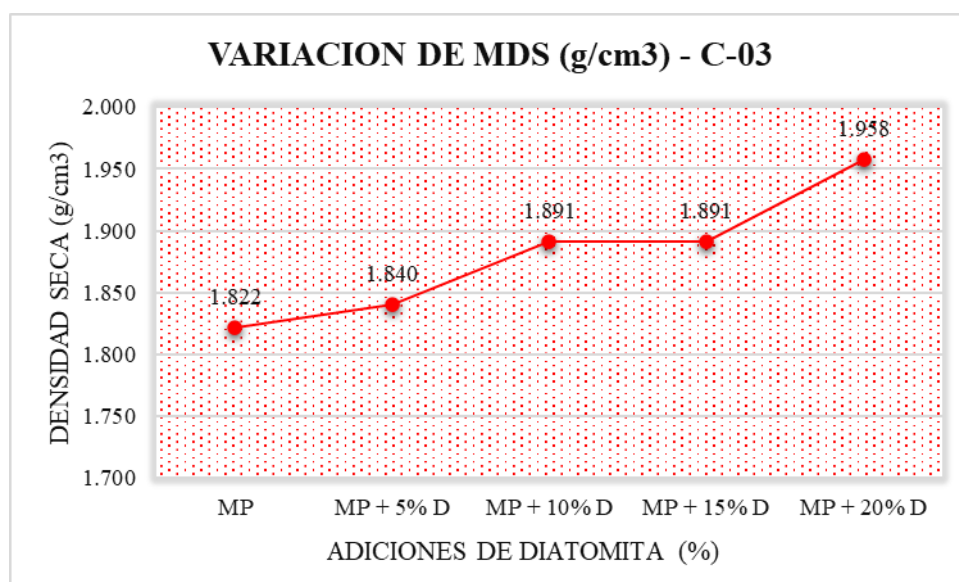
Gráfico 13: Gráfico del Proctor C-03 con adiciones de Diatomita



Desarrollado por: El Investigador

En el Gráfico 13 se puede observar el comportamiento de las curvas del Proctor de la C-03 con respecto a sus % de adición, relacionando el contenido de humedad con la densidad seca.

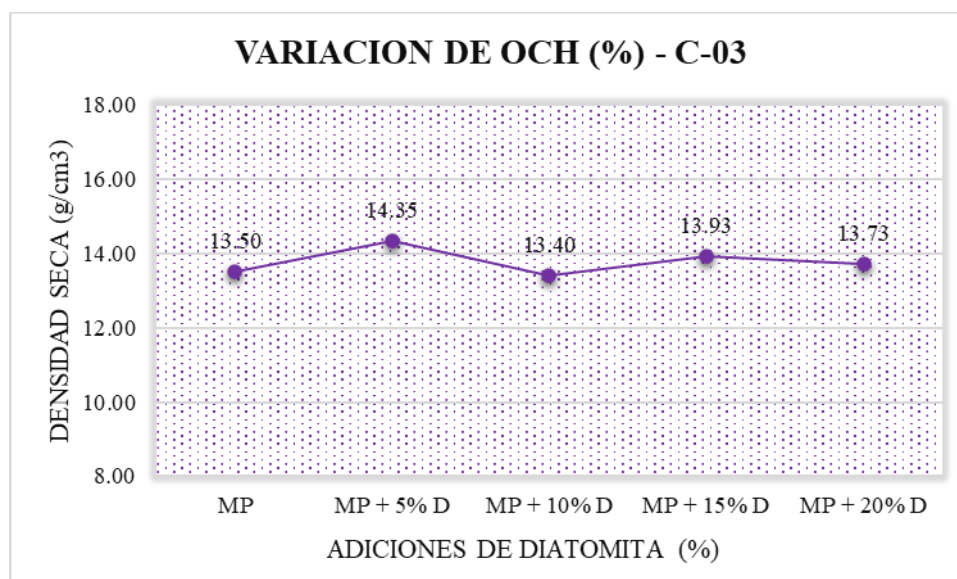
Gráfico 14: Variación de Máxima Densidad Seca - C-03



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 14 se puede observar el comportamiento ascendente que sufre la MDS con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente.

Gráfico 15: Variación del Optimo Contenido de Humedad - C-03



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 15 se puede observar el comportamiento asincrónico que sufre el OCH con respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente.

Capacidad resistente como subrasante - CBR de muestras experimentales

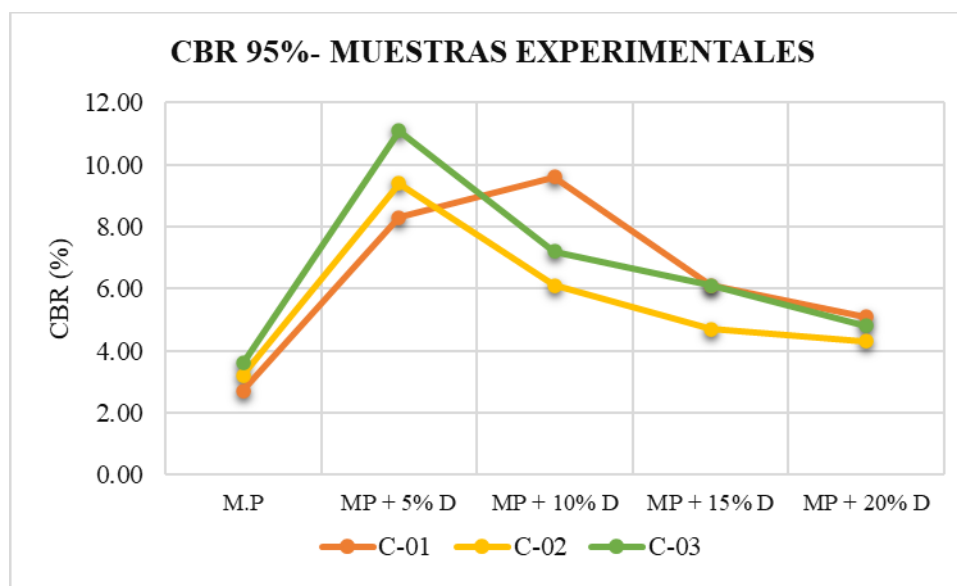
Tabla 43: CBR de muestras experimentales

CALICATA	CBR (%) al 95%				
	M.P	MP + 5% D	MP + 10% D	MP + 15% D	MP + 20% D
C-01	2.70	8.30	9.60	6.10	5.10
C-02	3.20	9.40	6.10	4.70	4.30
C-03	3.60	11.10	7.20	6.10	4.80

Desarrollado por: El Investigador

En la tabla 43 con respecto a la C-01 se observa que el CBR de la muestra natural es de 2.70% lo cual ira incrementándose en función del aumento en la proporción de Diatomita llegando a un valor máximo de 9.60% para un 10% de adición; para la C-02 el CBR de la muestra natural es de 3.20% y alcanza su máximo valor de 9.40% al incorporarse el 5% de Diatomita, asimismo sucede con la C-03 que en su estado natural tiene un valor de CBR del 3.60% y obtiene su máximo incremento al adicionarle el 5% del material con un valor de CBR del 11.10%.

Gráfico 16: CBR de las muestras experimentales



Desarrollado por: El Investigador

En el gráfico 16 se puede observar el comportamiento del CBR al 95% respecto a la incorporación de Diatomita en sus diferentes porcentajes según lo descrito anteriormente, además se puede verificar que todos los valores de adición estudiados incrementaron el valor del CBR, no obstante, el máximo valor se obtuvo con el 5% de adición y que a mayor contenido de diatomita el valor del CBR ira decreciendo.

Selección del % óptimo de adición de Diatomita

En base a la cuantificación de los cambios que se observaron, la diatomita influye en las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelo analizadas teniendo como valor óptimo la adición del 5% de Diatomita que además disminuye el IP de la muestra natural pues a menor valor la subrasante será más estable.

Determinación del hinchamiento (Ensayo de expansión libre)

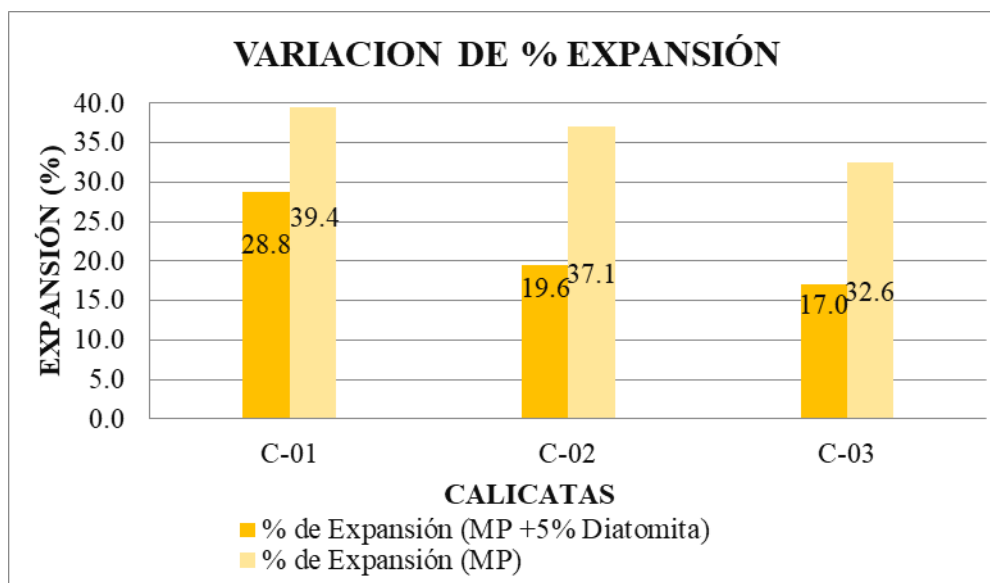
Tabla 44: % de Expansión de las muestras

CALICATA	% de Expansión (MP)	% de Expansión (MP +5% Diatomita)
C-01	39.405	28.76
C-02	37.103	19.56
C-03	32.556	17.02

Desarrollado por: El Investigador

En la tabla 44 se verifica los resultados obtenidos los cuales en su estado natural presentan un potencial de expansión muy alto según los parámetros de la E.050 (Suelos y Cimentaciones); bajo los efectos de la adición de Diatomita en un 5% se reduce significativamente los valores de expansión demostrando ser efectivo.

Gráfico 17: Variación del % de Expansión



Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 17 se confirma la efectividad del uso de Diatomita para reducir el comportamiento expansivo de las muestras.

Capacidad resistente en campo mediante ensayo DCP

Se realizó el ensayo en campo midiendo los valores tanto para el suelo natural como el suelo estabilizado con el 5% de diatomita los cuales sus resultados son los sgtes:

Tabla 45: Ensayo DCP en suelo natural- Penetrómetro de Cono Dinámico

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice DCP (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
2	2	22.2	100	100	50.0	3.65
5	3	55.6	200	100	33.3	5.75
9	4	100.0	300	100	25.0	7.94

Desarrollado por: El Investigador

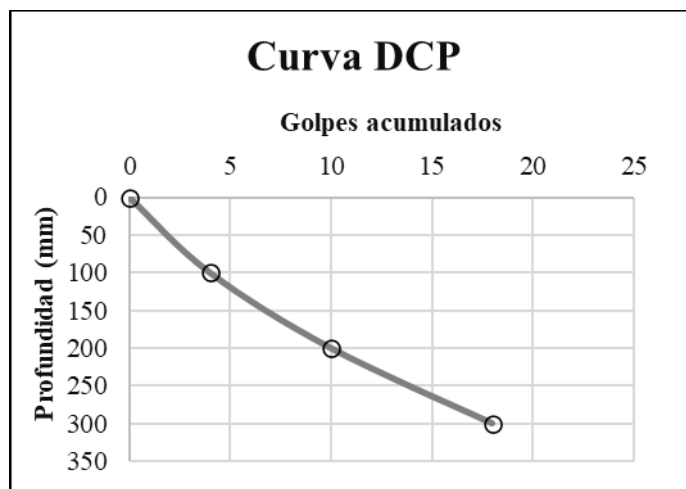
Tabla 46: Ensayo DCP en suelo estabilizado - Penetrómetro de Cono Dinámico

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice DCP (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
4	4	22.2	100	100	25.0	7.94
10	6	55.6	200	100	16.7	12.50
18	8	100.0	300	100	12.5	17.25

Desarrollado por: El Investigador

En las tablas 45 y 46, el valor correlacional del CBR obtenido mediante el índice DCP demuestra el incremento del suelo estabilizado a comparación del suelo en su estado natural.

Gráfico 18: Curva DCP suelo estabilizado

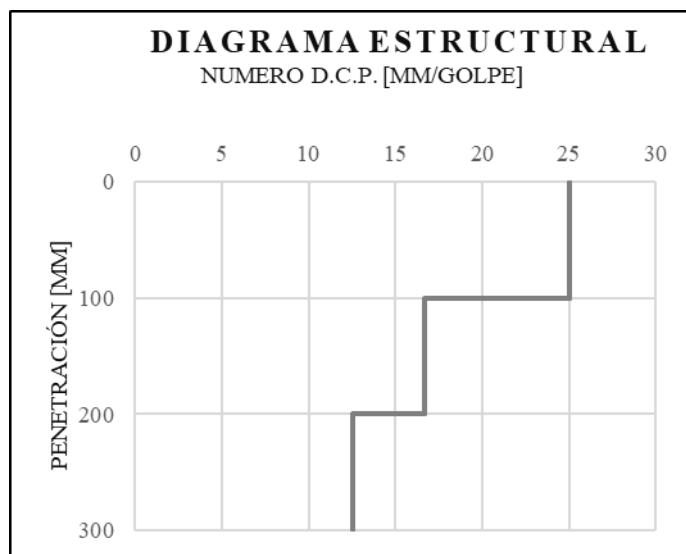


Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 18 se muestra la curva DCP obtenida por la penetración del equipo hasta los 300mm y el número de golpes que se realizaron para obtener dichas penetraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 19: Diagrama Estructural DCP del suelo estabilizado



Desarrollado por: El Investigador

En la gráfica 19 se observa el diagrama estructural que es la representación del índice DCP el cual está en función de la penetración, donde el índice DCP esta medido en mm/golpe.

Correlación DCP – CBR en laboratorio

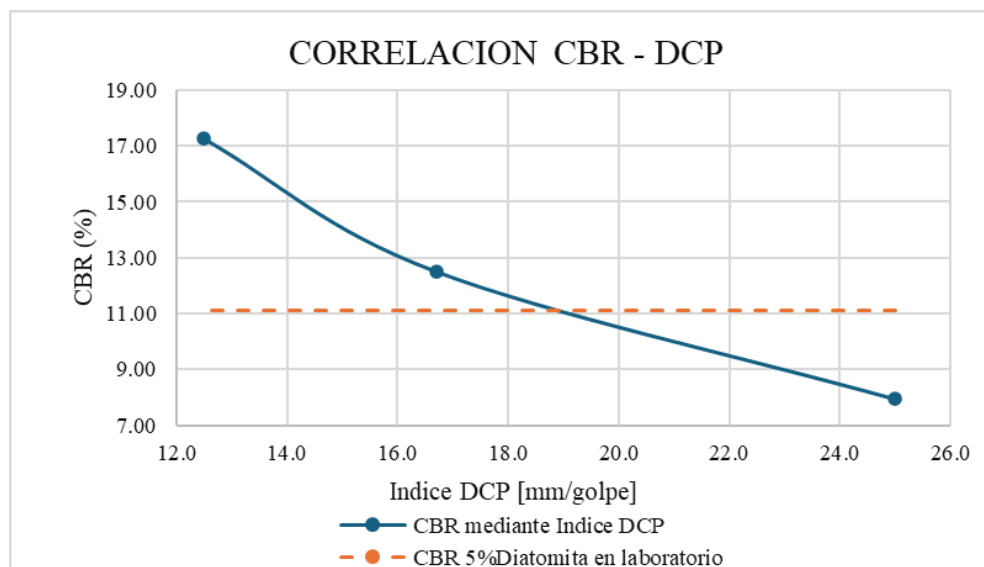
En relación con los resultados obtenidos se cuenta con un valor máximo de CBR de 11.10% con la óptima adición del 5% de Diatomita lo cual nos sirve como constante de verificación en cuanto a los resultados del DCP obtenidos en campo.

Tabla 47: Valores Obtenidos de CBR-DCP

MUESTRA	INDICE DCP (mm/golpe)	CBR (%) calculado mediante DCP	CBR 5% D (%) - Laboratorio
Suelo estabilizado con 5 % Diatomita	25.00	7.94	11.10
	16.70	12.50	
	12.50	17.25	

Desarrollado por: El Investigador

Gráfico 20: Correlación CBR-DCP



Desarrollado por: El Investigador

$$\text{Ecuación: } \text{CBR} = 292/(\text{DCP})^{1.12}$$

$$\text{Coeficiente } R^2 = 0.998$$

El análisis comparativo entre los valores del CBR y el índice de penetración (DN) evidencia una correlación lineal inversa, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.998$, indicando una robusta relación negativa entre ambas variables. Esta tendencia demuestra que los especímenes con menor índice de penetración presentan valores más elevados de CBR, puesto que un DN elevado indica una resistencia reducida a la penetración del suelo. Este comportamiento se confirma mediante la observación de un patrón de variación progresivo y consistente. En cuanto al valor del CBR obtenido en laboratorio con su porcentaje óptimo del 5% de Diatomita nos sirve como referencia para el control y la comprobación de los resultados.

Particularmente notable fue la precisión alcanzada en la estimación del CBR, donde las predicciones mediante las correlaciones establecidas mostraron concordancia significativa con los valores obtenidos en laboratorio.

Evaluación Económica

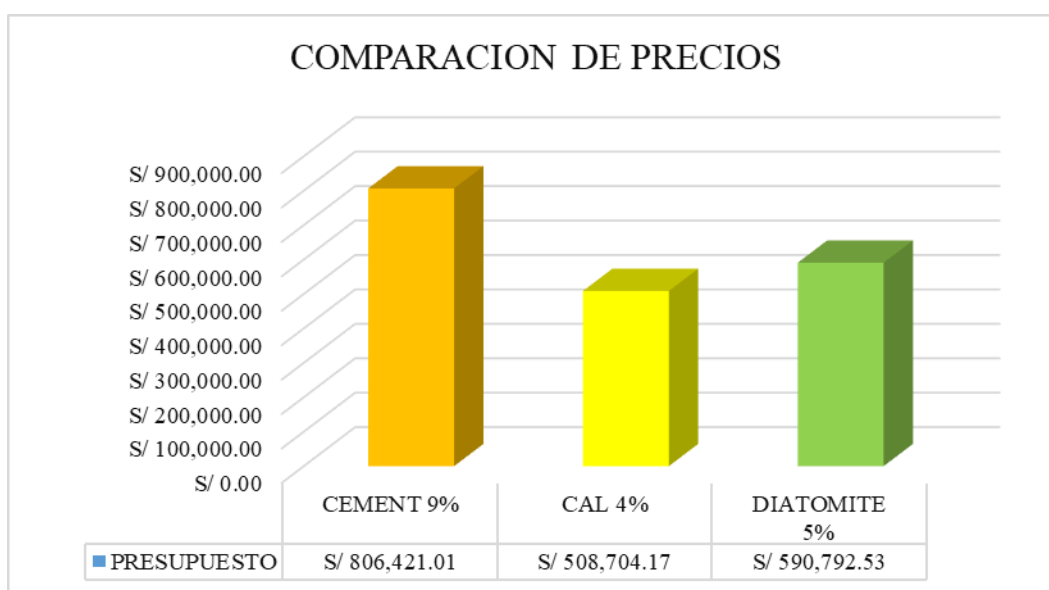
Tabla 48: Comparativa de presupuestos entre método tradicional y nuevo agente estabilizador

COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS PARA MEJORAR 1 KM DE SUBRASANTE ARCILLOSA $e=0.60m$

MATERIAL ESTABILIZANTE	TOTAL
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CEMENTO 9%	S/ 806,421.01
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON CAL 4%	S/ 508,704.17
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSA CON DIATOMITA 5%	S/ 590,792.53

Desarrollado por: El Investigador

Gráfico 21: Comparativa de precios



Desarrollado por: El Investigador

Técnicamente los 3 agentes estabilizadores mejoran las características de las subrasantes convirtiéndolo en un suelo apropiado para su uso, económicamente se verifica que el uso de diatomita como agente estabilizador frente a los agentes estabilizadores tradicionales es una alternativa económicamente viable siendo la opción intermedia pues resulta ser 36% más económica que el cemento y un 16% más costosa que la cal.

Validación de hipótesis

Hipótesis General:

H0: La aplicación de Diatomita no mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas.

H1: La aplicación de Diatomita mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas

Método: Análisis de Varianza (ANOVA)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 49: Anova para la varianza

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4	1523.456	380.864	15.247	0.000
Dentro grupos	10	234.567	23.457		
Total	14	1758.023			

Desarrollada por: El investigador

p-valor = 0.000 < 0.05

Conclusión: Se rechaza H0, la Diatomita mejora significativamente las propiedades.

Hipótesis Específica 1

H0: IP con Diatomita \geq IP inicial

H1: IP con Diatomita < IP inicial

Método: Prueba t de Student pareada

Tabla 50: t student para HE1

Calicata	IP inicial	IP con 5%D	Diferencia
C-01	28.2	19.97	8.23
C-02	19.39	17.06	2.33
C-03	23.64	17.69	5.95

Desarrollada por: El investigador

Media de diferencias = 5.50

Desviación estándar = 2.98

Error estándar = 1.72

t calculado = 3.20

t crítico ($\alpha=0.05$, $gl=2$) = 2.920

p-valor = 0.014 < 0.05

Conclusión: Se rechaza H0, la Diatomita reduce significativamente el IP.

Hipótesis Específica 2 (CBR):

H0: CBR con Diatomita \leq CBR inicial

H1: CBR con Diatomita $>$ CBR inicial

Método: Prueba t de Student pareada

Tabla 51: t student para HE2

Calicata	CBR inicial	CBR con 5%D	Diferencia
C-01	2.70	8.3	5.60
C-02	3.20	9.4	6.20
C-03	3.60	11.1	7.50

Desarrollada por: El investigador

Media de diferencias = 6.43

Desviación estándar = 1.01

Error estándar = 0.58

t calculado = 11.09 t crítico ($\alpha=0.05$, $gl=2$) = 2.920

p-valor = 0.003 $<$ 0.05

Conclusión: Se rechaza H0, la Diatomita incrementa significativamente el CBR.

DISCUSIÓN

El Objetivo General de la presente investigación es evaluar la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad, utilizando la adición de diatomita en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% en función del peso de suelo, es por ello que se tiene la siguiente discusión.

En cuanto a la composición química Apriyanti y Fahriani [26], mencionan en su investigación el uso de ceniza de bagazo debido a su alto contenido de sílice con el cual se convierte en una opción para estabilizar suelos, en cuanto a la Diatomita presenta en su composición química un 70.12% de sílice, tiene una estructura porosa que favorece a la estabilización y es un material puzolánico natural. Es por lo mencionado que se puede establecer que la aplicación de la Diatomita estabiliza el suelo, esto debido a que ambos productos presentan alto contenido de sílice en su composición,

Se obtuvo como resultados del contenido de humedad para las muestras naturales de la C-01, C-02 y C-03 los valores de 33.6%, 18.6% y 20.0% respectivamente. Además, los IP de las muestras fueron de 28.20, 19.39 y 23.64 respectivamente que, de acuerdo con el Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos se clasificarían como suelos de mediana y alta plasticidad lo que confirma la característica principal del tipo de suelos de la investigación.

Con relación a los índices de plasticidad de las muestras experimentales el mejor comportamiento y la reducción más efectiva se generó con la incorporación del 5% de Diatomita, esto demostrando la efectividad para reducir el IP hasta en un 29.2%, no obstante, su efectividad será variable según las características iniciales del suelo, además el comportamiento puede atribuirse al efecto puzolánico de la sílice presente en la diatomita lo cual genera una modificación en la estructura del suelo.

En el estudio desarrollado por Baldeon titulado "Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante", se evaluaron mezclas de suelo con arena de sílice en dosificaciones del 10, 20, 30, 40, 50 y 60% en relación con el peso del material base. Los resultados demostraron una relación inversamente proporcional entre el contenido de arena de sílice y el índice de plasticidad. Específicamente, con una incorporación del 50% de arena de sílice, se observó un incremento en la máxima densidad seca de 1.77 g/cm³ a 1.954 g/cm³, así como una mejora significativa en el CBR al 95%, elevándose de 2.80% a 15.5% [28]. En contraste, la presente investigación evidencia que la adición de solo 5% de Diatomita logra una reducción del índice de plasticidad hasta 17.12%, demostrando una mayor eficiencia con menores porcentajes de aditivo. En cuanto la MDS en la C-01 se incrementa el valor de 1.799 a 2.132 g/cm³ (↑ 18.5%) con 20% Diatomita, por lo que se concluye que la diatomita logra resultados similares con menor porcentaje (5-20%).

Durante el desarrollo de la investigación se obtuvieron resultados beneficiosos en las propiedades mecánicas de las muestras experimentales evaluadas mediante la adición de Diatomita en mínimas cantidades que varían entre 5 y 20%, que en comparación con otras investigaciones tales como López [30], que evaluó la mejora de la capacidad portante del suelo mediante la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes del 5%, 10% y 15%, determinando así que para la muestra natural el valor del CBR es de 3.96% y con un 15% de adición se obtiene un valor máximo de CBR de 10.5%, en comparación con la diatomita que para adiciones del 5%, 10%, 15% y 20% se logra un aumento teniendo así un valor máximo de CBR al 95% de 11.10% en la C-03 con la adición del 5%, que según lo establecido en el Manual de Carreteras del MTC Sección Suelos y Pavimentos se clasificaría como subrasante buena, mientras que para adiciones de 10% se obtuvo un valor máximo de CBR de 9.60% lo cual lo clasifica como una subrasante regular y para adiciones de 15 y 20% se obtuvo valores máximos de CBR de 6.10% y 5.10% lo que genera diferencias significativas con la investigación de López puesto que sigue mejorando con el 15% de adición y en la presente investigación decrece significativamente, es por ello que se determina que la Diatomita mejora la capacidad portante de los suelos de mediana y alta plasticidad con

menores valores debido a que a mayores % de adición los valores de CBR irán disminuyendo progresivamente.

Ninanya [29], en su investigación utiliza una diatomita lacustre en porcentajes de 3%,6%,9% y 12% para estabilización de suelos finos, en los cuales para su muestra natural el valor de CBR es de 5.32 % y para sus muestras experimentales el valor se incrementó en un 101.3% cuando la Diatomita fue del 12% llegando a un valor de CBR del 10.71%, además como recomendación se propuso investigar el uso de la Diatomita en suelos de alta plasticidad. Por consiguiente, en la presente investigación se tiene que los valores de CBR para las C-01, C-02 y C-03 en sus muestras naturales fueron de 2.70%, 3.20% y 3.60% respectivamente, que con una adición del 5% de Diatomita los valores de CBR para las C-01, C-02 y C-03 lograron incrementar su valor a 8.30%, 9.40% y 11.10% respectivamente, por lo que de acuerdo con la investigación y en comparación con lo realizado por Ninanya se puede constatar que la Diatomita incrementa la capacidad de soporte de suelos de mediana y alta plasticidad.

Por otro lado, Radwan y et [27] mediante su investigación indican que el costo económico del uso de cemento como agente estabilizador en suelos y su impacto ambiental conllevan a la búsqueda de nuevos agentes estabilizadores que brinden resultados similares, por el cuál la Diatomita surge como una solución a dicho problema pues mediante un análisis económico se verifica la mejoría de los costos operativos para la mejora de estos suelos que no cuentan con las características necesarias para su uso, además que es un recurso natural abundante en Perú que reduce costos de transporte y que cuenta con un proceso de extracción menos invasivo para el medio ambiente.

En relación con el objetivo planteado de evaluar la capacidad resistente en campo mediante el ensayo DCP, Borja [32] en su investigación presenta evaluación en suelos granulares naturales donde el índice DCP varía entre 8-22 mm/golpe con valores de CBR entre 15 y 30%, además se tiene un $R^2 = 0.96$ lo cual indica una muy buena correlación en un nivel alto de confiabilidad. En cuanto a la presente investigación se evaluó en suelos estabilizados con diatomita en un 5% generando un comportamiento modificado, obteniéndose así el índice DCP de entre 12.5 - 25.0 mm/golpe con valores de CBR entre 7.94 y 17.25% a comparación del CBR obtenido en laboratorio con un valor máximo de 11.10% lo que indica que si hubo un aumento progresivo de la capacidad de soporte lo que valida nuestra hipótesis, además se obtuvo un valor $R^2 = 0.998$ lo cual indica que una confiabilidad estadística de los resultados. En conclusión, ambas correlaciones son válidas, pero son utilizadas en diferentes ámbitos.

Conclusiones

RESPECTO A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA DIATOMITA:

- La diatomita, al ser un material rico en sílice (SiO_2) con un valor de 70.12%, lo cual demostró efectividad como agente estabilizante en suelos de mediana y alta plasticidad, sus propiedades puzolánicas contribuyen a las reacciones químicas que mejoran las características del suelo y la naturaleza inorgánica del material garantiza su estabilidad y durabilidad en el tiempo.

RESPECTO A LA HUMEDAD Y GRANULOMETRÍA DE LA DIATOMITA:

- La diatomita, por su estructura porosa, influye en el contenido óptimo de humedad del suelo estabilizado, se observó un incremento del contenido óptimo de humedad en las C-01: de 12.75% a 15.70%, C-02: de 14.00% a 15.70%, C-03: de 13.50% a 13.73%.

RESPECTO A LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO NATURAL:

- Los suelos estudiados presentaron índices de Plasticidad elevados (IP entre 19.39% y 28.20%) y CBR bajos (entre 2.70% y 3.60%) con Máxima Densidad Seca inicial entre 1.799 y 1.822 g/cm^3 . Se clasificaron como suelos de mediana y alta plasticidad con baja capacidad portante.

RESPECTO A LA INFLUENCIA DE LA DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES:

- En el Índice de Plasticidad con 5% de Diatomita se genera una mayor efectividad en reducción del IP con valores en la C-01: Reducción de 28.20% a 19.97%, C-02: Reducción de 19.39% a 17.06% y C-03: Reducción de 23.64% a 17.69%.
- En la Máxima Densidad Seca se verifica que hay un incremento progresivo con mayor porcentaje de Diatomita con mejores resultados con 20% de Diatomita en el cual se incrementó la MDS de las C-01, C-02 y C-03 hasta valores de 2.132 g/cm^3 , 1.923 g/cm^3 y 1.958 g/cm^3 respectivamente.
- En el CBR la incorporación del 5% de Diatomita será el porcentaje óptimo pues según las pruebas la C-01 incremento de 2.70% a 8.30%, la C-02 incremento de 3.20% a 9.40% y la C-03 incremento de 3.60% a 11.10%.

RESPECTO A LA CAPACIDAD RESISTENTE EN CAMPO (DCP):

- El ensayo DCP mostró una correlación satisfactoria ($R^2 = 0.998$), los valores de CBR derivados del DCP (7.94% - 17.25%) son consistentes con los resultados de laboratorio, dado que la ecuación de correlación $\text{CBR} = 292/(\text{DCP})^{1.12}$ permite una estimación confiable en campo.

Recomendaciones

- Se sugiere ampliar la evaluación de la Diatomita en adiciones que varíen entre 2 a 4%, además de evaluar su aplicación en suelos con bajo índice de plasticidad, puesto esto permitirá tener un mayor registro de su aplicabilidad en diferentes tipos de suelos.
- Es recomendable ampliar el estudio de este nuevo agente estabilizador en el tratamiento de bases o subbases de pavimentos que no cumplan con las especificaciones para la construcción de sistemas viales.
- Tener en cuenta que, al aumentar la dosificación de adición de Diatomita, se puede presentar una disminución en las propiedades de CBR y MDS, lo cual puede influenciar negativamente la capacidad portante del suelo.
- Se recomienda una ampliación del estudio mediante ensayos de resistencia tales como corte directo y prueba triaxial.

Referencias

- [1] World Bank Group, «Global Road Construction Report 2023: Challenges and Opportunities in Developing Nations,» Washington, DC, 2023.
- [2] I. R. Federation, «Global Road Statistics 2023,» Geneva, Switzerland, 2023.
- [3] World Road Association (PIARC), «State of the Practice in Soil Stabilization Techniques,» PIARC Technical Committee D.4, Paris, 2023.
- [4] T. R. Board, «Sustainable Materials in Road Construction,» TRB National Academies, Washington, DC, 2023.
- [5] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Anuario Estadístico 2023,» Lima, 2023.
- [6] Provías Nacional, «Diagnóstico de la Red Vial Nacional 2023,» Informe Técnico, Lima, Perú, 2023.
- [7] INGEMMET, «Estudio Geotécnico del Territorio Peruano 2023,» Boletín Serie C: Geodinámica, Lima, Perú, 2023.
- [8] Pavel Corilloclla, «PERU DEBATE 2021 "PROPUESTA HACIA UN MEJOR GOBIERNO",» Ciencia, tecnología e innovación, 2021.
- [9] Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, «El fenómeno EL NIÑO en el Perú,» Lima, 2014.
- [10] P. y. R. d. R. d. D. Centro Nacional de Estimación, «ESCENARIOS DE RIESGO POR SUPERÁVIT DE LLUVIAS PARA MARZO – MAYO 2023,» 2023.
- [11] G. R. d. Lambayeque, «Plan Vial Departamental Participativo,» Chiclayo, Perú, 2019.
- [12] Instituto de la Construcción y Gerencia, «Impacto del Fenómeno El Niño 2017 en la Infraestructura Vial de Lambayeque,» *Rev. Construcción e Industria*, 2018.
- [13] Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Lambayeque, «Memoria Anual 2022: Inversión en Infraestructura Vial,» Chiclayo, Perú, 2022.
- [14] Gobierno Regional de Lambayeque, «Diagnóstico de la Infraestructura Vial Regional 2023,» Gerencia Regional de Infraestructura, Chiclayo, 2023.
- [15] Ministerio De Transportes y comunicaciones , «Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Seccion Suelos y Pavimentos,» Lima, 2014.
- [16] ennomotive, «<https://www.ennomotive.com/es/>,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/47h11dH>. [Último acceso: 07 noviembre 2023].

- [17] GRUPO CIVILIZATE - PUCP, «Emisiones de carbono por parte de la industria del cemento vs. cemento verde,» *CIVILIZATE*, n° 8, pp. 12-13, 2016.
- [18] S. P. Peralta Tingal, «ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR,» Lima, 2023.
- [19] F. Cristobal Gavancho y M. Quinte Baltazar, «Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín 2021,» Huancayo, 2022.
- [20] DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO MINERO - SECRETARÍA DE MINERÍA , «Perfil De Mercado De La Diatomita,» Mexico, 2017.
- [21] Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, «Diatomitas En El Perú Características Y Aplicaciones,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3FP67Bu>. [Último acceso: 06 noviembre 2023].
- [22] J. Ruiz Torres, J. de Oliveira y Y. Huaypar Vásquez, «CARACTERIZACIÓN DE DIATOMITAS EN DEPÓSITO MARINO EN EL NORTE DEL PERÚ,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3u5SLOU>. [Último acceso: 06 Noviembre 2023].
- [23] ComexPerú, «RADIOGRAFÍA DEL GASTO PÚBLICO EN MANTENIMIENTO,» 31 enero 2020.
- [24] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, «ATSDR,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3MwIrFX>. [Último acceso: 07 noviembre 2023].
- [25] Redacción RPP, «Contraloría verifica mal estado de las pistas de José Leonardo Ortiz,» *RPP*, 10 julio 2017.
- [26] M. Carlina, Y Apriyanti y F. Fahriani, «The Effect of Addition of Bagasse Ash and Eggshell Powder on,» *IOP Conference Series.Earth and Environmental Science*, vol. 926, n° 1, 2021.
- [27] Mohammed K. H. Radwan, Foo Wei Lee, Yoke Bee Woon, Ming Kun Yew, Kim Hung Mo y Soon Han Wai, «A Study of the Strength Performance of Peat Soil: A Modified,» *Polymers*, vol. 13, n° 4059, 2021.
- [28] I. P. BALDEON SAUÑE, «ANÁLISIS DEL USO DE LA ARENA DE SÍLICE,» HUANCAYO, 2019.
- [29] Ninanya Sánchez, Yoselin, «Efectos de la Diatomita en la Estabilización de Suelos Finos para Subrasante,» Huancayo, 2021.
- [30] López Barbarán, Junior, «Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara

de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín,» Lima, 2021.

- [31] Wuelmer Antenor Mory Espinoza, «Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas,» Piura, 2020.
- [32] Borja Ortiz, Carlos Alberto, «CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO, 2021.
- [33] Alfonso Montejo Fonseca , Ingeniería de pavimentos, Bogotá: Agora Editores, 2002.
- [34] Mario Becerra Salas, Tópicos de Pavimentos de Concreto, Lima, 2012.
- [35] Luis Bañón Blázquez y José Beviá García, Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000.
- [36] BRAJA M. DAS, FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, Mexico: Cengage Learning , 2013.
- [37] Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Mecánica de suelos, Mexico: Limusa, 2005.
- [38] NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, 2018.
- [39] ASTM, «Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos,» 2018.

Anexos

Anexo1. Panel Fotográfico



Recolección de muestras de suelo para posteriormente ser llevados al laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



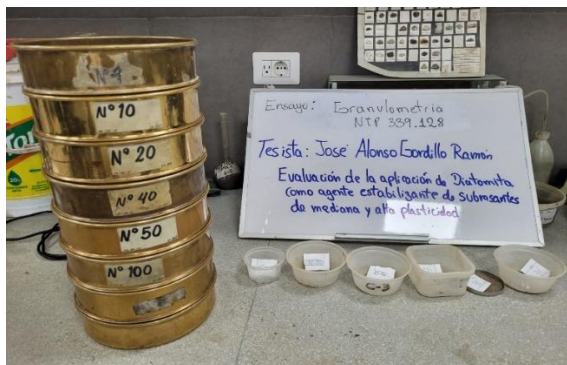
Peso de la muestra de la C-01 para determinar el contenido de humedad



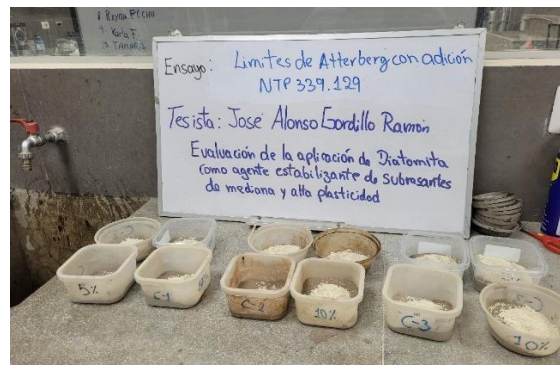
Peso de la muestra de la C-02 para determinar el contenido de humedad



Peso de la muestra de la C-03 para determinar el contenido de humedad



Serie de mallas utilizadas en la caracterización granulométrica del material



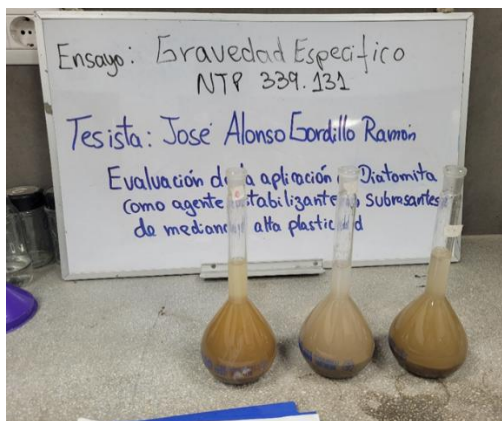
Especímenes extraídos de las tres excavaciones con sus correspondientes porcentajes de aditivo para la determinación de los límites de consistencia



Preparación de las muestras con adición que serán empleadas en los ensayos de límite líquido y límite plástico



Especímenes correspondientes a límite líquido y límite plástico que serán llevados al horno para su posterior secado



Fiolas utilizadas en el ensayo de Gravedad Especifico en las 3 calicatas



Proceso de mezclado uniforme entre el material y la humedad establecida para ejecutar la prueba de Proctor Modificado



Pesado de moldes a utilizar en el ensayo de CBR



Especímenes preparados para su inmersión durante un período de 96 a 120 horas



Proceso de penetración de las muestras



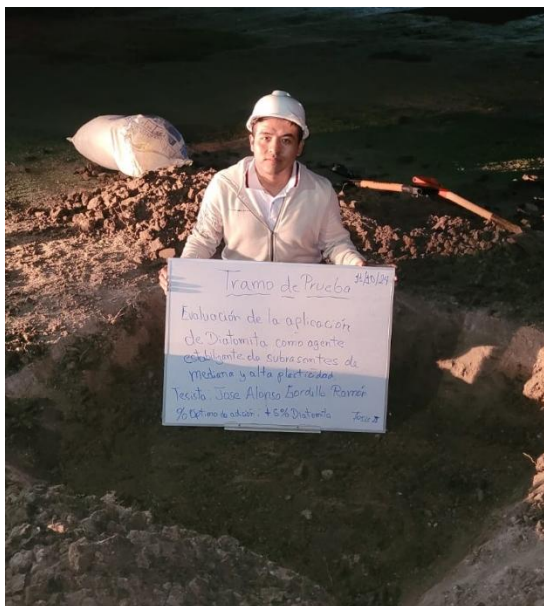
Proceso de mezclado uniforme entre el material y la humedad establecida para ejecutar la prueba de Proctor Modificado



Pesado de moldes después del proceso de compactación y enrasado.



Ejecución de la prueba de penetración como procedimiento final para cuantificar el valor CBR del material



Realización de tramo de prueba de 2x2 m para posterior prueba DCP



Evaluación DCP para su posterior correlación

Anexo 2. Precios de Materiales (Cotizaciones)

Cal de obra en bolsa 20 kilos Hades

HADES | SKU: 16863 Compartir

Despacho desde 24 hrs

Precio lista **S/ 18.90**

Calcula tus cuotas con Tarjeta oh!

- 1 +

Agregar

Métodos de entrega

Despacho programado

Desde el 1 de abril a partir de S/15

Despacho express

No disponible

Retiro en tienda y otros puntos

No disponible

Inicio / CONSTRUCCIÓN / Cementos y Marmolinas / **CEMENTO SOL PORTLAND TIPO I 42.5KG**

CEMENTO SOL PORTLAND TIPO I 42.5KG

~~S/33.00~~ **S/32.80**

Cemento Pórtland tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso. El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado. Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete. Excelente desarrollo en resistencias a la compresión. Buena trabajabilidad.

- 1 + **AÑADIR AL CARRITO**

CONSULTAR POR WHATSAPP

Categorías: Cementos y Marmolinas, CONSTRUCCIÓN

Share: [f](#) [m](#) [t](#)

NEGOCIOS Y SERVICIOS GENERALES MAJA E.I.R.L.

VENTA DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, ARTICULOS PARA LA PESCA Y FERRERERIA EN GENERAL

CALETA PUERTO RICO - BAYOVAR

NOTA DE PEDIDO

Nº 007602

DIA	MES	AÑO		
03	12	2024		
Señor (es):			ALonso CORDILLO	
Dirección:				
CANT.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE		
2	bolsas de DIATORITA (20kg)	80.00		
TOTAL S/			80.00	

Gracias por su preferencia

Anexo 3. Resultados de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 014-2024-II

FECHA: 29 de Noviembre 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: José Alonso Gordillo Ramón

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico de los suelos.
- Límites de Atterberg.
- Peso Volumétrico.
- Proctor Modificado.
- Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)
- Gravedad Específica.
- Expansión Libre
- Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
 REFERENCIA : NTP 339.127:1998 / MTC E-108/ ASTM D 2216

		Diatomita
1. Peso de la tara	g.	134.37
2. Peso de la tara + suelo húmedo	g.	434.4
3. Peso de la tara + suelo seco	g.	384.6
4. Contenido de humedad	%	19.90

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.






 USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

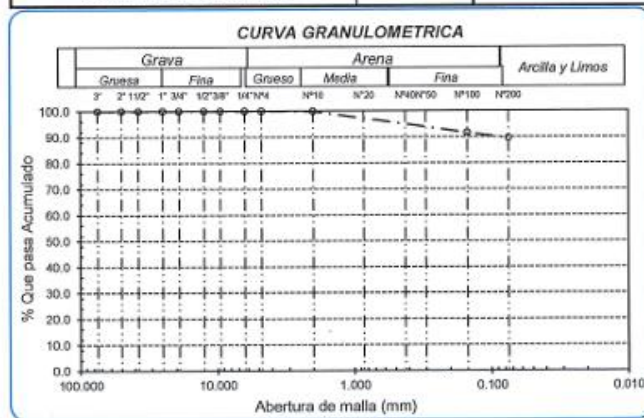
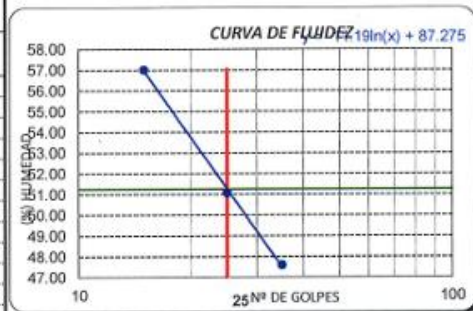
Calicata: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.05m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa
3"	75,000	0.0	100.0
2"	50,000	0.0	100.0
1 1/2"	37,500	0.0	100.0
1"	25,000	0.0	100.0
3/4"	19,000	0.0	100.0
1/2"	12,500	0.0	100.0
3/8"	9,500	0.0	100.0
1/4"	6,300	0.0	100.0
Nº 4	4,750	0.0	100.0
Nº 10	2,000	0.1	99.9
Nº 20	0,850	0.5	99.5
Nº 50	0,300	3.6	96.4
Nº 100	0,150	8.4	91.6
Nº 200	0,075	10.5	89.5

Distribución granulométrico		
% Grava	G.G. %	0.0
	G. F %	0.0
% Arena	A.G %	0.1
	A.M %	1.9
	A.F %	8.5
% Arcilla y Limo		89.5
Total		100.0

Contenido de Humedad	
	33.6

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	51.25 (%)
Límite Plástico (LP)	23.05 (%)
Índice Plástico (IP)	28.20 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CH
Descripción del suelo	Arcilla de alta plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (17)
Descripción	MALO



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

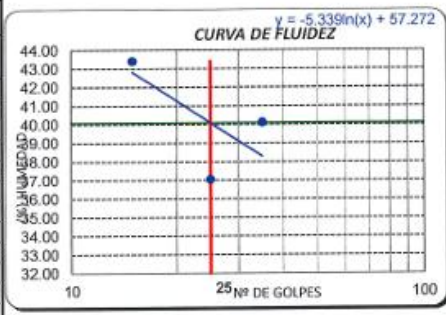
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-02 Muestra: M-1 Profundidad: 0.05m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	3.6	96.4
N° 10	2.000	4.0	96.0
N° 20	0.850	4.8	95.2
N° 50	0.300	7.4	92.6
N° 100	0.150	12.7	87.3
N° 200	0.075	18.8	81.2

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	G.F %	
	0.0	3.6	3.6
	0.4		
% Arena	2.2		
	12.6		15.2
% Arcilla y Limo	81.2		81.2
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	40.09 (%)
Límite Plástico (LP)	20.69 (%)
Índice Plástico (IP)	19.39 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-6 (12)
Descripción	
MALO	



Henry
 Ciudadnebra
 Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAI



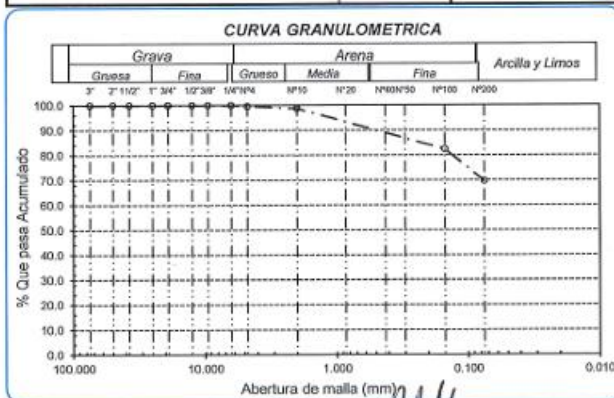
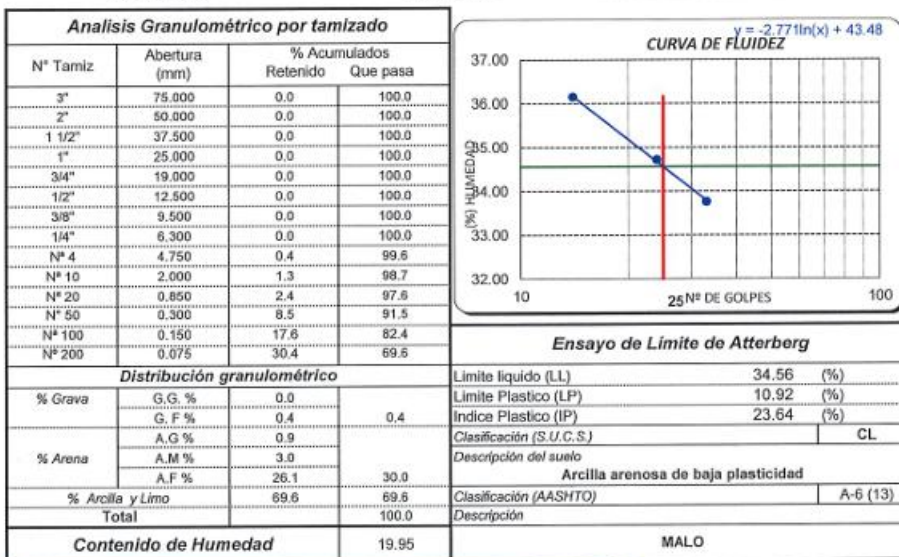
Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-03

Muestra: M-1

Profundidad: 0.05m. - 1.50m.



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

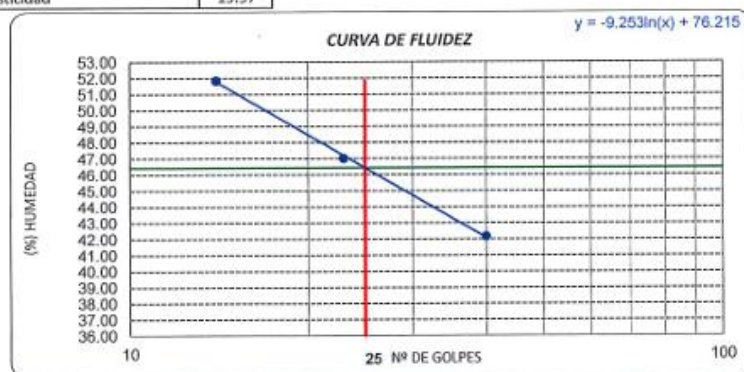
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-01+5% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	T4	T6	L8	L2		
N° de tarro						
N° de golpes	40	23	14			
Tarro + suelo húmedo	24.14	18.24	24.48	11.85		
Tarro + suelo seco	21.77	14.15	18.58	10.9		
Agua	2.37	4.09	5.9	0.95		
Peso del tarro	16.15	5.45	7.2	7.31		
Peso del suelo seco	5.62	8.7	11.38	3.59		
Porcentaje de humedad	42.17	47.01	51.85	26.46		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	46.43
Límite Plástico	26.46
Índice de Plasticidad	19.97



Observaciones:

Handwritten signature
 Henry
 Wadeneiza
 Oblitas
 Ing. Laboratorio
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

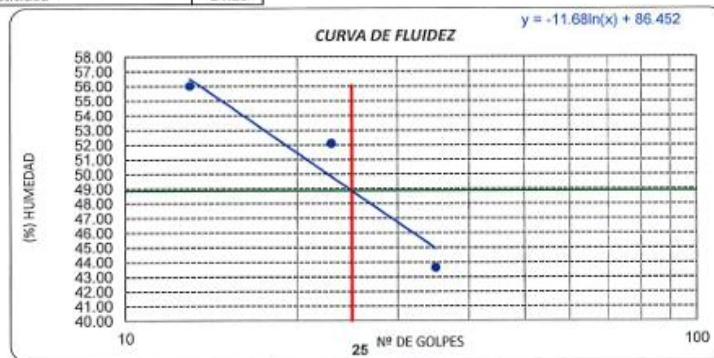
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-01+10% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	L-10	L-4	L-5			
Nº de tarro				20		
Nº de golpes	35	23	13			
Tarro + suelo húmedo	30.4	21.27	25.7	11.88		
Tarro + suelo seco	23.4	16.57	19.1	10.98		
Agua	7	4.7	6.6	0.9		
Peso del tarro	7.36	7.55	7.32	7.32		
Peso del suelo seco	16.04	9.02	11.78	3.66		
Porcentaje de humedad	43.64	52.11	56.03	24.59		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	48.87
Límite Plástico	24.59
Índice de Plasticidad	24.28



Observaciones:

[Handwritten Signature]
 Henry Riquadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

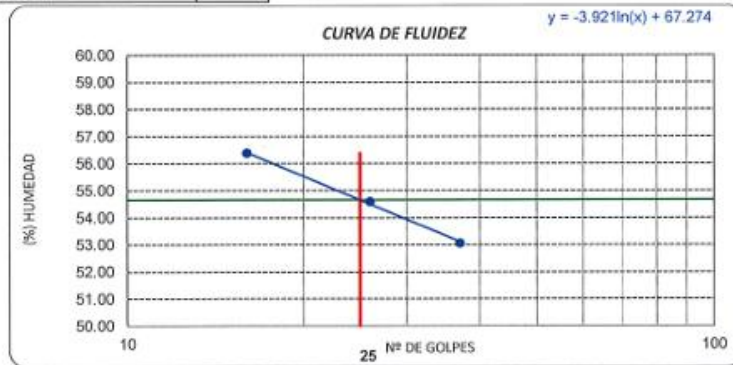
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-01+15% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	C-4	15	L-8	C-10	
N° de tarro	C-4	15	L-8	C-10	
N° de golpes	37	26	16		
Tarro + suelo húmedo	20.59	23.5	28.4	12.3	
Tarro + suelo seco	15.91	17.8	20.76	11.15	
Agua	4.68	5.7	7.64	1.15	
Peso del tarro	7.09	7.36	7.21	7.30	
Peso del suelo seco	8.82	10.44	13.55	3.85	
Porcentaje de humedad	53.06	54.60	56.38	29.87	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	54.65
Límite Plástico	29.87
Índice de Plasticidad	24.78



Observaciones:

[Handwritten signature]
 Henry Rivera Méndez
 Orlán
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

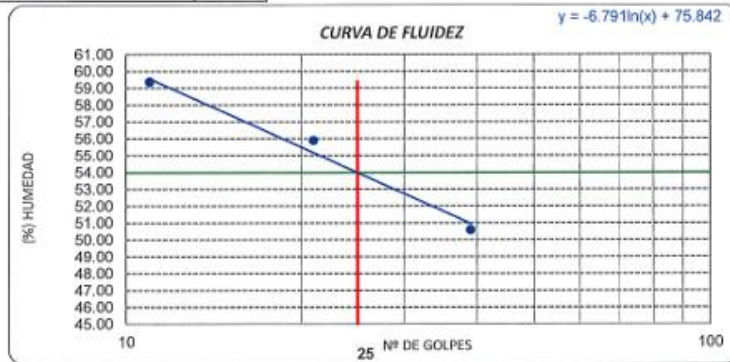
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-01+20% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	M-1	L-2	C-1	T-1	
N° de tarro					
N° de golpes	39	21	11		
Tarro + suelo húmedo	22.54	22.77	19.6	10.76	
Tarro + suelo seco	17.39	17.27	15.01	9.75	
Agua	5.15	5.5	4.59	1.01	
Peso del tarro	7.21	7.43	7.28	7.01	
Peso del suelo seco	10.18	9.84	7.73	2.74	
Porcentaje de humedad	50.59	55.89	59.38	36.86	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	53.98
Límite Plástico	36.86
Índice de Plasticidad	17.12



Observaciones:

[Handwritten Signature]
 Henry
 Obllitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica
 Santa Teresita de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-02

MUESTRA: M-01+5% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T4	T6	L8	L2	
N° de tarro					
N° de golpes	33	24	12		
Tarro + suelo húmedo	21.32	18.24	23.81	11.9	
Tarro + suelo seco	17.3	14.95	18.67	11.05	
Agua	4.02	3.29	5.14	1.02	
Peso del tarro	7.19	7.26	7.01	7.23	
Peso del suelo seco	10.11	7.69	11.66	3.82	
Porcentaje de humedad	39.76	42.78	44.08	26.70	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	41.54
Límite Plástico	24.48
Índice de Plasticidad	17.06



Observaciones:

Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



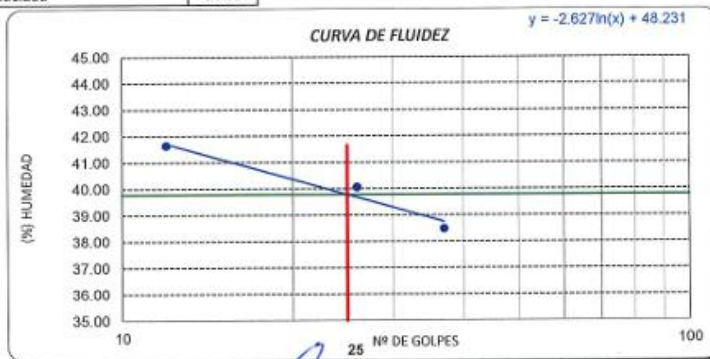
Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-02
 MUESTRA: M-01+10% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	F-1	F-2	F-3	L-2	
N° de tarro					
N° de golpes	37	26	12		
Tarro + suelo húmedo	25.07	26.46	21.92	13.15	
Tarro + suelo seco	20.06	20.96	17.66	12.29	
Agua	5.01	5.5	4.26	1.16	
Peso del tarro	7.04	7.23	7.43	7.17	
Peso del suelo seco	13.02	13.73	10.23	5.12	
Porcentaje de humedad	38.48	40.06	41.64	22.66	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	39.77
Límite Plástico	19.73
Índice de Plasticidad	20.05



Observaciones:

Henry Rivas Neyra Cibillas
 Henry Rivas Neyra Cibillas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

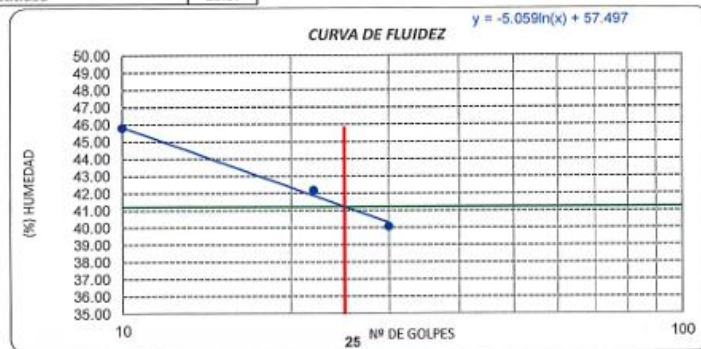
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-02

MUESTRA: M-01+15% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	G-1	G-2	T-3	T-4	
N° de tarro	30	22	10		
N° de golpes	30	22	10		
Tarro + suelo húmedo	24.01	23.3	35.26	21.46	
Tarro + suelo seco	19.25	18.56	29.31	20.45	
Agua	4.76	4.74	5.95	1.01	
Peso del tarro	7.37	7.32	16.32	15.93	
Peso del suelo seco	11.88	11.24	12.99	4.52	
Porcentaje de humedad	40.07	42.17	45.80	22.35	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	41.21
Límite Plástico	22.35
Índice de Plasticidad	18.87



Observaciones:

Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

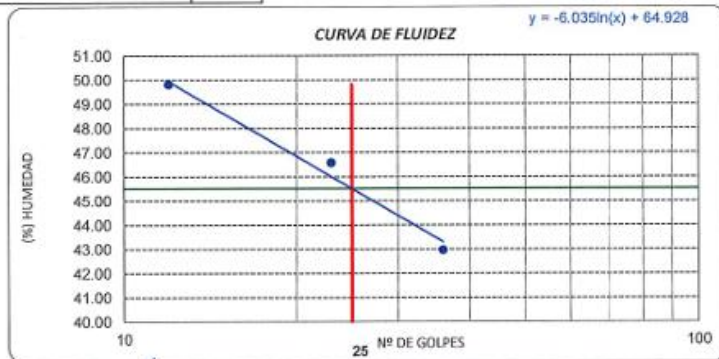
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-02

MUESTRA: M-01+20% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	F-1	L-2	G-1	F-2	
N° de tarro					
N° de golpes	36	23	12		
Tarro + suelo húmedo	26.37	24.37	23.63	12.55	
Tarro + suelo seco	20.6	18.99	18.22	11.46	
Agua	5.77	5.38	5.41	1.31	
Peso del tarro	7.17	7.44	7.36	7.04	
Peso del suelo seco	13.43	11.55	10.86	4.42	
Porcentaje de humedad	42.96	46.58	49.82	29.64	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	45.50
Límite Plástico	27.15
Índice de Plasticidad	18.35



Observaciones:

Henry Rivadeneira Obllitas
 Henry Rivadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

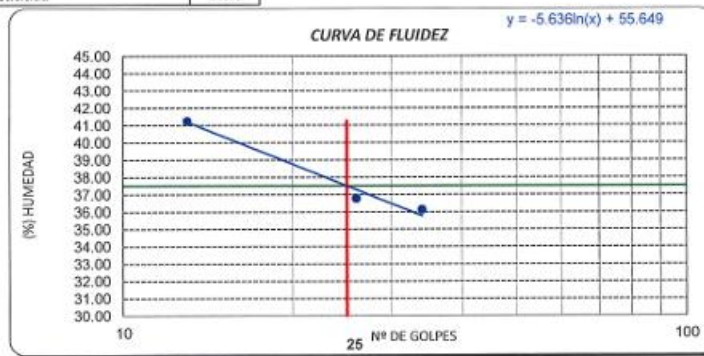
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-03

MUESTRA: M-01+5% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	T-6	F-3	M-1	T-4		
Nº de tarro						
Nº de golpes	34	26	13			
Tarro + suelo húmedo	20.19	21.13	38.06	20.46		
Tarro + suelo seco	16.41	17.4	31.66	19.58		
Agua	3.78	3.73	6.4	0.88		
Peso del tarro	5.95	7.26	16.15	15.14		
Peso del suelo seco	10.46	10.14	15.51	4.44		
Porcentaje de humedad	36.14	36.79	41.26	19.82		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	37.51
Límite Plástico	19.82
Índice de Plasticidad	17.69



Observaciones:

Henry
 Henry
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-03

MUESTRA: M-01+10% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	F-1	F-2	F-3	L-2		
N° de tarro						
N° de golpes	35	26	16			
Tarro + suelo húmedo	35.59	24.68	27.3	13.01		
Tarro + suelo seco	30.23	19.62	21.26	11.94		
Agua	5.36	5.06	6.04	1.07		
Peso del tarro	16.19	7.23	7.32	7.23		
Peso del suelo seco	14.04	12.39	13.94	4.71		
Porcentaje de humedad	38.18	40.84	43.33	22.72		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	40.60
Límite Plástico	22.72
Índice de Plasticidad	17.88



Observaciones:

Henry Rabadenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

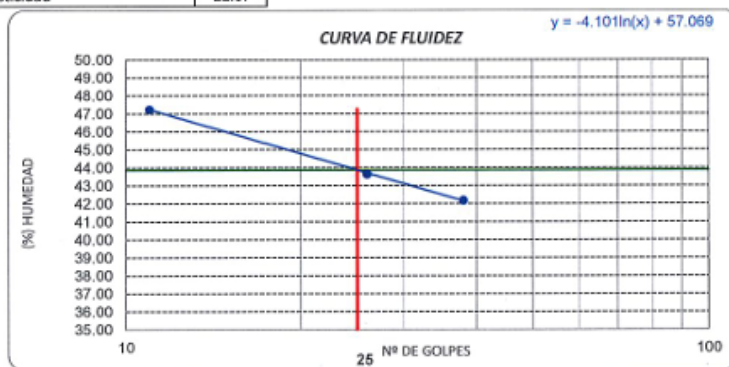
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-03

MUESTRA: M-01+15% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	T-1	L-5	C-1	A-4	
N° de tarro	38	26	11		
N° de golpes					
Tarro + suelo húmedo	31.96	21.26	26.05	14.84	
Tarro + suelo seco	27.26	17.03	20.05	13.83	
Agua	4.7	4.23	6	1.01	
Peso del tarro	16.12	7.34	7.35	9.28	
Peso del suelo seco	11.14	9.69	12.7	4.55	
Porcentaje de humedad	42.19	43.65	47.24	22.20	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	43.87
Límite Plástico	22.20
Índice de Plasticidad	21.67



Observaciones:

Henry Rivas Obilias
Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

CALICATA: C-03

MUESTRA: M-01+20% DE DIATOMITA

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	C-2	L-8	T-3	T-4		
N° de tarro	C-2	L-8	T-3	T-4		
N° de golpes	34	24	12			
Tarro + suelo húmedo	24.29	24.05	37.32	19.74		
Tarro + suelo seco	18.9	18.53	30.12	18.92		
Agua	5.39	5.52	7.2	0.82		
Peso del tarro	7.06	7.27	16.39	16.02		
Peso del suelo seco	11.84	11.26	13.73	2.9		
Porcentaje de humedad	45.52	49.02	52.44	28.28		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	47.98
Límite Plástico	28.28
Índice de Plasticidad	19.70



Observaciones:

[Handwritten signature]
 Henry Rivas Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
[Handwritten signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-1
 PROFUNDIDAD : 0.05m - 1.50 m

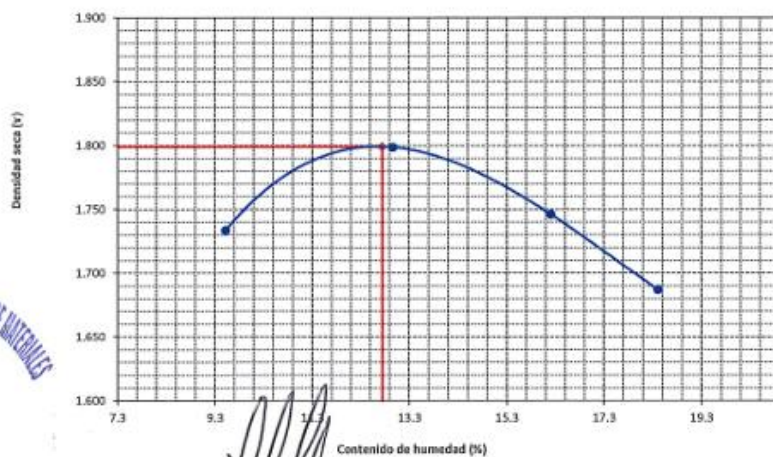
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5984.00	6111.00	6108.33	6078.33
Peso del molde	g.	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1809.00	1936.00	1933.33	1903.33
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.899	2.032	2.029	1.998

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	70.70	67.11	53.38	457.56
Peso del suelo seco + tara	g.	67.20	62.90	49.76	426.36
Peso de tara	g.	30.44	30.44	27.42	256.92
Peso de agua	g.	3.5	4.2	3.6	31.2
Peso de suelo seco	g.	36.8	32.5	22.3	169.4
Contenido de agua	%	9.5	13.0	16.2	18.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.734	1.799	1.746	1.687

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.799	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.75	%

GRÁFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	A-5				A-3				A-2								
Nº Capa	5				5				5								
Nº Golpes por capa	56				25				12								
CONDICION DE LA MUESTRA																	
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo	12552	12759	12310	12590	12178	12465											
Peso de molde (g)	8124	8124	8115	8115	8115	8115											
Peso del suelo húmedo (g)	4438	4635	4195	4475	4063	4350											
Volumen del molde (cc)	2185	2105	2112	2112	2112	2112											
Densidad húmeda (g/cc)	2.108	2.202	1.986	2.119	1.924	2.060											
% de humedad	16.84	21.36	17.03	23.82	18.83	26.01											
Densidad seca (g/cc)	1.804	1.814	1.697	1.711	1.619	1.635											
HUMEDAD																	
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	54.3	54.3	4635	4635	95.6	95.6	4475	4475	81.8	81.8	4350.0	4350.0					
Tarro + Suelo seco (gr.)	49.5	49.5	4438	4438	87.0	87.0	4195	4195	72.9	72.9	4063.0	4063.0					
Peso del Agua (gr.)	4.7	4.7	197.0	197.0	8.6	8.6	280.0	280.0	8.9	8.9	287.0	287.0					
Peso del tarro (gr.)	21.44	21.44	0	0	36.5	36.5	0	0	25.49	25.49	0	0					
Peso del suelo seco (gr.)	28.1	28.1	4359.3	4359.3	50.5	50.5	4125.0	4125.0	47.4	47.4	3998.3	3998.3					
% de humedad	16.84	16.84	21.36	21.36	17.03	17.03	23.82	23.82	18.83	18.83	26.01	26.01					
Promedio de Humedad (%)	16.84	16.84	21.36	21.36	17.03	17.03	23.82	23.82	18.83	18.83	26.01	26.01					
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
31/08/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1/09/2023	14.3	24	0.12	0.003		0.15	0.004		0.12	0.003							
2/09/2023	14.3	48	1.25	0.031		1.6	0.040		1.35	0.034							
3/09/2023	14.3	72	3.5	0.088		3.4	0.085		3.6	0.088							
4/09/2023	14.3	96	4.1	0.103		4.2	0.105		4.3	0.108							
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.30	4.57	total	2.35						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%			
mm.	pulg.	Lb/in ²															
0.000	0.000	000"	0	2			0	2				0	2				
0.640	0.025	0'30"	34	15			21	10				10	6				
1.270	0.050	1'00"	48	20			32	14				16	8				
1.910	0.075	1'30"	61	25			41	18				24	11				
2.540	0.100	2'00"	70	29	28.4	2.8	53	22	21.1	2.1		28	13	12.1	1.2		
3.810	0.150	3'00"	78	32			62	26				33	15				
5.080	0.200	4'00"	89	36	58.2		71	29	30.5	2.0		40	17	18.2	1.2		
6.350	0.250	5'00"	106	42			84	34				48	20				
7.620	0.300	6'00"	125	49			91	36				56	23				
10.160	0.400	8'00"	148	58			107	40				70	29				
12.700	0.500	10'00"	251	98			124	49				83	33				

Hernán Ribadeneira Obliatas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

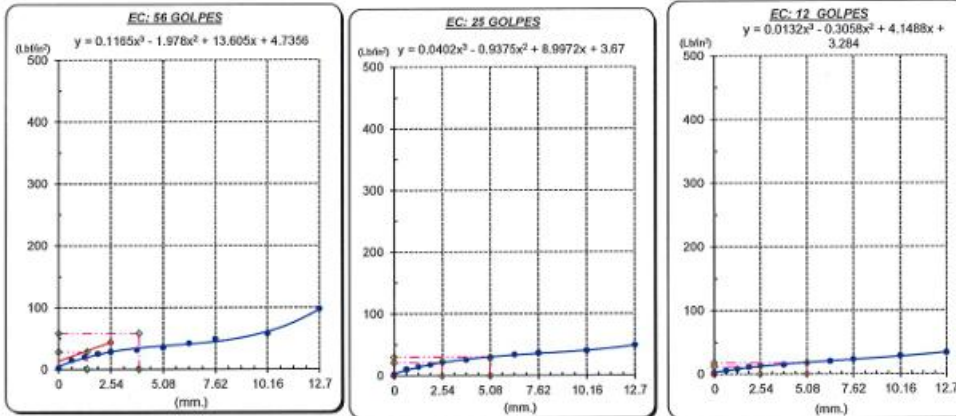


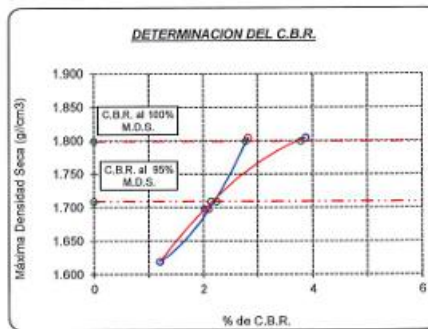
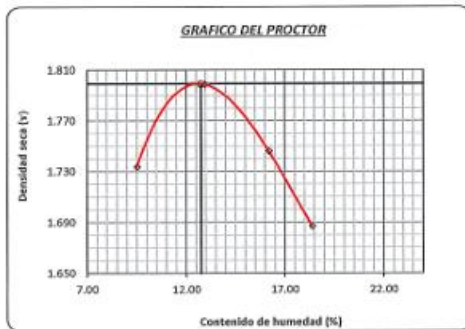
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.799 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.709 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.75 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	3 %	4 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	2 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
		A-4			A-5			A-6									
N° Molde		5			5			5									
N° Capa		56			25			12									
CONDICIÓN DE LA MUESTRA																	
		Sin Saturado			Saturado			Sin Saturado			Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo		12150	12690	12850	13390	11720	12218										
Peso de molde (g)		7843	7843	8738	8738	7840	7840										
Peso del suelo húmedo (g)		4307	4847	4112	4652	3880	4378										
Volumen del molde (cc)		2122	2122	2125	2125	2132	2132										
Densidad húmeda (g/cc)		2.030	2.284	1.935	2.189	1.820	2.053										
% de humedad		13.15	25.92	13.36	26.72	13.48	26.52										
Densidad seca (g/cc)		1.794	1.814	1.707	1.728	1.604	1.623										
HUMEDAD																	
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		325.6	325.6	4847	4847	316.9	316.9	4652	4652	326.9	326.9	4378.0	4378.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)		292.0	292.0	4307	4307	285.0	285.0	4112	4112	293.0	293.0	3880.0	3880.0				
Peso del Agua (gr.)		33.6	33.6	540.0	540.0	31.9	31.9	540.0	540.0	33.9	33.9	498.0	498.0				
Peso del tarro (gr.)		36.55	36.55	0	0	46.3	46.3	0	0	41.44	41.44	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)		255.5	255.5	4231.1	4231.1	238.7	238.7	4043.0	4043.0	251.6	251.6	3818.8	3818.8				
% de humedad		13.15	13.15	25.92	25.92	13.36	13.36	26.72	26.72	13.48	13.48	26.52	26.52				
Promedio de Humedad (%)		13.15		25.92		13.36		26.72		13.48		26.52					
EXPANSIÓN																	
FECHA		HORA		TIEMPO Hr.		DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		DIAL		EXPANSIÓN Pulg.					
31/05/2023		14.3		0		0		0		0		0					
1/06/2023		14.3		24		0.1		0.003		0.15		0.004					
2/06/2023		14.3		48		1.9		0.048		2.15		0.054					
3/06/2023		14.3		72		2.8		0.070		3.6		0.090					
4/06/2023		14.3		96		4.5		0.113		4.9		0.123					
						4.57		total 2.46		4.57		total 2.68					
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN		TIEMPO		CARGA STAND.		MOLDE N° A-4				MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-6			
						CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.		pulg.		Lbf/in2		Lect. Dial		Lbs/ pulg2		Lect. Dial		Lbs/ pulg2		Lect. Dial		Lbs/ pulg2	
0.000		0.000		0'00"		0		2		0		2		0		2	
0.640		0.025		0'30"		21		10		15		8		15		8	
1.270		0.050		1'00"		46		20		26		12		27		12	
1.910		0.075		1'30"		75		30		52		22		46		20	
2.540		0.100		2'00"		90		36		80		32		88		28	
3.810		0.150		3'00"		126		50		98		39		76		31	
5.080		0.200		4'00"		169		66		125		49		86		35	
6.350		0.250		5'00"		216		80		142		52		92		37	
7.620		0.300		6'00"		265		90		181		62		105		42	
10.160		0.400		8'00"		346		110		236		76		115		46	
12.700		0.500		10'00"		425		130		276		90		120		47	

Henry Rivas Heneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

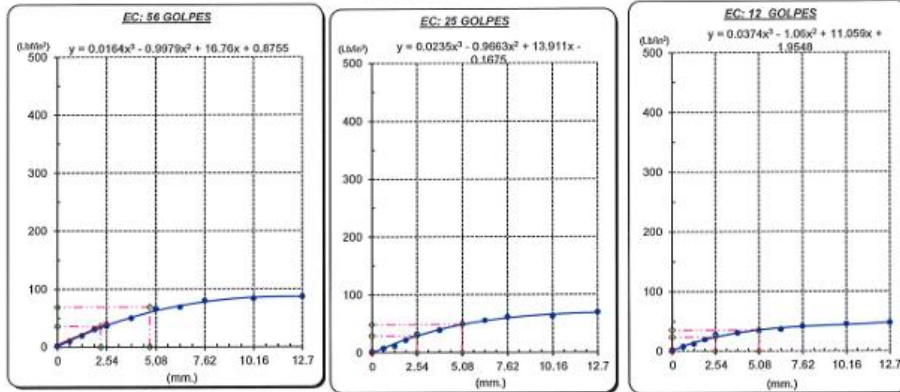


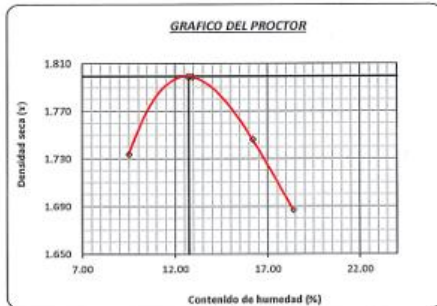
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.799 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.709 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.75 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3 %	3 %



Henty Ribadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LA UNIVERSIDAD DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN·m/m³ (56000 pie·lb/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMÓN
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-02
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

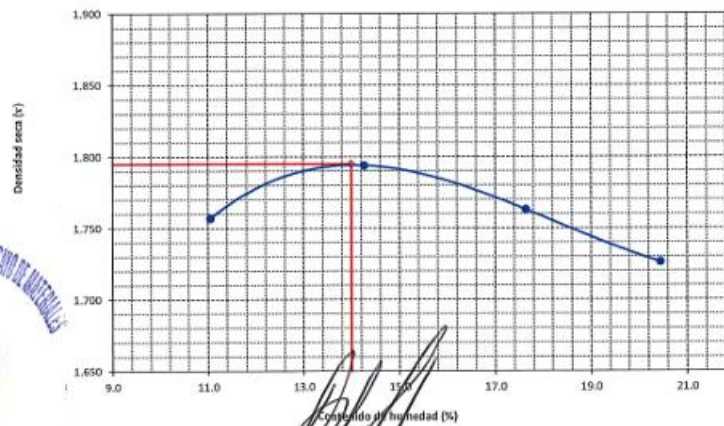
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5730	5824	5847	5852
Peso del molde	g.	3871	3871	3871	3871
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1859	1953	1976	1981
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.951	2.050	2.074	2.079

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	65.80	74.64	95.75	39.22
Peso del suelo seco + tara	g.	61.80	70.10	89.00	35.58
Peso de tara	g.	25.60	38.28	50.73	17.78
Peso de agua	g.	4.00	4.54	6.75	3.64
Peso de suelo seco	g.	36.20	31.82	38.27	17.8
Contenido de agua	%	11.0	14.3	17.6	20.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.757	1.794	1.763	1.726

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.795	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.00	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-1			A-2			A-3								
Nº Capa		5			5			5								
Nº Golpes por capa		56			25			12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado			Saturado			Sin Saturado			Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		13114	13252	12610	12990	12512	12854									
Peso de molde (g)		8710	8710	8395	8395	8366	8366									
Peso del suelo húmedo (g)		4404	4542	4215	4595	4146	4488									
Volumen del molde (cc)		2056	2056	2112	2112	2113	2113									
Densidad húmeda (g/cc)		2.142	2.209	1.996	2.176	1.982	2.124									
% de humedad		16.55	19.74	16.62	25.79	17.35	25.74									
Densidad seca (g/cc)		1.838	1.845	1.711	1.730	1.672	1.689									
HUMEDAD																
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		224.6	454.2	365.6	4595	201.2	4488.0									
Tarro + Suelo seco (gr.)		196.7	4404	313.5	4215	175.7	4146.0									
Peso del Agua (gr.)		27.9	138.0	52.1	380.0	25.6	342.0									
Peso del tarro (gr.)		28.38	0	0	0	28.26	0									
Peso del suelo seco (gr.)		168.3	4324.5	313.5	4144.1	147.4	4077.8									
% de humedad		16.55	19.74	16.62	25.79	17.35	25.74									
Promedio de Humedad (%)		16.55	19.74	16.62	25.79	17.35	25.74									
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
10/05/2023	14.3	0	15.58	0	0	12.5	0	0	8.8	0	0					
11/05/2023	14.3	24	22	0.550		15.9	0.398		14.8	0.370						
12/05/2023	14.3	48	24.6	0.615		19.5	0.488		14.85	0.371						
13/05/2023	14.3	72	26.94	0.674		22.6	0.565		14.93	0.373						
14/05/2023	14.3	96	27.1	0.678		23.6	0.590		18.5	0.463						
			4.57	total	14.83	4.57	total	12.92	4.57	total	10.13					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2								
0.640	0.025	0'30"	14	8			15	8			16	8				
1.270	0.050	1'00"	31	14			30	14			29	13				
1.910	0.075	1'30"	45	19			42	18			38	17				
2.540	0.100	2'00"	68	28	23.7	2.4	60	21	20.4	2.0	45	19	19.1	1.9		
3.810	0.150	3'00"	89	36			82	36			67	24				
5.080	0.200	4'00"	95	38	45.8	3.1	78	38	31.3	3.1	65	27	27.5	1.8		
6.350	0.250	5'00"	115	46			85	35			73	30				
7.620	0.300	6'00"	124	49			97	38			78	32				
10.180	0.400	8'00"	136	54			105	47			88	35				
12.700	0.500	10'00"	152	60			112	46			97	39				

Henry Rivedeñeyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

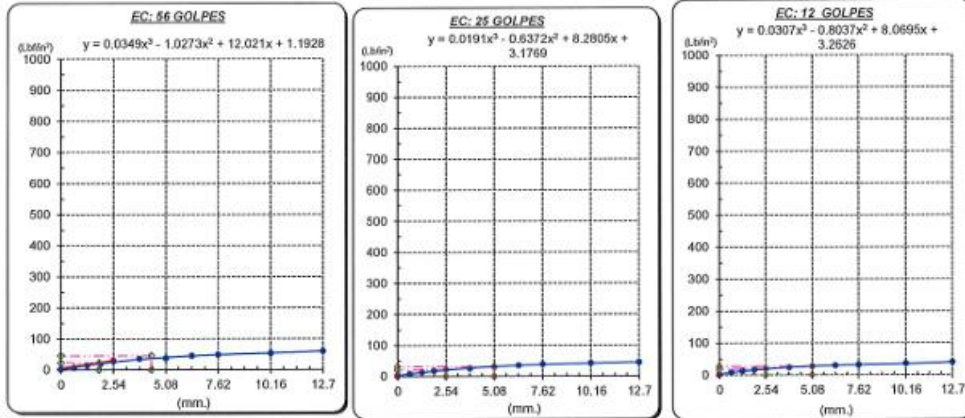


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.810 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.720 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.00 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	2 %	3 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	2 %



Hehry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-02
MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde		A-6				A-2				A-12							
Nº Capa		5				5				5							
Nº Golpes por capa		56				25				12							
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		12710		12964		12610		12990		12342		12698					
Peso de molde (g)		8366		8366		8395		8395		8610		8610					
Peso del suelo húmedo (g)		4344		4598		4215		4595		3732		4088					
Volumen del molde (cc)		2119		2119		2112		2112		2118		2118					
Densidad húmeda (g/cc)		2.050		2.170		1.996		2.176		1.762		1.930					
% de humedad		13.17		19.13		16.62		25.79		13.62		23.31					
Densidad seca (g/cc)		1.811		1.822		1.711		1.730		1.551		1.585					
HUMEDAD																	
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		193.2	193.2	4598	4598	365.6	365.6	4595	4595	190.1	190.1	4088.0	4088.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)		174.0	174.0	4344	4344	313.5	313.5	4215	4215	170.7	170.7	3732.0	3732.0				
Peso del Agua (gr.)		19.2	19.2	254.0	254.0	52.1	52.1	380.0	380.0	19.4	19.4	356.0	356.0				
Peso del tarro (gr.)		28.38	28.38	0	0	0	0	0	0	28.26	28.26	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)		145.6	145.6	4266.7	4266.7	313.5	313.5	4144.1	4144.1	142.5	142.5	3675.0	3675.0				
% de humedad		13.17	13.17	19.13	19.13	16.62	16.62	25.79	25.79	13.62	13.62	23.31	23.31				
Promedio de Humedad (%)		13.17		19.13		16.62		25.79		13.62		23.31					
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
19/05/2023	14.3	0	5.39	0	0	10.6	0	0	16.15	0	0						
20/05/2023	14.3	24	11.4	0.285		14.6	0.365		21.95	0.549							
21/05/2023	14.3	48	13.8	0.345		18.5	0.463		22	0.550							
22/05/2023	14.3	72	15.65	0.391		21.1	0.528		21.9	0.548							
23/05/2023	14.3	96	15.65	0.391		21.7	0.543		21.9	0.548							
			4.57	total 8.57		4.57	total 11.88		4.57	total 11.99							
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	STAND.	CARGA Lbf/in2	MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-12					
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.																
0.000	0.000	0'00"	0	2				0	2			0	2				
0.640	0.025	0'30"	11	6				13	7			12	7				
1.270	0.050	1'00"	19	9				20	10			22	11				
1.910	0.075	1'30"	32	14				31	14			30	14				
2.540	0.100	2'00"	45	19	19.2	1.9		40	17	16.7	1.7	35	15	15.2	1.5		
3.810	0.150	3'00"	62	26				51	21			44	19				
5.080	0.200	4'00"	76	31	37.3	2.5		60	27	27.1	1.8	51	21	21.8	1.5		
6.350	0.250	5'00"	88	35				75	31			55	23				
7.620	0.300	6'00"	98	39				82	35			60	25				
10.160	0.400	8'00"	114	45				93	37			69	28				
12.700	0.500	10'00"	131	52				99	39			75	30				

Henry Kwadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMÓN
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

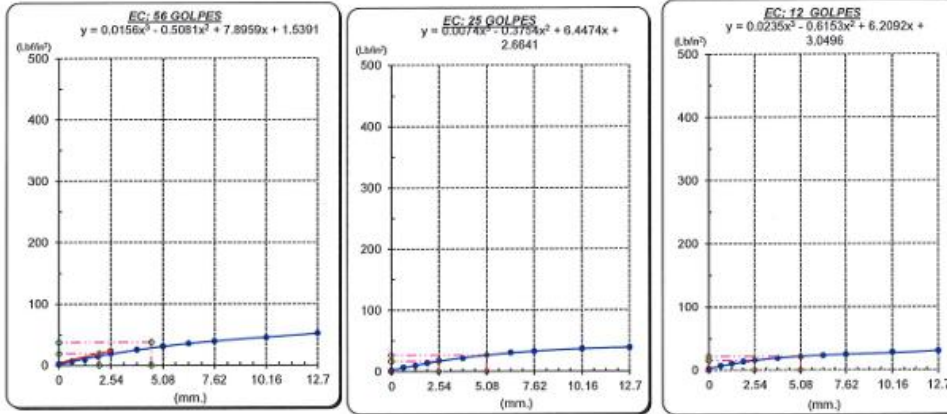


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.810 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.720 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.00 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	2 %	2 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	2 %



Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN·m/m³ (56000 pie·lb/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

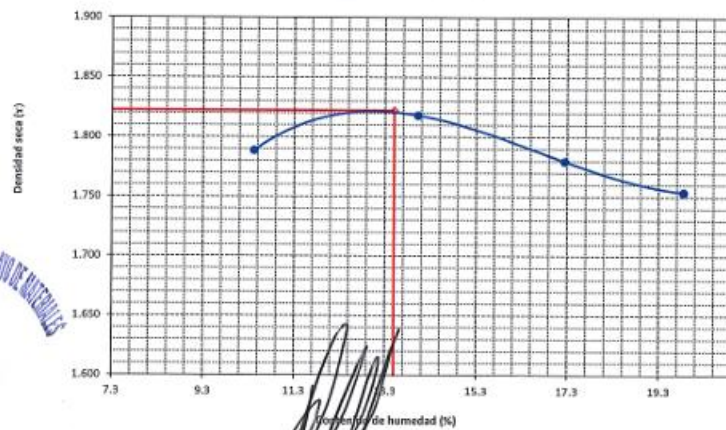
CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-1 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5752.67	5846.00	5859.00	5873.67
Peso del molde	g.	3871.00	3871.00	3871.00	3871.00
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1881.67	1975.00	1988.00	2002.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.975	2.073	2.087	2.102

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	147.87	143.37	153.87	1426.50
Peso del suelo seco + tara	g.	136.30	129.60	135.67	1232.40
Peso de tara	g.	25.27	31.43	30.13	254.34
Peso de agua	g.	11.6	13.8	18.2	194.1
Peso de suelo seco	g.	111.0	98.2	105.5	978.1
Contenido de agua	%	10.4	14.0	17.2	19.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.789	1.818	1.780	1.754

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.822	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.50	%

GRÁFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1

COMPACTACIÓN																						
Nº Molde	A-10				A-3				A-3													
Nº Capa	5				5				5													
Nº Golpes por capa	56				25				12													
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado										
Peso molde + Suelo húmedo	12930	12974	12890	13090	12490	12692																
Peso de molde (g)	8690	8650	8395	8395	8670	8670																
Peso del suelo húmedo (g)	4280	4324	4495	4695	3820	4022																
Volumen del molde (cc)	2133	2133	2112	2112	2113	2113																
Densidad húmeda (g/cc)	2.007	2.027	2.128	2.223	1.808	1.903																
% de humedad	5.27	6.32	13.94	18.48	13.98	19.35																
Densidad seca (g/cc)	1.906	1.907	1.868	1.876	1.586	1.595																
HUMEDAD																						
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	337.4	337.4	4324	4324	256.6	256.6	4695	4695	280.0	280.0	4022.0	4022.0										
Tarro + Suelo seco (gr.)	323.2	323.2	4280	4280	226.2	226.2	4495	4495	251.8	251.8	3820.0	3820.0										
Peso del Agua (gr.)	14.2	14.2	44.0	44.0	31.4	31.4	200.0	200.0	28.2	28.2	202.0	202.0										
Peso del tarro (gr.)	54.11	54.11	0	0	0	0	0	0	49.88	49.88	0	0										
Peso del suelo seco (gr.)	269.1	269.1	4199.9	4199.9	225.2	225.2	4412.6	4412.6	201.9	201.9	3760.4	3760.4										
% de humedad	5.27	5.27	6.32	6.32	13.94	13.94	18.48	18.48	13.98	13.98	19.35	19.35										
Promedio de Humedad (%)	5.27	5.27	6.32	6.32	13.94	13.94	18.48	18.48	13.98	13.98	19.35	19.35										
EXPANSIÓN																						
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN												
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%											
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
1/06/2023	14.3	24	0.16	0.004	0.36	0.009	0.24	0.006														
2/06/2023	14.3	48	1.96	0.049	2.9	0.073	0.6	0.015														
3/06/2023	14.3	72	3.8	0.095	3.6	0.090	1.2	0.030														
4/06/2023	14.3	96	4.5	0.113	4.56	0.114	4.6	0.115														
			4.57	total	2.46	4.57	total	2.50	4.57	total	2.52											
PENETRACIÓN																						
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-10				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-3											
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN									
			Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%								
mm.	pulg.	Lbf/in ²																				
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2				0	2									
0.640	0.025	0'30"	15	6			10	6				5	4									
1.270	0.050	1'00"	70	29			45	19				25	12									
1.910	0.075	1'30"	145	57			95	38				65	27									
2.540	0.100	2'00"	198	77	66.3	6.6	142	56	52.2	5.2	75	30	26.6	2.7								
3.810	0.150	3'00"	270	105			198	77			84	34										
5.080	0.200	4'00"	335	131	123.0	8.2	245	95	91.3	8.1	96	38	41.2	2.7								
6.350	0.250	5'00"	375	146			262	102			112	44										
7.620	0.300	6'00"	435	160			310	121			124	49										
10.160	0.400	8'00"	627	177			324	126			136	54										
12.700	0.500	10'00"	865	188			365	143			142	56										

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

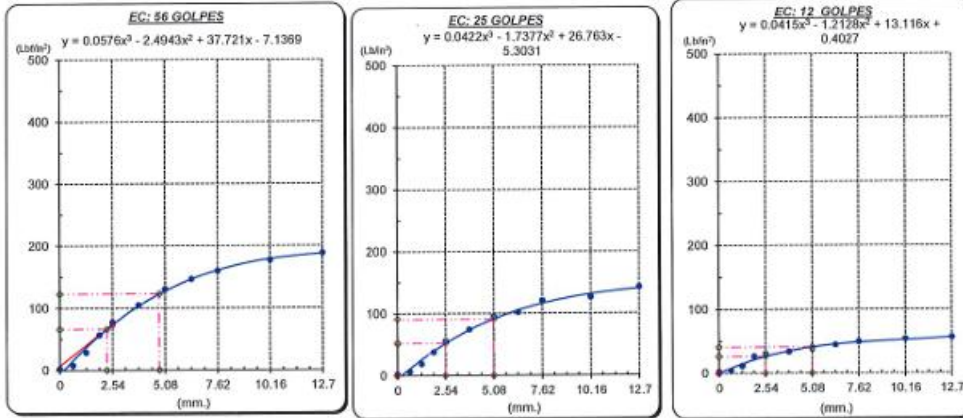


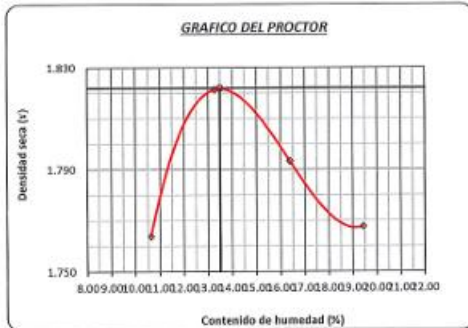
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.822 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.731 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	6 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	4 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALCATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1

COMPACTACIÓN																
Nº Molde	A-22				A-23				A-24							
	5				5				5							
Nº Capa	56				25				12							
Nº Golpes por capa	56				25				12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12620	12950	12260	12650	11980	12360	11980	12360	11980	12360	11980	12360				
Peso de molde (g)	7992	7992	7957	7957	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899				
Peso del suelo húmedo (g)	4628	4958	4303	4693	4081	4461	4081	4461	4081	4461	4081	4461				
Volumen del molde (cc)	2116	2116	2118	2118	2129	2129	2129	2129	2129	2129	2129	2129				
Densidad húmeda (g/cc)	2.187	2.343	2.032	2.216	1.917	2.095	1.917	2.095	1.917	2.095	1.917	2.095				
% de humedad	13.56	20.83	13.68	22.91	14.83	24.30	14.83	24.30	14.83	24.30	14.83	24.30				
Densidad seca (g/cc)	1.926	1.939	1.787	1.803	1.689	1.688	1.689	1.688	1.689	1.688	1.689	1.688				
HUMEDAD																
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	425.0	425.0	4958	4958	485.5	485.5	4693	4693	388.9	388.9	4461.0	4461.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)	381.0	381.0	4628	4628	435.0	435.0	4303	4303	345.0	345.0	4081.0	4081.0				
Peso del Agua (gr.)	44.0	44.0	330.0	330.0	50.5	50.5	390.0	390.0	43.9	43.9	380.0	380.0				
Peso del tarro (gr.)	56.5	56.5	0	0	65.2	65.2	0	0	62.5	62.5	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)	324.5	324.5	4540.5	4540.5	369.8	369.8	4227.5	4227.5	282.5	282.5	4014.0	4014.0				
% de humedad	13.56	13.56	20.83	20.83	13.68	13.68	22.91	22.91	14.83	14.83	24.30	24.30				
Promedio de Humedad (%)	13.56	13.56	20.83	20.83	13.68	13.68	22.91	22.91	14.83	14.83	24.30	24.30				
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1/06/2023	14.3	24	1.2	0.030	0.5	0.013	0.8	0.020	0.8	0.020	0.020					
2/06/2023	14.3	48	4.5	0.113	2.8	0.070	3.8	0.095	3.8	0.095	0.095					
3/06/2023	14.3	72	5.9	0.148	4.9	0.123	5.2	0.145	5.2	0.145	0.145					
4/06/2023	14.3	96	7.9	0.198	7.8	0.195	7.5	0.190	7.5	0.190	0.190					
			4.57	total	4.32	total	4.27	total	4.57	total	4.16					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-22				MOLDE Nº A-23				MOLDE Nº A-24					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	000"	9	2			0	2				0	2			
0.640	0.025	030"	32	14			10	6				9	6			
1.270	0.050	100"	76	31			46	20				21	10			
1.910	0.075	130"	98	39			81	33				50	21			
2.540	0.100	200"	168	66	54.1	5.4	112	44	39.8	3.8	18.0	84	34	27.6	2.8	
3.810	0.150	300"	298	101			134	53				95	38			
5.080	0.200	400"	276	108	101.1	6.7	165	55	67.2	6.5	104	41	44.1	2.9		
6.350	0.250	500"	395	119			205	60				124	49			
7.620	0.300	600"	332	123			216	64				136	54			
10.160	0.400	800"	365	143			245	95				148	58			
12.700	0.500	1000"	375	149			265	103				162	63			

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

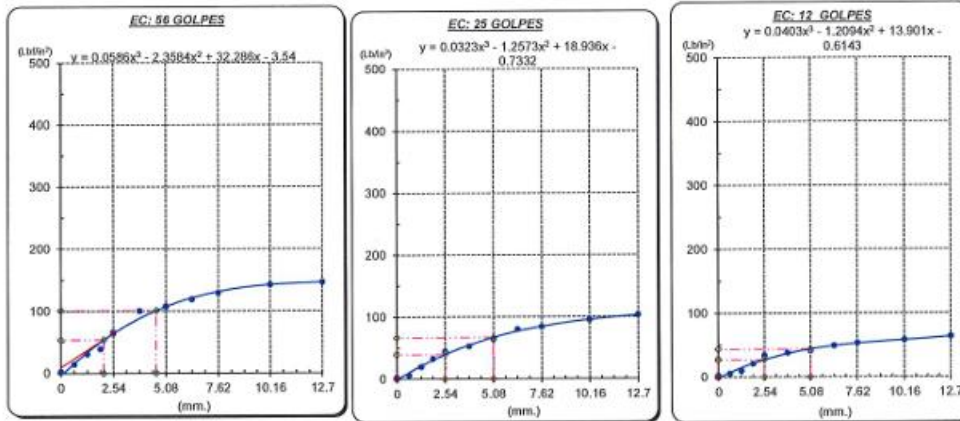


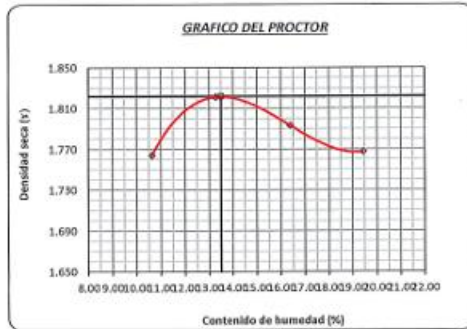
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.822 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.731 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3 %	4 %



[Signature]
 Henry Rivas Obitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

[Signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (66000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1 + 5% de Diatomita
PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

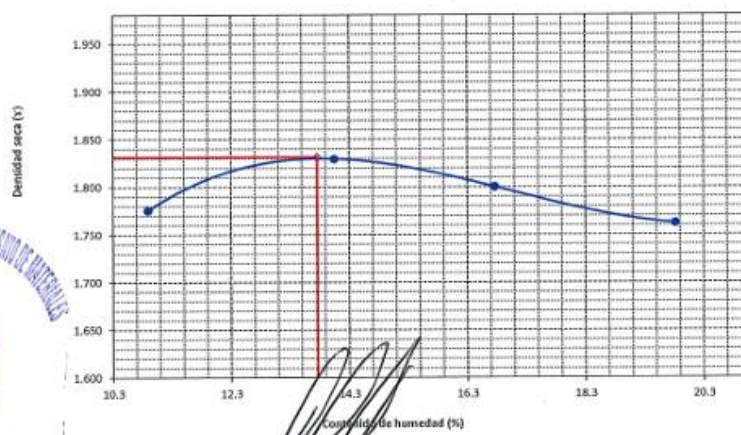
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5750.00	5862.00	5876.67	5885.67
Peso del molde	g.	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1876.00	1988.00	2002.67	2011.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.969	2.087	2.102	2.111

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	120.53	114.20	112.23	123.69
Peso del suelo seco + tara	g.	112.17	104.37	101.84	109.67
Peso de tara	g.	35.36	34.40	39.87	38.94
Peso de agua	g.	8.37	9.83	10.39	14.02
Peso de suelo seco	g.	76.80	69.97	61.97	70.73
Contenido de agua	%	10.9	14.1	16.8	19.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.776	1.829	1.800	1.762

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.831	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.77	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Ribadeneyra Oblitas
 Tco. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
		A-2			A-3			A-16						
		5			5			5						
Nº Molde														
Nº Capa		56			25			12						
Nº Golpes por capa		56			25			12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		9530	9626	12250	12390	9760	9822							
Peso de molde (g)		6324	6324	7843	7843	6432	6432							
Peso del suelo húmedo (g)		3206	3302	4407	4547	3328	3390							
Volumen del molde (cc)		1440	1440	2113	2113	2108	2108							
Densidad húmeda (g/cc)		2.226	2.293	2.086	2.152	1.579	1.608							
% de humedad		20.63	23.68	20.32	23.55	19.61	21.49							
Densidad seca (g/cc)		1.846	1.854	1.733	1.742	1.320	1.324							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		350.19	350.2	3302	3302	256.5	256.5	4547	4547	391.0	391.0	3390.0	3390.0	
Tarro + Suelo seco (gr.)		299.02	299.0	3206	3206	221.0	221.0	4407	4407	335.3	335.3	3328.0	3328.0	
Peso del Agua (gr.)		51.2	51.2	96.0	96.0	35.5	35.5	140.0	140.0	55.6	55.6	62.0	62.0	
Peso del tarro (gr.)		51.01	51.01	0	0	46.3	46.3	0	0	51.54	51.54	0	0	
Peso del suelo seco (gr.)		248.0	248.0	3147.9	3147.9	174.7	174.7	4331.9	4331.9	283.8	283.8	3284.6	3284.6	
% de humedad		20.63	20.63	23.68	23.68	20.32	20.32	23.55	23.55	19.61	19.61	21.49	21.49	
Promedio de Humedad (%)		20.63	23.68	20.32	23.55	19.61	21.49							
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.2	0.005	0	0.2	0.005	0	0.16	0.004	0			
2/06/2023	14.3	48	0.3	0.008	0	0.8	0.020	0	0.8	0.020	0			
3/06/2023	14.3	72	0.8	0.020	0	1.05	0.026	0	1.2	0.030	0			
4/06/2023	14.3	96	1.05	0.026	0	1.3	0.033	0	1.49	0.037	0			
			4.57	total	0.57	4.57	total	0.71	4.57	total	0.82			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-16			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	6	17			4	12			2	7		
1.270	0.050	1'00"	14	36			10	27			8	22		
1.910	0.075	1'30"	23	58			12	32			10	27		
2.540	0.100	2'00"	48	115	104.6	10.5	27	68	73.8	7.4	13	34	31.7	3.2
3.810	0.150	3'00"	69	146			43	107			16	41		
5.080	0.200	4'00"	93	229	192.3	12.8	23	185	156.7	10.4	24	61	60.2	4.0
6.350	0.250	5'00"	96	237			29	202			29	73		
7.620	0.300	6'00"	98	244			30	222			34	85		
10.160	0.400	8'00"	112	276			36	297			45	112		
12.700	0.500	10'00"	130	334			102	251			60	124		

Henry Rivadeneira Obilias
 Tsc. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

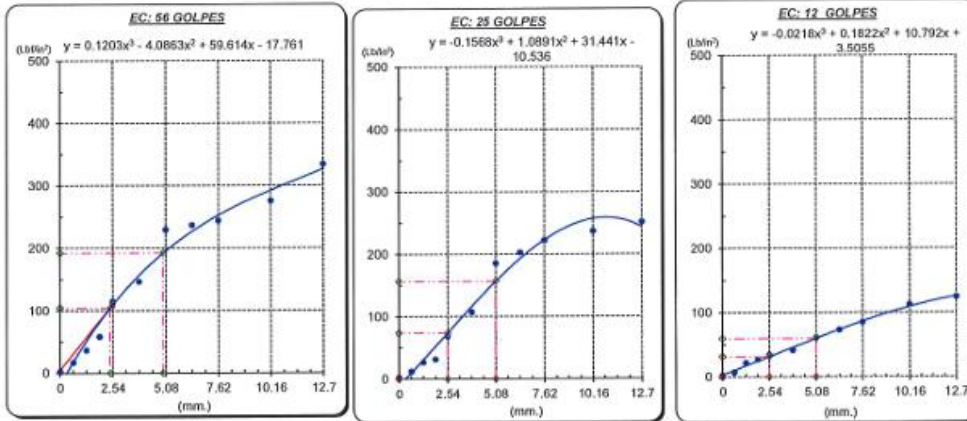


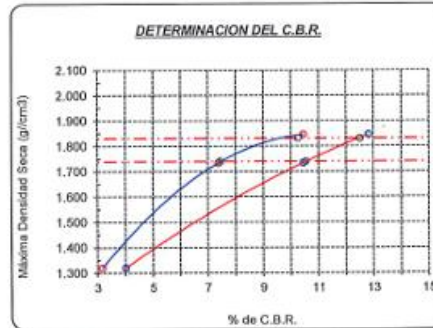
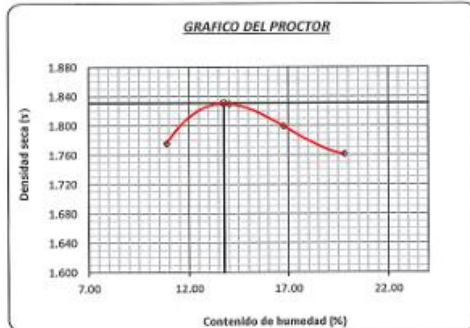
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.831 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.739 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.77 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	10 %	13 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7 %	11 %



Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Díst. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-7				A-6				A-5				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12656		12880		12120		12390		12510		12790		
Peso de molde (g)		8741		8741		7840		7840		8738		8738		
Peso del suelo húmedo (g)		3915		4139		4280		4550		3772		4052		
Volumen del molde (cc)		1777		1777		2132		2132		2132		2132		
Densidad húmeda (g/cc)		2.203		2.329		2.008		2.134		1.769		1.901		
% de humedad		13.52		19.36		13.65		20.07		13.81		21.34		
Densidad seca (g/cc)		1.941		1.951		1.766		1.777		1.555		1.566		
HUMEDAD														
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		370.2		370.2		4139		4139		168.9		168.9		
Tarro + Suelo seco (gr.)		333.9		333.9		3915		3915		153.0		153.0		
Peso del Agua (gr.)		36.4		36.4		224.0		224.0		15.9		15.9		
Peso del tarro (gr.)		65.07		65.07		0		0		36.5		36.5		
Peso del suelo seco (gr.)		268.8		268.8		3940.5		3940.5		116.5		116.5		
% de humedad		13.52		13.52		19.36		19.36		13.65		13.65		
Promedio de Humedad (%)		13.52		13.52		19.36		19.36		13.65		13.65		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN		
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%	
9/05/2023	14.3	0	0.2	0	0	0	1	0	0	0	0.2	0	0	0
10/05/2023	14.3	24	1.25	0.031			1.8	0.045			3.5	0.088		
11/05/2023	14.3	48	1.8	0.045			3.5	0.088			4.8	0.120		
12/05/2023	14.3	72	2.5	0.063			4.9	0.123			5.6	0.140		
13/05/2023	14.3	96	6.25	0.156			6.3	0.158			6.35	0.159		
			4.57	total	3.42		4.57	total	3.45		4.57	total	3.48	
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-7				MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-5			
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	000"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	030"	7	19			5	15			3	10		
1.270	0.050	100"	12	32			8	22			6	17		
1.910	0.075	130"	18	46			12	32			8	22		
2.540	0.100	200"	24	61	64.0	6.5	19	40	44.4	4.4	15	39	32.8	3.3
3.810	0.150	300"	36	90			27	68			19	49		
5.080	0.200	400"	45	112	140.6	9.4	38	95	98.9	8.5	23	58	60.4	4.0
6.350	0.250	500"	60	171			45	122			27	68		
7.620	0.300	600"	90	222			62	154			36	90		
10.160	0.400	800"	165	395			76	193			45	112		
12.700	0.500	1000"	112	276			86	212			56	139		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

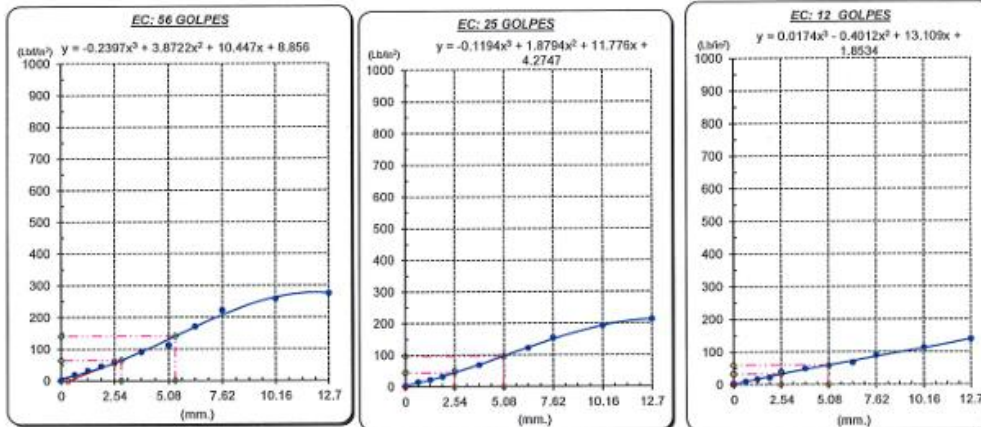


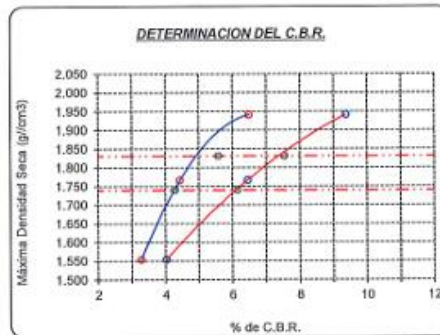
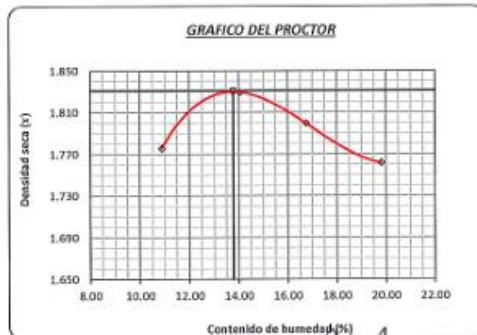
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.831 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.739 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.77 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	6 %



Henry Rivaleneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Lambayeque

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-1
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

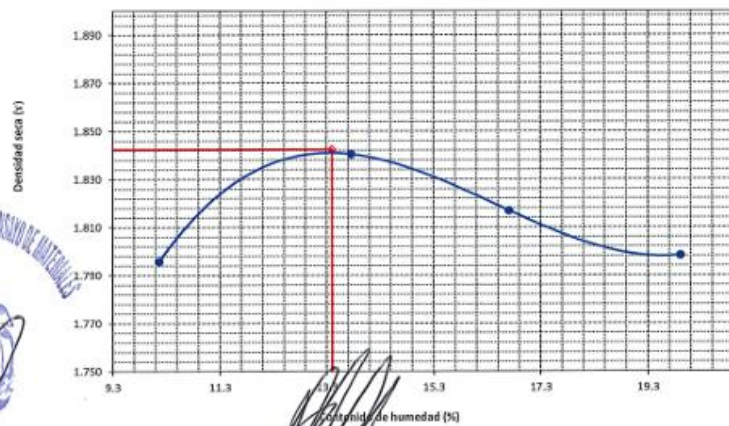
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5710.00	5819.67	5845.33	5879.33
Peso del molde	g.	3826	3826	3826	3826
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1884.00	1993.67	2019.33	2053.33
Volumen del molde	cm ³	952.257	952.257	952.257	952.257
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.978	2.094	2.121	2.156

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	240.93	239.53	240.07	265.63
Peso del suelo seco + tara	g.	224.33	218.33	214.33	232.33
Peso de tara	g.	61.20	64.26	60.36	65.09
Peso de agua	g.	16.60	21.20	25.73	33.30
Peso de suelo seco	g.	163.14	154.07	153.97	167.24
Contenido de agua	%	10.2	13.8	16.7	19.9
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.796	1.840	1.817	1.798

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.842	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.40	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivas Obilias
 Ttc. Laboratorio USAT



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-14				A-8				A-5				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA														
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12118	12328	12590	12910	12266	12494							
Peso de molde (g)		8520	8520	8395	8395	8738	8738							
Peso del suelo húmedo (g)		3598	3808	4195	4515	3528	3756							
Volumen del molde (cc)		1720	1720	2112	2112	2025	2025							
Densidad húmeda (g/cc)		2.092	2.214	1.986	2.138	1.742	1.855							
% de humedad		13.36	19.30	13.28	21.04	15.65	22.21							
Densidad seca (g/cc)		1.845	1.856	1.753	1.766	1.506	1.518							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		386.5	386.5	386.8	380.8	265.5	265.5	461.5	461.6	402.5	402.5	3756.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		348.6	348.6	369.8	369.8	241.0	241.0	419.5	419.5	355.3	356.3	3528.0		
Peso del Agua (gr.)		37.9	37.9	210.0	210.0	24.5	24.5	320.0	320.0	47.2	47.2	228.0		
Peso del tarro (gr.)		65.01	65.01	0	0	56.5	56.5	0	0	53.68	53.68	0		
Peso del suelo seco (gr.)		283.6	283.6	353.8	353.8	184.5	184.5	412.7	412.7	301.6	301.6	3475.6		
% de humedad		13.36	13.36	19.30	19.30	13.28	13.28	21.04	21.04	15.65	15.65	22.21		
Promedio de Humedad (%)		13.36	13.36	19.30	19.30	13.28	13.28	21.04	21.04	15.65	15.65	22.21		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
1/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2/09/2022	14.3	24	0.2	0.005		0.4	0.010		0.36	0.009				
3/09/2022	14.3	48	2.6	0.085		2.1	0.053		2.2	0.055				
4/09/2022	14.3	72	3.6	0.090		3.9	0.098		3.4	0.085				
4/09/2022	14.3	96	4.15	0.104		4.3	0.108		4.58	0.115				
			4.57	total	2.27	4.57	total	2.35	4.57	total	2.51			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-14				MOLDE Nº A-8				MOLDE Nº A-5			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	000"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	12	32			9	24			3	10		
1.270	0.050	1'00"	36	90			24	61			12	32		
1.910	0.075	1'30"	68	119			32	80			16	41		
2.540	0.100	2'00"	68	168	149.6	15.0	46	112	110.9	11.1	21	54	57.9	5.8
3.810	0.150	3'00"	97	239			63	156			32	80		
5.080	0.200	4'00"	115	283	286.2	19.1	78	199	196.2	19.1	45	112	110.2	7.3
6.350	0.250	5'00"	136	365			96	237			58	144		
7.620	0.300	6'00"	175	429			108	258			60	149		
10.100	0.400	8'00"	180	440			115	293			65	161		
12.700	0.500	10'00"	195	490			124	305			68	168		

Henry Rivasneira Obllutas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

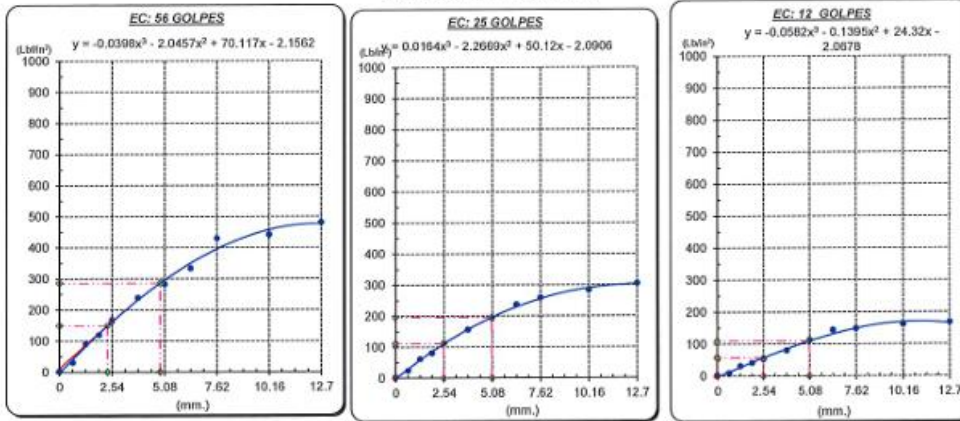
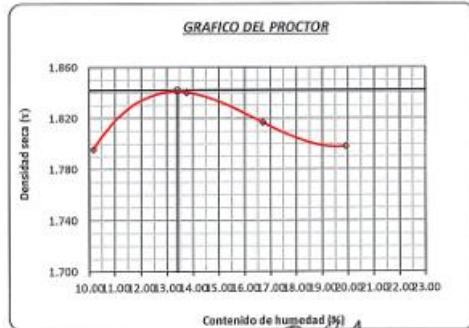


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR		VALOR DEL C.B.R.	
DENSIDAD SECA AL 100%	1.942 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.750 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	15 % 19 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.40 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	11 % 13 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Lambayeque

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Teñis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
Nº Molde		A-1				A-2				A-3					
Nº Capa		5				5				5					
Nº Golpes por capa		56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA															
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		12880		12962		12710		12890		12428					
Peso de molde (g)		8295		8295		8395		8395		8453					
Peso del suelo húmedo (g)		4585		4667		4315		4495		3975					
Volúmen del molde (cc)		2120		2120		2112		2112		2113					
Densidad húmeda (g/cc)		2.163		2.201		2.043		2.128		1.881					
% de humedad		15.92		17.74		16.10		20.34		17.66					
Densidad seca (g/cc)		1.866		1.870		1.760		1.769		1.599					
HUMEDAD															
Tarro Nº		-		-		-		-		-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		215.6	215.6	4667	4667	253.5	253.5	4495	4495	236.5	236.5				
Tarro + Suelo seco (gr.)		196.5	196.5	4585	4585	229.0	229.0	4315	4315	212.0	212.0				
Peso del Agua (gr.)		19.1	19.1	82.0	82.0	24.5	24.5	180.0	180.0	24.5	24.5				
Peso del tarro (gr.)		76.5	76.5	0	0	76.8	76.8	0	0	73.3	73.3				
Peso del suelo seco (gr.)		120.0	120.0	4501.0	4501.0	152.2	152.2	4240.4	4240.4	138.7	138.7				
% de humedad		15.92	15.92	17.74	17.74	16.10	16.10	20.34	20.34	17.66	17.66				
Promedio de Humedad (%)		15.92		17.74		16.10		20.34		17.66					
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN			
			Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		
1/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2/09/2022	14.3	24	1.5	0.038		0.9	0.023		1.2	0.030					
3/09/2022	14.3	48	2.1	0.053		2.8	0.070		2.9	0.073					
4/09/2022	14.3	72	3.5	0.088		3.5	0.088		3.2	0.080					
4/09/2022	14.3	96	3.95	0.099		4.2	0.105		4.58	0.115					
			4.57	total	2.16	4.57	total	2.30	4.57	total	2.51				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	16	41			10	27			4	12			
1.270	0.050	1'00"	29	73			16	41			10	27			
1.910	0.075	1'30"	46	115			28	71			15	39			
2.540	0.100	2'00"	79	195	122.7	12.3	45	112	103.1	10.3	20	51	46.3	4.6	
3.810	0.150	3'00"	86	212			59	139			22	56			
5.080	0.200	4'00"	98	241	234.1	16.8	76	188	11.7	11.7	29	73	72.7	4.8	
6.350	0.250	5'00"	115	289			82	202			33	83			
7.620	0.300	6'00"	126	319			86	219			36	88			
10.160	0.400	8'00"	134	359			95	234			42	105			
12.700	0.500	10'00"	145	383			98	240			50	124			

Henry Ribadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 Lambayeque

TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

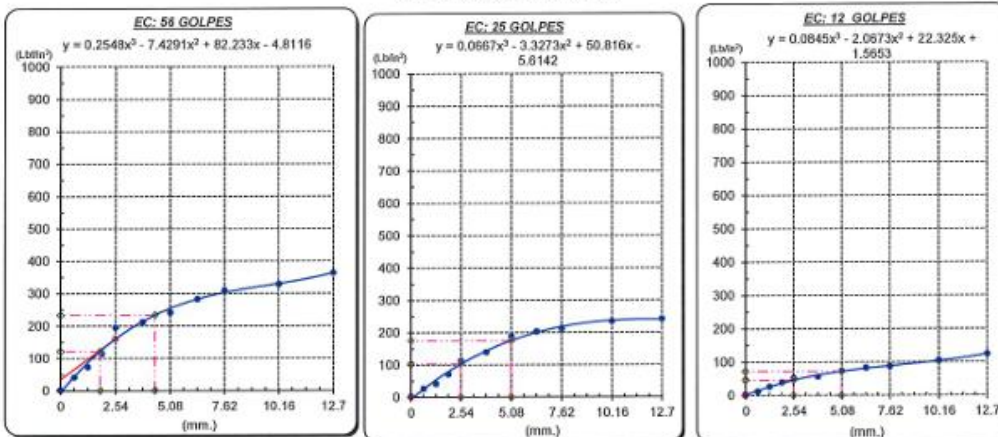


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.842 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.750 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.40 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	11.8 %	14.7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	10.0 %	11.3 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

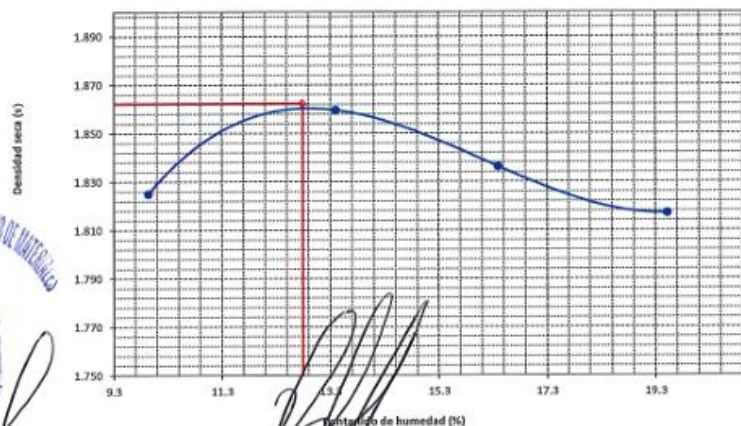
CAUCATA: C-1
 MUESTRA: M-1 + 15% Diatomita
 PROFUNDIDAD: 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	5736.67	5834.00	5861.33	5894.00
Peso del molde	3826	3826	3826	3826
Peso del suelo húmedo compactado	1910.67	2008.00	2035.33	2068.00
Volumen del molde	952.257	952.257	952.257	952.257
Peso del volumen húmedo	2.006	2.109	2.137	2.172

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	267.67	241.92	248.70	242.87
Peso del suelo seco + tara	249.00	220.93	222.17	213.83
Peso de tara	61.20	64.26	60.36	65.09
Peso de agua	18.67	20.99	26.53	29.03
Peso de suelo seco	187.80	156.67	161.80	148.74
Contenido de agua	9.9	13.4	16.4	19.5
Peso volumétrico seco	1.825	1.860	1.836	1.817

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.862	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.78	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivasdoneyra Oblitas
 Henry Rivasdoneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	A-17				A-8				A-14								
Nº Capa	5				5				5								
Nº Golpes por capa	56				25				12								
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo	12298	13202	12280	12590	12298	12608	8690	8090	3608	3918							
Peso de molde (g)	8520	8520	7903	7903	8690	8090	3608	3918	3608	3918							
Peso del suelo húmedo (g)	3778	4682	4377	4687	3608	3918	3608	3918	3608	3918							
Volumen del molde (cc)	1785	1785	2112	2112	2112	2112	2112	2112	2112	2112							
Densidad húmeda (g/cc)	2.117	2.623	2.072	2.219	1.708	1.855	1.708	1.855	1.708	1.855							
% de humedad	13.71	38.09	16.55	23.76	14.53	23.25	14.53	23.25	14.53	23.25							
Densidad seca (g/cc)	1.861	1.899	1.778	1.793	1.492	1.505	1.492	1.505	1.492	1.505							
HUMEDAD																	
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	343.8	343.8	4682	4682	489.5	489.5	4687	4687	302.0	302.0	3918.0	3918.0					
Tarro + Suelo seco (gr.)	308.8	308.8	3778	3778	428.0	428.0	4377	4377	270.0	270.0	3608.0	3608.0					
Peso del Agua (gr.)	35.0	35.0	904.0	904.0	61.5	61.5	310.0	310.0	32.0	32.0	310.0	310.0					
Peso del tarro (gr.)	53.63	53.63	0	0	56.5	56.5	0	0	49.82	49.82	0	0					
Peso del suelo seco (gr.)	255.2	255.2	3709.0	3709.0	371.5	371.5	4300.5	4300.5	220.2	220.2	3555.0	3555.0					
% de humedad	13.71	13.71	38.09	38.09	16.55	16.55	23.76	23.76	14.53	14.53	23.25	23.25					
Promedio de Humedad (%)	13.71		38.09		16.55		23.76		14.53		23.25						
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1/06/2023	14.3	24	0.2	0.005	0.6	0.015	0.35	0.009	0.009	0.009	0.009						
2/06/2023	14.3	48	2.1	0.053	2.8	0.070	2.6	0.085	0.085	0.085	0.085						
3/06/2023	14.3	72	3.6	0.090	3.1	0.078	3.6	0.090	0.090	0.090	0.090						
4/06/2023	14.3	96	3.65	0.091	4.2	0.105	4.4	0.110	0.110	0.110	0.110						
			4.57	total	2.00	4.57	total	2.30	4.57	total	2.41						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-17				MOLDE Nº A-8				MOLDE Nº A-14						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%			
mm.	pulg.	Lbf/in2															
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2					
0.640	0.025	0'30"	8	22			7	19			8	22					
1.270	0.050	1'00"	13	34			12	32			11	29					
1.910	0.075	1'30"	16	41			15	39			14	36					
2.540	0.100	2'00"	18	46	52.8	5.3	17	44	45.8	4.6	16	41	40.1	4.0			
3.810	0.150	3'00"	23	58			20	51			19	49					
5.080	0.200	4'00"	29	73	108.5	7.2	25	63	98.5	5.8	21	54	57.9	3.9			
6.350	0.250	5'00"	36	90			30	75			26	63					
7.620	0.300	6'00"	43	107			36	90			32	71					
10.160	0.400	8'00"	62	154			49	130			45	107					
12.700	0.500	10'00"	85	210			67	141			61	112					

Henry Roldeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

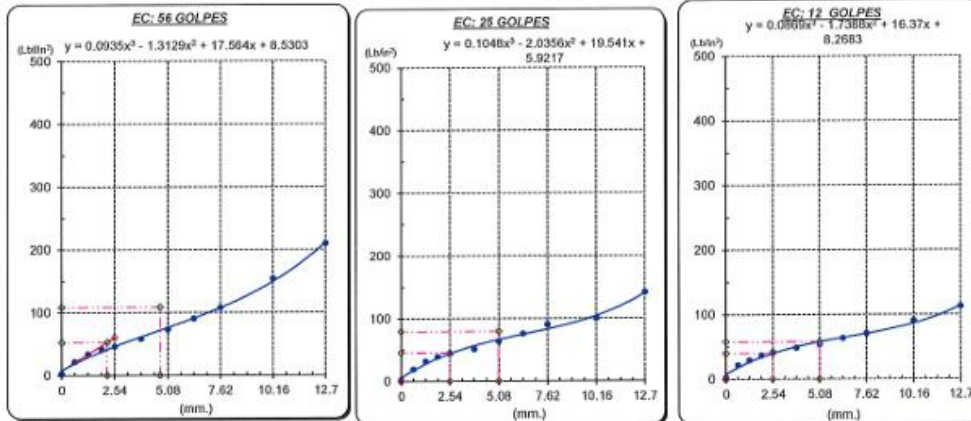


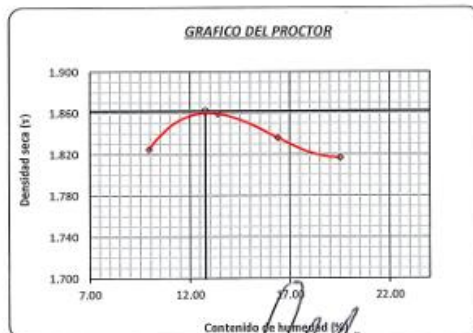
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.862 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.769 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.78 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	5 %



Henry Rivasmeyra Oblitas
 Tsc. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo





Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-01
MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-16				A-2				A-5					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA														
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13228		14110		12669		12790		12278		12760			
Peso de molde (g)	8621		8621		8395		8395		8453		8453			
Peso del suelo húmedo (g)	4607		5489		4274		4395		3825		4307			
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2112		2112		2113		2113			
Densidad húmeda (g/cc)	2.173		2.589		2.024		2.081		1.810		2.038			
% de humedad	14.16		33.67		15.40		18.28		15.95		28.74			
Densidad seca (g/cc)	1.904		1.937		1.754		1.759		1.561		1.583			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	189.5	189.5	5489	5489	240.0	240.0	4395	4395	210.0	210.0	4307.0	4307.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	173.0	173.0	4607	4607	214.0	214.0	4274	4274	186.0	186.0	3825.0	3825.0		
Peso del Agua (gr.)	16.5	16.5	882.0	882.0	26.0	26.0	121.0	121.0	24.0	24.0	482.0	482.0		
Peso del tarro (gr.)	56.5	56.5	0	0	45.2	45.2	0	0	35.5	35.5	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	116.5	116.5	4520.9	4520.9	168.8	168.8	4200.3	4200.3	150.5	150.5	3766.2	3766.2		
% de humedad	14.16	14.16	33.67	33.67	15.40	15.40	18.28	18.28	15.95	15.95	28.74	28.74		
Promedio de Humedad (%)	14.16		33.67		15.40		18.28		15.95		28.74			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
9/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10/05/2023	14.3	24	1.5	0.038		1.2	0.030		0.9	0.023				
11/05/2023	14.3	48	2.6	0.065		2.5	0.063		2.4	0.060				
12/05/2023	14.3	72	2.9	0.073		3.4	0.085		3.5	0.088				
13/05/2023	14.3	96	3.9	0.098		4.2	0.105		4.8	0.120				
			4.57		total	2.13		total	2.30		4.57	total	2.63	
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND. Lbf/in2	MOLDE Nº A-16				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-5			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.													
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2		0	2			
0.640	0.025	0'30"	8	22			8	22		8	22			
1.270	0.050	1'00"	16	39			13	34		12	32			
1.910	0.075	1'30"	20	51			18	46		16	41			
2.540	0.100	2'00"	23	58	65.7	6.6	20	51	53.2	5.3	19	49	49.3	4.9
3.810	0.150	3'00"	27	68			26	66		25	63			
5.080	0.200	4'00"	32	80	133.1	8.9	30	76	88.6	5.9	29	73	74.4	5.0
6.350	0.250	5'00"	35	90			31	78		32	80			
7.620	0.300	6'00"	39	99			35	88		37	93			
10.160	0.400	8'00"	49	115			44	110		42	105			
12.700	0.500	10'00"	53	132			52	125		51	127			

Henry Rivaldenera Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subraanitos de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

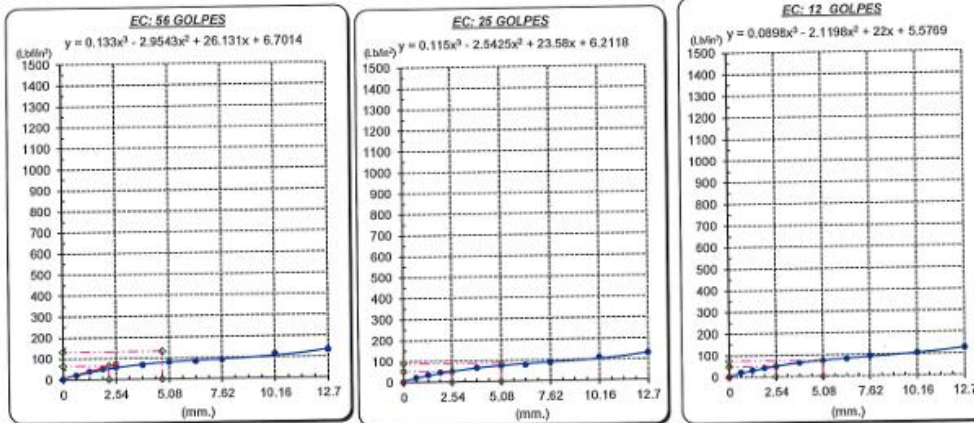


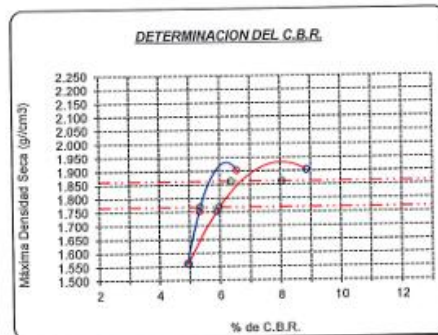
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.892 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.789 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.78 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %



Henry Rivas Obilias
 Henry Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/piel³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

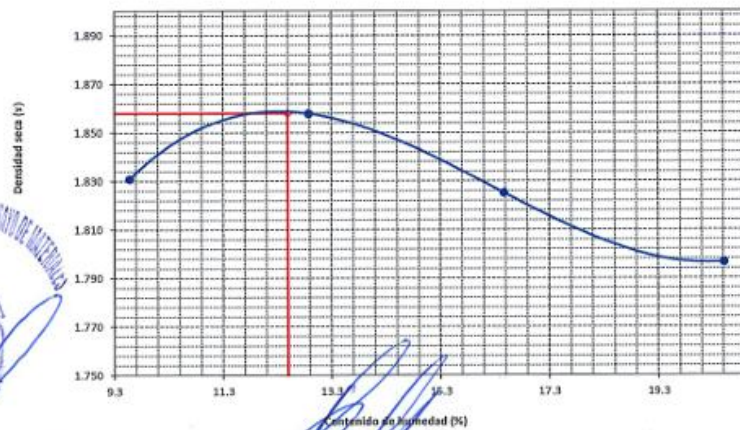
CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita
PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	5736.67	5823.00	5850.33	5887.67
Peso del molde	3826	3826	3826	3826
Peso del suelo húmedo compactado	1910.67	1997.00	2024.33	2061.67
Volumen del molde	952.257	952.257	952.257	952.257
Peso del volumen húmedo	2.006	2.097	2.126	2.165

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	228.13	240.43	246.10	249.57
Peso del suelo seco + tara	213.53	220.33	219.83	218.17
Peso de tara	61.20	64.26	60.36	65.09
Peso de agua	14.60	20.10	26.27	31.40
Peso de suelo seco	152.34	156.07	159.47	153.08
Contenido de agua	9.6	12.9	16.5	20.5
Peso volumétrico seco	1.831	1.858	1.825	1.797

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.858	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.50	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-01
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-9				A-8				A-7				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA														
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12338	12656	13090	13190	12624	12916							
Peso de molde (g)		8798	8708	8804	8804	8738	8738							
Peso del suelo húmedo (g)		3630	3948	4286	4386	3886	4178							
Volumen del molde (cc)		1685	1685	2112	2112	2112	2112							
Densidad húmeda (g/cc)		2.154	2.343	2.029	2.077	1.840	1.978							
% de humedad		15.52	24.45	15.39	17.77	15.23	22.87							
Densidad seca (g/cc)		1.865	1.883	1.759	1.783	1.597	1.610							
HUMEDAD														
Tarro Nº														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		362.5	362.5	3948	3948	425.6	425.6	4386	4386	330.0	330.0	4178.0	4178.0	
Tarro + Suelo seco (gr.)		319.4	319.4	3630	3630	375.0	375.0	4286	4286	293.4	293.4	3886.0	3886.0	
Peso del Agua (gr.)		43.1	43.1	318.0	318.0	50.6	50.6	100.0	100.0	36.5	36.5	292.0	292.0	
Peso del tarro (gr.)		41.44	41.44	0	0	46.3	46.3	0	0	53.55	53.55	0	0	
Peso del suelo seco (gr.)		277.9	277.9	3593.5	3593.5	328.7	328.7	4211.9	4211.9	239.9	239.9	3824.9	3824.9	
% de humedad		15.52	15.52	24.45	24.45	15.39	15.39	17.77	17.77	15.23	15.23	22.87	22.87	
Promedio de Humedad (%)		15.52	24.45	24.45	24.45	15.39	15.39	17.77	17.77	15.23	15.23	22.87	22.87	
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.35	0.009		0.25	0.006		0.2	0.005				
2/06/2023	14.3	48	2.6	0.095		2.6	0.085		2.8	0.070				
3/06/2023	14.3	72	3.8	0.095		3.8	0.095		3.6	0.080				
4/06/2023	14.3	96	4.4	0.110		4.6	0.115		4.98	0.125				
			4.57	total	2.41	4.57	total	2.52	4.57	total	2.73			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-9				MOLDE Nº A-8				MOLDE Nº A-7			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	8	22			9	24			9	24		
1.270	0.050	1'00"	11	29			10	27			10	27		
1.910	0.075	1'30"	14	36			14	36			12	32		
2.540	0.100	2'00"	17	44	40.4	4.0	15	39	38.5	3.8	13	34	33.7	3.4
3.810	0.150	3'00"	23	58			19	49			16	41		
5.080	0.200	4'00"	30	76	82.0	5.5	24	61	61.2	4.1	18	46	49.6	3.3
6.350	0.250	5'00"	37	93			26	66			21	54		
7.620	0.300	6'00"	44	110			32	80			24	61		
10.160	0.400	8'00"	59	149			45	112			34	85		
12.700	0.500	10'00"	79	193			62	129			39	97		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

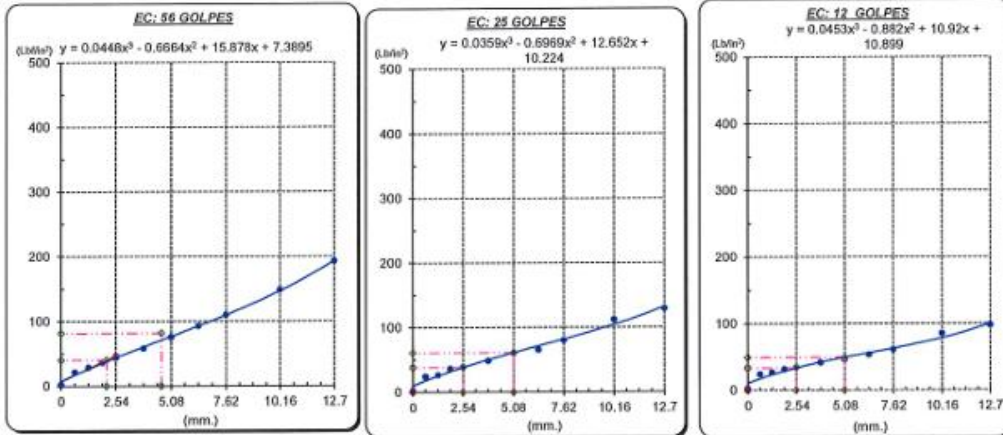


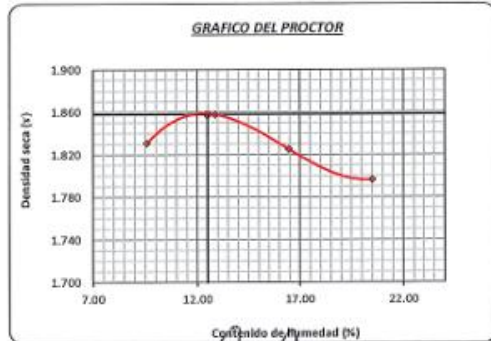
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.858 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.765 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	12.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	4 %



Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

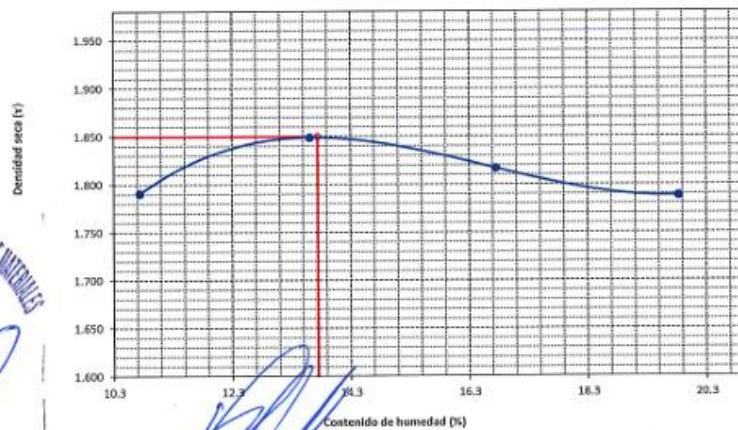
CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5763.33	5875.33	5895.00	5915.67
Peso del molde	g.	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1889.33	2001.33	2021.00	2041.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.983	2.101	2.121	2.143

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	142.23	135.37	138.97	181.10
Peso del suelo seco + tara	g.	132.37	123.53	124.73	157.73
Peso de tara	g.	40.57	36.67	39.80	39.97
Peso de agua	g.	9.87	11.83	14.23	23.37
Peso de suelo seco	g.	91.80	86.87	84.93	117.77
Contenido de agua	%	10.7	13.6	16.8	19.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.791	1.849	1.817	1.788

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.850	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.75	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
 Rivadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santa Toribio de Mogrovejo

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-13				A-3				A-16						
Nº Capa		5				5				5						
Nº Golpes por capa		56				25				12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12592	12894	12690	12980	9136	9980									
Peso de molde (g)		8700	8700	8453	8453	6430	6430									
Peso del suelo húmedo (g)		3892	4194	4237	4527	2706	3550									
Volumen del molde (cc)		1840	1840	2112	2112	1780	1780									
Densidad húmeda (g/cc)		2.115	2.279	2.006	2.143	1.520	1.994									
% de humedad		14.24	22.15	15.45	22.41	14.62	46.22									
Densidad seca (g/cc)		1.851	1.866	1.738	1.751	1.326	1.364									
HUMEDAD																
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		326.5	326.5	4194	4194	265.5	265.5	4527	4527	315.5	315.5	3550.0	3550.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)		292.0	292.0	3892	3892	236.0	236.0	4237	4237	285.0	285.0	2706.0	2706.0			
Peso del Agua (gr.)		34.5	34.5	302.0	302.0	29.5	29.5	290.0	290.0	30.5	30.5	844.0	844.0			
Peso del tarro (gr.)		49.8	49.8	0	0	45	45	0	0	76.37	76.37	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)		242.2	242.2	3821.3	3821.3	191.0	191.0	4164.6	4164.6	208.6	208.6	2670.6	2670.6			
% de humedad		14.24	14.24	22.15	22.15	15.45	15.45	22.41	22.41	14.62	14.62	46.22	46.22			
Promedio de Humedad (%)		14.24	14.24	22.15	22.15	15.45	15.45	22.41	22.41	14.62	14.62	46.22	46.22			
EXPANSIÓN																
FECHA		HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		
31/05/2023		14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1/06/2023		14.3	24	1	0.025	0	0	0.9	0.023	1	0.025	0	0	0	0	
2/06/2023		14.3	48	2.5	0.085	1.5	0.038	1.9	0.048	2.4	0.060	3.95	0.099	4.57	2.16	
3/06/2023		14.3	72	3.1	0.078	2.6	0.065	3.75	0.094	4.57	2.16	4.57	2.16	4.57	2.16	
4/06/2023		14.3	96	3.62	0.086	3.75	0.094	4.57	2.16	4.57	2.16	4.57	2.16	4.57	2.16	
				4.57	total	1.93		4.57	total	2.05		4.57	total	2.16		
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN		TIEMPO		CARGA STAND. Lbf/in2	MOLDE Nº A-13				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-16			
					CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"		18	9			10	6			7	5			
1.270	0.050	1'00"		66	35			45	19			15	8			
1.910	0.075	1'30"		104	41			78	32			23	11			
2.540	0.100	2'00"	1000	163	84	52.4	5.2	96	38	35.2	3.5	31	14	13.5	1.4	
3.810	0.150	3'00"		186	73			115	46			42	18			
5.080	0.200	4'00"	1500	215	84	109.3	7.3	136	54	58.5	3.9	50	21	22.2	1.5	
6.350	0.250	5'00"		345	136			175	68			65	27			
7.620	0.300	6'00"		450	178			198	77			73	30			
10.160	0.400	8'00"		499	199			204	78			82	33			
12.700	0.500	10'00"		510	231			215	94			96	39			

Henry Buedeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

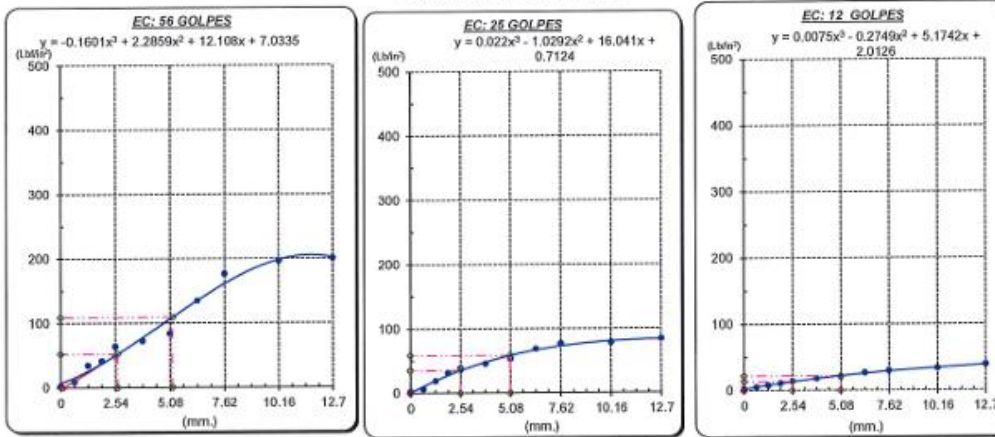


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1,850 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1,758 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.75 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	4 %



Henry Riqueneza Obilitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

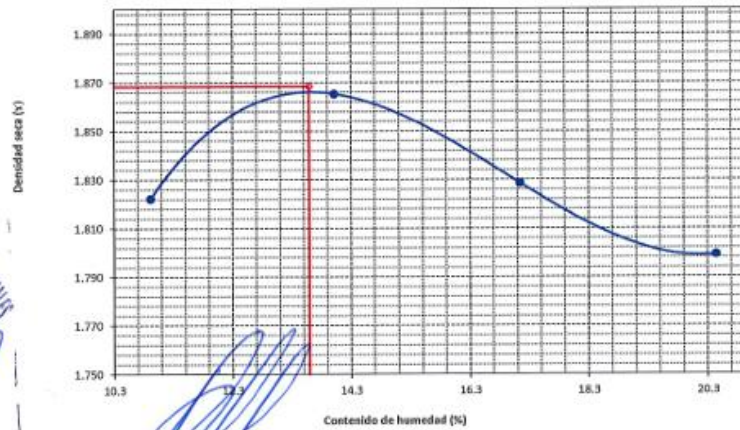
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5799.67	5900.33	5915.00	5938.67
Peso del molde	g.	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1925.67	2026.33	2041.00	2064.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.021	2.127	2.142	2.167

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	178.13	186.27	184.43	198.53
Peso del suelo seco + tara	g.	164.50	168.47	163.10	171.73
Peso de tara	g.	39.60	41.53	38.72	40.67
Peso de agua	g.	13.63	17.80	21.33	26.80
Peso de suelo seco	g.	124.90	126.93	124.38	131.07
Contenido de agua	%	10.9	14.0	17.2	20.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.822	1.865	1.829	1.799

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.868	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Ramosnegra Obilias
 Tec. Laboratorio USAI
 USAT Universidad Católica Santa Toribio de Mogrovejo

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CAUCATA : C-02
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-1			A-2			A-3								
Nº Capa	5			5			5								
Nº Golpes por capa	56			25			12								
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	12810		13080		12590		12880		12440		12590				
Peso de molde (g)	8295		8295		8395		8395		8413		8413				
Peso del suelo húmedo (g)	4515		4785		4195		4485		4027		4277				
Volumen del molde (cc)	2114		2114		2128		2128		2129		2129				
Densidad húmeda (g/cc)	2.136		2.263		1.971		2.108		1.891		2.009				
% de humedad	15.25		21.34		15.48		22.51		15.78		22.08				
Densidad seca (g/cc)	1.853		1.865		1.707		1.720		1.634		1.646				
HUMEDAD															
Tarro Nº															
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	326.6	326.6	4785	4785	356.5	356.5	4485	4485	326.5	326.5	4277.0	4277.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	290.0	290.0	4515	4515	319.0	319.0	4195	4195	292.0	292.0	4027.0	4027.0			
Peso del Agua (gr.)	35.6	35.6	270.0	270.0	37.5	37.5	290.0	290.0	34.5	34.5	250.0	250.0			
Peso del tarro (gr.)	56.5	56.5	0	0	76.8	76.8	0	0	73.3	73.3	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	233.5	233.5	4432.8	4432.8	242.2	242.2	4124.6	4124.6	218.7	218.7	3962.3	3962.3			
% de humedad	15.25	15.25	21.34	21.34	15.48	15.48	22.51	22.51	15.78	15.78	22.08	22.08			
Promedio de Humedad (%)	15.25		21.34		15.48		22.51		15.78		22.08				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%				
1/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
2/09/2022	14.3	24	0.56	0.014		1.5	0.038		1.2	0.030					
3/09/2022	14.3	48	1.5	0.038		2.6	0.065		3	0.075					
4/09/2022	14.3	72	2.8	0.070		3.8	0.095		3.2	0.080					
4/09/2022	14.3	96	4.01	0.100		4.32	0.108		4.55	0.114					
			4.57	total	2.20	4.57	total	2.36	4.57	total	2.49				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	STAND.	CARGA Lbf/in2	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.840	0.025	0'30"	8	22			4	12			3	10			
1.270	0.050	1'00"	12	32			9	24			7	19			
1.910	0.075	1'30"	19	49			14	36			10	27			
2.540	0.100	2'00"	24	61	53.4	5.3	19	49	42.9	4.3	14	36	34.7	3.5	
3.810	0.150	3'00"	26	66			22	56			18	46			
5.080	0.200	4'00"	31	78	104.1	8.9	26	66	70.6	4.7	22	56	55.7	3.7	
6.350	0.250	5'00"	40	100			32	80			24	61			
7.620	0.300	6'00"	42	105			36	90			26	71			
10.160	0.400	8'00"	48	118			41	102			30	76			
12.700	0.500	10'00"	50	125			43	107			34	85			

Henry Roldaneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica del Perú
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Teste : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

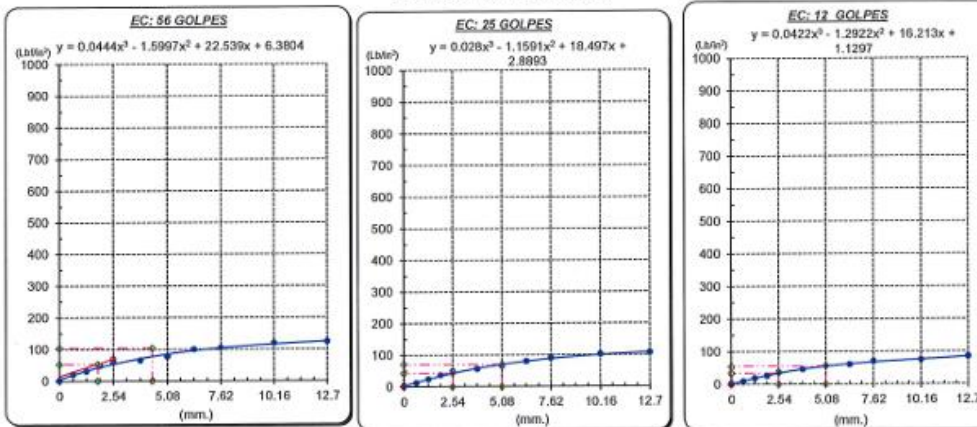


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.865 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.772 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %



Henry Obilias
 Henry Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 Chiclayo, Lambayeque
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, de 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

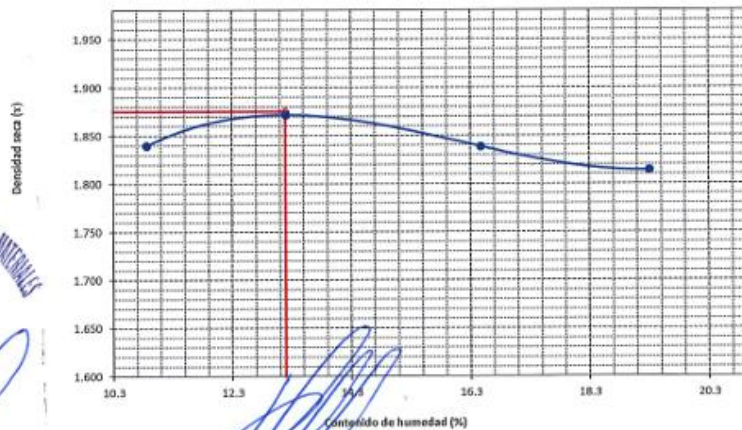
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5817.33	5892.67	5914.33	5936.00
Peso del molde	g	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g	1943.33	2018.67	2040.33	2062.00
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.040	2.119	2.141	2.164

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	163.10	169.23	181.03	163.57
Peso del suelo seco + tara	g	150.53	153.73	161.03	143.17
Peso de tara	g	34.93	36.37	39.70	37.53
Peso de agua	g	12.57	15.50	20.00	20.40
Peso de suelo seco	g	115.60	117.37	121.33	105.63
Contenido de agua	%	10.9	13.2	16.5	19.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.840	1.872	1.838	1.814

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.875	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSÉ ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-02
MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	A-14				A-6				A-6								
Nº Capa	5				5				5								
Nº Golpes por capa	56				25				12								
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	10794	11146	11980	12310	9920	10204											
Peso de molde (g)	6432	6432	7840	7840	6324	6324											
Peso del suelo húmedo (g)	4362	4714	4140	4470	3596	3880											
Volamen del molde (cc)	2012	2012	2075	2075	2095	2035											
Densidad húmeda (g/cc)	2.188	2.343	1.986	2.154	1.767	1.907											
% de humedad	14.83	22.85	14.94	23.05	15.47	23.49											
Densidad seca (g/cc)	1.891	1.907	1.738	1.751	1.530	1.544											
HUMEDAD																	
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	269.5	269.5	4714	4714	365.5	365.5	4470	4470	324.6	324.6	3880.0	3880.0					
Tarro + Suelo seco (gr.)	243.5	243.5	4362	4362	324.0	324.0	4140	4140	290.0	290.0	3596.0	3596.0					
Peso del Agua (gr.)	26.0	26.0	352.0	352.0	41.5	41.5	330.0	330.0	34.6	34.6	284.0	284.0					
Peso del tarro (gr.)	65.8	65.8	0	0	46.3	46.3	0	0	65.33	65.33	0	0					
Peso del suelo seco (gr.)	177.7	177.7	4281.0	4281.0	277.7	277.7	4069.4	4069.4	223.7	223.7	3541.8	3541.8					
% de humedad	14.63	14.63	22.85	22.85	14.94	14.94	23.05	23.05	15.47	15.47	23.49	23.49					
Promedio de Humedad (%)	14.83		22.85		14.94		23.05		15.47		23.49						
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1/06/2023	14.3	24	0.2	0.005	0.35	0.009	0.32	0.008	0.32	0.008	0.008						
2/06/2023	14.3	48	1.5	0.038	1.8	0.045	2.1	0.053	2.1	0.053	0.053						
3/06/2023	14.3	72	2.1	0.053	2.6	0.065	2.9	0.073	2.9	0.073	0.073						
4/06/2023	14.3	96	2.7	0.068	3.1	0.078	3.6	0.090	3.6	0.090	0.090						
			4.57	total	1.48	total	4.57	total	1.70	total	1.97						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-14				MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-6						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%			
mm.	pulg.	Lb/fin2															
0.800	0.000	0'00"	0	2			0	2				0	2				
0.640	0.025	0'30"	9	24			6	17				2	7				
1.270	0.050	1'00"	17	44			12	32				6	17				
1.910	0.075	1'30"	21	54			16	41				8	22				
2.540	0.100	2'00"	24	61	58.8	5.9	21	54	50.9	5.4	10	27	26.9	2.7			
3.810	0.150	3'00"	31	78			24	61				14	36				
5.080	0.200	4'00"	35	89	117.2	7.8	28	73	88.0	5.8	18	46	45.8	3.1			
6.350	0.250	5'00"	40	100			34	78				21	54				
7.620	0.300	6'00"	46	114			35	86				23	58				
10.160	0.400	8'00"	52	129			40	100				28	71				
12.700	0.500	10'00"	60	149			45	112				30	75				

Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

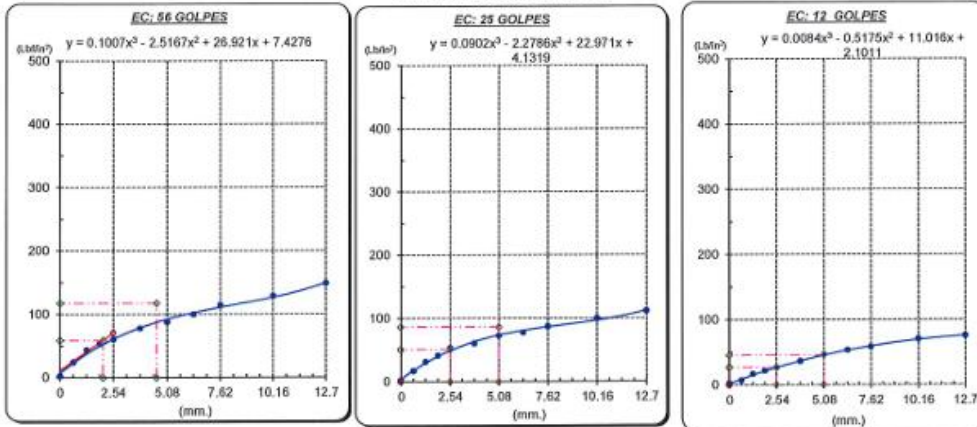


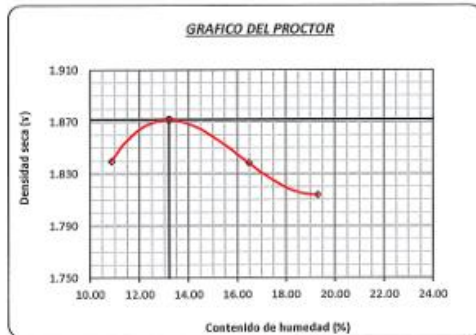
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.872 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.778 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.20 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	6 %



Henry Roldeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Teis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
		A-14				A-5				A-6							
Nº Molde		5				5				5							
Nº Capa		56				25				12							
Nº Golpes por capa		Sin Saturado				Saturado				Sin Saturado				Saturado			
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado				Saturado				Sin Saturado				Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		10754				11092				12100				12460			
Peso de molde (g)		6432				6432				7840				7840			
Peso del suelo húmedo (g)		4322				4660				4260				4620			
Volumen del molde (cc)		2012				2012				2075				2075			
Densidad húmeda (g/cc)		2.149				2.316				2.053				2.227			
% de humedad		13.67				21.63				13.66				22.27			
Densidad seca (g/cc)		1.890				1.904				1.806				1.821			
HUMEDAD																	
Tarro Nº		-				-				-				-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		136.5				136.5				4660				4660			
Tarro + Suelo seco (gr.)		128.0				128.0				4322				4322			
Peso del Agua (gr.)		8.5				8.5				338.0				338.0			
Peso del tarro (gr.)		65.8				65.8				0				0			
Peso del suelo seco (gr.)		62.2				62.2				4241.8				4241.8			
% de humedad		13.67				13.67				21.63				21.63			
Promedio de Humedad (%)		13.67				21.63				13.66				22.27			
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1/06/2023	14.3	24	0.1	0.003		0.2	0.005		0.12	0.003							
2/06/2023	14.3	48	1.9	0.048		2.2	0.055		2.4	0.060							
3/06/2023	14.3	72	2.8	0.070		2.6	0.065		2.9	0.073							
4/06/2023	14.3	96	3.2	0.080		3.7	0.093		4.8	0.120							
			4.57	total	1.75	4.57	total	2.03	4.57	total	2.63						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-14				MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-6					
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
mm.	pulg.		Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%			
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2					
0.640	0.025	0'30"	6	17			3	10			3	10					
1.270	0.050	1'00"	17	44			9	24			6	17					
1.910	0.075	1'30"	20	51			15	39			9	24					
2.540	0.100	2'00"	23	58	50.9	5.1	18	46	44.1	4.4	12	32	28.3	2.8			
3.810	0.150	3'00"	31	78			23	58			17	29					
5.080	0.200	4'00"	38	95	99.1	6.6	26	66	60.1	5.6	19	49	45.5	3.0			
6.350	0.250	5'00"	42	105			30	75			21	54					
7.620	0.300	6'00"	50	124			34	86			22	56					
10.160	0.400	8'00"	63				36	90			23	58					
12.700	0.500	10'00"	65				40	100			24	61					

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 LABORATORIO DE SUELOS



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

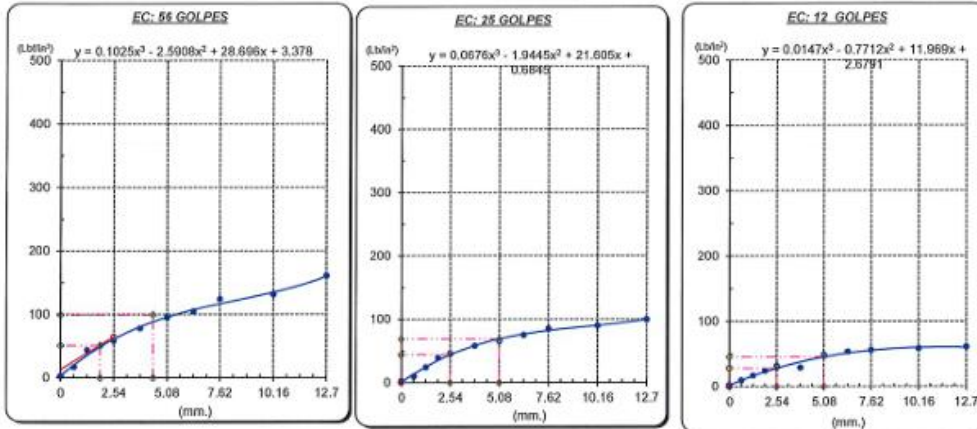


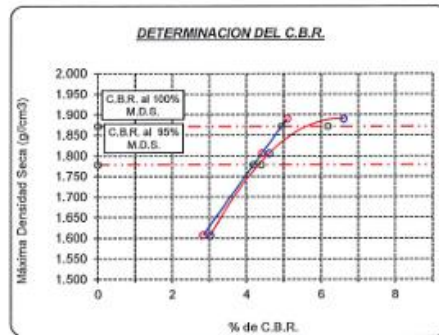
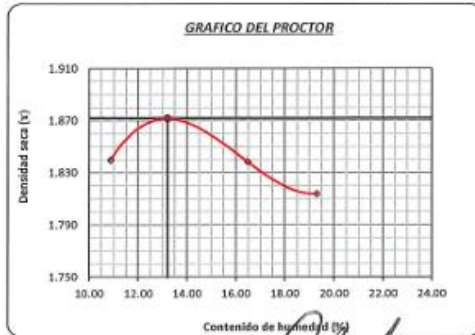
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.872 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.778 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.20 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	5 %	6 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	4 %



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

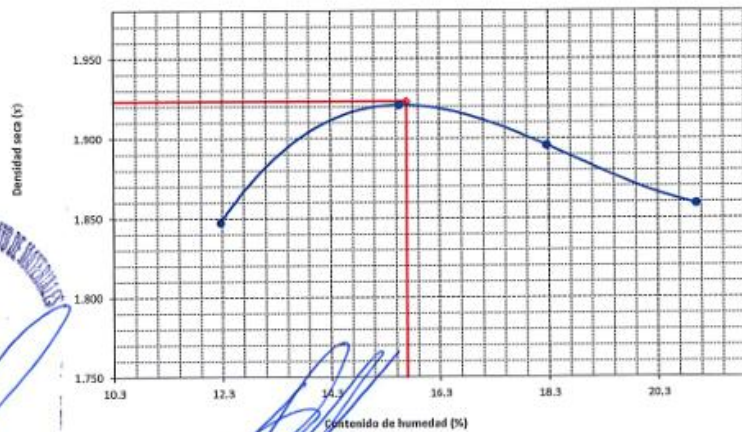
CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5850.00	5989.00	6010.00	6017.33
Peso del molde	g	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g	1976.00	2115.00	2136.00	2143.33
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.074	2.220	2.242	2.250

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	190.83	181.70	143.87	144.90
Peso del suelo seco + tara	g	173.83	161.87	127.80	126.50
Peso de tara	g	35.36	34.40	39.87	38.94
Peso de agua	g	17.00	19.83	16.07	18.40
Peso de suelo seco	g	138.47	127.47	87.93	87.56
Contenido de agua	%	12.3	15.6	18.3	21.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.847	1.921	1.896	1.859

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.923	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.70	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivaleneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CHLICATA : C-02 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita

COMPACTACIÓN															
		A-15				A-3				A-6					
Nº Molde		5				5				5					
Nº Capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		10288		10448		12890		13270		12070		12394			
Peso de molde (g)		6532		6532		8804		8804		8350		8350			
Peso del suelo húmedo (g)		3756		3916		4086		4466		3720		4044			
Volumen del molde (cc)		1636		1636		1920		1920		1920		1920			
Densidad húmeda (g/cc)		2.296		2.394		2.128		2.326		1.938		2.106			
% de humedad		17.88		22.23		15.39		24.86		14.67		23.53			
Densidad seca (g/cc)		1.948		1.958		1.844		1.863		1.690		1.705			
HUMEDAD															
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		441.9	441.9	3916	3916	312.5	312.5	4466	4466	402.7	402.7	4044.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)		383.4	383.4	3756	3756	277.0	277.0	4086	4086	358.1	358.1	3720.0			
Peso del Agua (gr.)		58.4	58.4	160.0	160.0	35.5	35.5	380.0	380.0	44.7	44.7	324.0			
Peso del tarro (gr.)		56.66	56.66	0	0	46.3	46.3	0	0	53.67	53.67	0			
Peso del suelo seco (gr.)		326.8	326.8	3684.2	3684.2	230.7	230.7	4012.0	4012.0	304.4	304.4	3658.2			
% de humedad		17.88	17.88	22.23	22.23	15.39	15.39	24.86	24.86	14.67	14.67	23.53			
Promedio de Humedad (%)		17.88		22.23		15.39		24.86		14.67		23.53			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
23/08/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24/08/2023	14.3	24	0.2	0.005		0.15	0.004		0.2	0.005					
25/08/2023	14.3	48	0.9	0.023		1.2	0.030		1.5	0.038					
26/08/2023	14.3	72	1.65	0.046		1.9	0.048		2.1	0.053					
27/08/2023	14.3	96	2.5	0.063		2.6	0.065		3.1	0.078					
			4.57	total	1.37	4.57	total	1.42	4.57	total	1.70				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-15				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-6			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Lb/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	2	7			2	7			3	10			
1.270	0.050	1'00"	10	27			8	22			6	15			
1.910	0.075	1'30"	15	39			12	32			10	27			
2.540	0.100	2'00"	18	46	42.7	4.3	15	39	39.5	3.9	13	34	35.3	3.5	
3.810	0.150	3'00"	26	66			22	56			20	51			
5.080	0.200	4'00"	32	86	82.4	5.5	30	76	74.6	5.0	26	71	67.5	4.5	
6.350	0.250	5'00"	40	100			35	88			32	80			
7.620	0.300	6'00"	45	112			40	107			39	97			
10.160	0.400	8'00"	59	146			48	146			43	107			
12.700	0.500	10'00"	74	183			52	139			48	110			

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesis : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

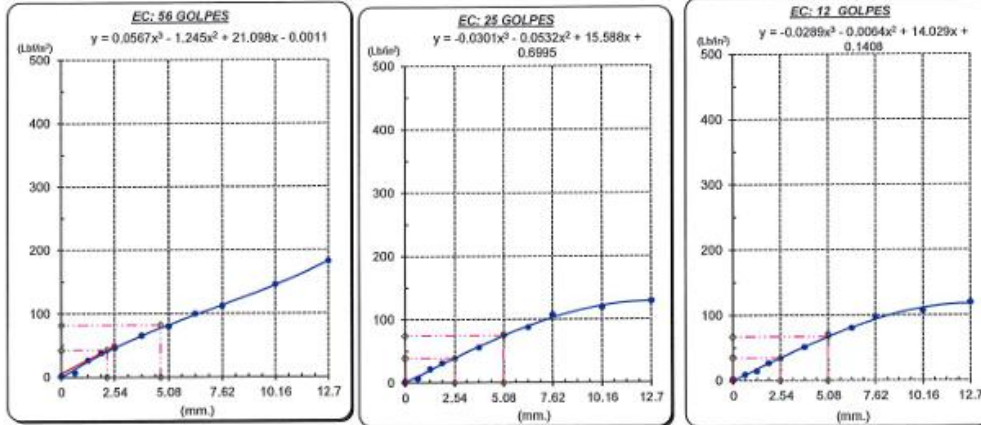


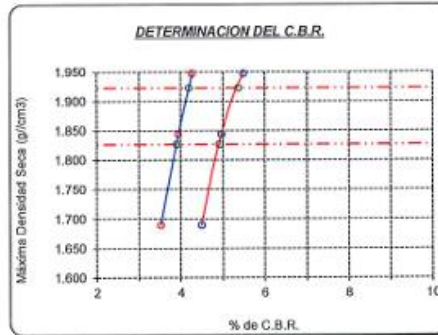
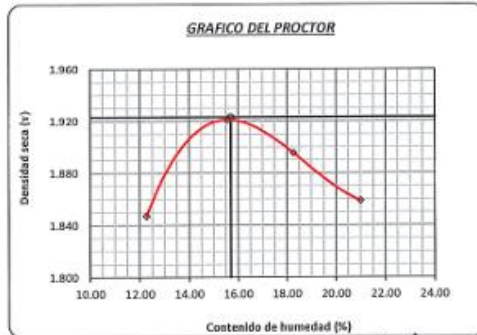
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.923 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.827 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.70 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	5 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde		A-15				A-3				A-6							
Nº Capa		5				5				5							
Nº Golpes por capa		56				25				12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA																	
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado							
Peso molde + Suelo húmedo		10892	11390	11390	13010	13569	13569	10187	10732	10732	10732						
Peso de molde (g)		6324	6324	6324	8804	8804	8804	6432	6432	6432	6432						
Peso del suelo húmedo (g)		4568	5066	5066	4206	4765	4765	3755	4300	4300	4300						
Volumen del molde (cc)		2096	2096	2096	2120	2120	2120	2120	2120	2120	2120						
Densidad húmeda (g/cc)		2.179	2.417	2.417	1.984	2.248	2.248	1.771	2.028	2.028	2.028						
% de humedad		13.33	24.44	24.44	13.78	27.30	27.30	14.03	28.77	28.77	28.77						
Densidad seca (g/cc)		1.923	1.942	1.942	1.744	1.766	1.766	1.553	1.575	1.575	1.575						
HUMEDAD																	
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		98.6	98.6	5066	5066	115.6	115.6	4765	4765	175.6	175.6						
Tarro + Suelo seco (gr.)		87.0	87.0	4568	4568	101.6	101.6	4206	4206	154.0	154.0						
Peso del Agua (gr.)		11.6	11.6	498.0	498.0	14.0	14.0	559.0	559.0	21.6	21.6						
Peso del tarro (gr.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Peso del suelo seco (gr.)		87.0	87.0	4481.8	4481.8	101.6	101.6	4133.9	4133.9	154.0	154.0						
% de humedad		13.33	13.33	24.44	24.44	13.78	13.78	27.30	27.30	14.03	14.03						
Promedio de Humedad (%)		13.33	13.33	24.44	24.44	13.78	13.78	27.30	27.30	14.03	14.03						
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%						
23/08/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
24/08/2023	14.3	24	0.2	0.005		0.15	0.004		0.2	0.005							
25/08/2023	14.3	48	1.9	0.048		2.1	0.053		2.65	0.066							
26/08/2023	14.3	72	2.4	0.060		2.9	0.073		3.1	0.078							
27/08/2023	14.3	96	3.7	0.093		3.6	0.090		4.5	0.113							
			4.57	total	2.03	4.57	total	1.97	4.57	total	2.46						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-15				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-6						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%			
mm.	pulg.	Lbf/in ²															
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2					0	2			
0.640	0.025	0'30"	6	17			3	10					2	7			
1.270	0.050	1'00"	12	32			10	27					6	17			
1.910	0.075	1'30"	21	54			18	46					10	27			
2.540	0.100	2'00"	26	66	58.4	5.8	22	56	51.7	5.2			14	36	33.7	3.4	
3.810	0.150	3'00"	34	85			26	66					19	46			
5.080	0.200	4'00"	42	105	113.2	7.5	31	78	85.3	8.6			22	56	57.5	3.6	
8.350	0.250	5'00"	66	139			34	85					26	66			
7.620	0.300	6'00"	63	152			41	102					30	76			
10.160	0.400	8'00"	69	171			42	105					32	80			
12.700	0.500	10'00"	79	197			48	119					34	85			

Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

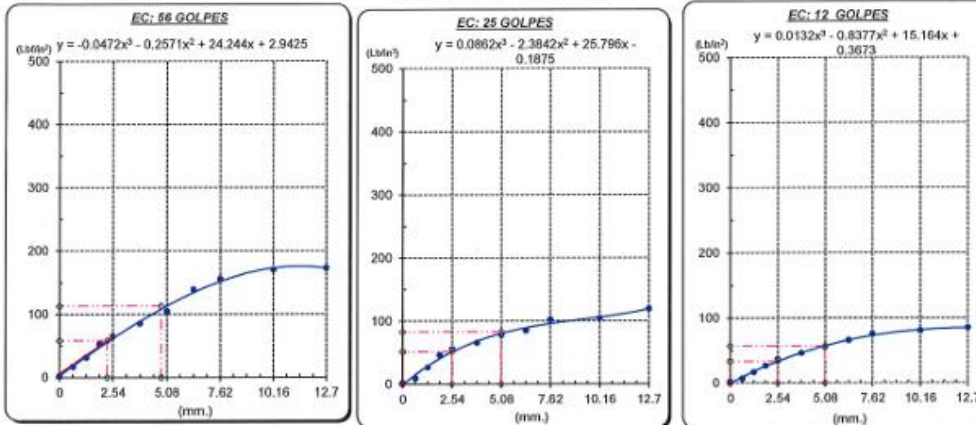


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.923 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.827 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.70 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	6 %



[Signature]
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
[Signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

CALICATA : C-3 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita

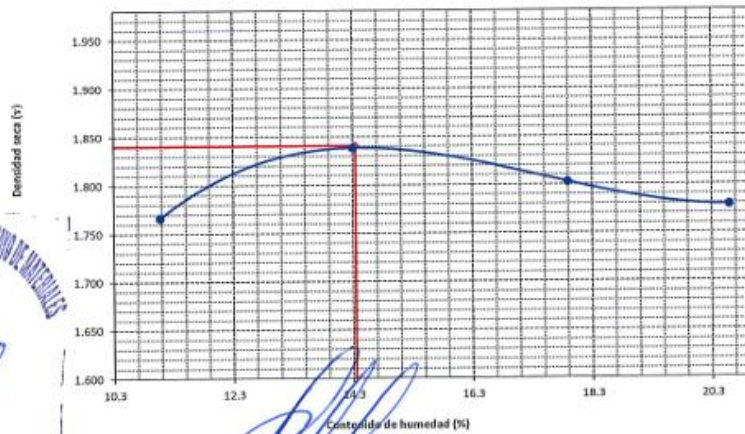
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5743.33	5876.00	5899.00	5917.67
Peso del molde	g	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g	1869.33	2002.00	2025.00	2043.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.962	2.101	2.125	2.145

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	166.20	142.57	158.43	167.97
Peso del suelo seco + tara	g	153.33	129.40	140.10	146.00
Peso de tara	g	37.18	37.37	37.67	39.37
Peso de agua	g	12.87	13.17	18.33	21.97
Peso de suelo seco	g	116.15	92.03	102.43	106.63
Contenido de agua	%	11.1	14.3	17.9	20.6
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.766	1.838	1.803	1.779

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.840	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.35	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-13				A-4				A-14						
Nº Capa		5				5				5						
Nº Golpes por capa		56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA																
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo		13122	13306	13190	13390	12666	12920	12666	12920	12666	12920					
Peso de molde (g)		8702	8702	8738	8738	8516	8516	8516	8516	8516	8516					
Peso del suelo húmedo (g)		4420	4604	4452	4652	4150	4404	4150	4404	4150	4404					
Volumen del molde (cc)		2025	2025	2122	2122	2112	2112	2112	2112	2112	2112					
Densidad húmeda (g/cc)		2.183	2.274	2.098	2.192	1.965	2.085	1.965	2.085	1.965	2.085					
% de humedad		18.59	22.83	18.47	23.04	17.94	24.17	17.94	24.17	17.94	24.17					
Densidad seca (g/cc)		1.841	1.851	1.771	1.782	1.666	1.679	1.666	1.679	1.666	1.679					
HUMEDAD																
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		438.7	438.7	4604	4604	245.8	245.6	4652	4652	430.2	430.2					
Tarro + Suelo seco (gr.)		376.7	376.7	4420	4420	213.0	213.0	4462	4462	372.9	372.9					
Peso del Agua (gr.)		63.1	63.1	184.0	184.0	32.6	32.6	200.0	200.0	57.3	57.3					
Peso del tarro (gr.)		36.52	36.52	0	0	36.5	36.5	0	0	53.76	53.76					
Peso del suelo seco (gr.)		339.1	339.1	4340.1	4340.1	176.5	176.5	4374.5	4374.5	319.2	319.2					
% de humedad		18.59	18.59	22.83	22.83	18.47	18.47	23.04	23.04	17.94	17.94					
Promedio de Humedad (%)		18.59	22.83	22.83	18.47	18.47	23.04	23.04	17.94	17.94	24.17					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
31/08/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1/08/2023	14.3	24	0.3	0.008	0.25	0.006	0.8	0.020	0.8	0.020	0.020					
2/08/2023	14.3	48	0.45	0.011	0.56	0.014	1.35	0.034	1.35	0.034	0.034					
3/08/2023	14.3	72	0.75	0.019	0.75	0.019	3.5	0.088	3.5	0.088	0.088					
4/08/2023	14.3	96	0.9	0.023	1.1	0.028	1.15	0.029	1.15	0.029	0.029					
			4.57	total	0.49	4.57	total	0.60	4.57	total	0.63					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-13				MOLDE Nº A-4				MOLDE Nº A-14					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
0.640	0.025	0'30"	2	7	2	7	2	7	2	7	2	7	2	7	2	7
1.270	0.050	1'00"	10	27	11	29	11	29	12	32	12	32	12	32	12	32
1.910	0.075	1'30"	25	63	24	61	24	61	23	58	23	58	23	58	23	58
2.540	0.100	2'00"	38	95	37	93	37	93	35	88	35	88	35	88	35	88
3.810	0.150	3'00"	58	144	50	124	50	124	46	115	46	115	46	115	46	115
5.080	0.200	4'00"	72	178	68	168	68	168	56	139	56	139	56	139	56	139
6.350	0.250	5'00"	82	202	70	173	70	173	66	161	66	161	66	161	66	161
7.620	0.300	6'00"	94	232	82	202	82	202	72	178	72	178	72	178	72	178
10.160	0.400	8'00"	110	271	94	232	94	232	86	212	86	212	86	212	86	212
12.700	0.500	10'00"	124	305	102	251	102	251	92	246	92	246	92	246	92	246

Henry Rivadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Dicalomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

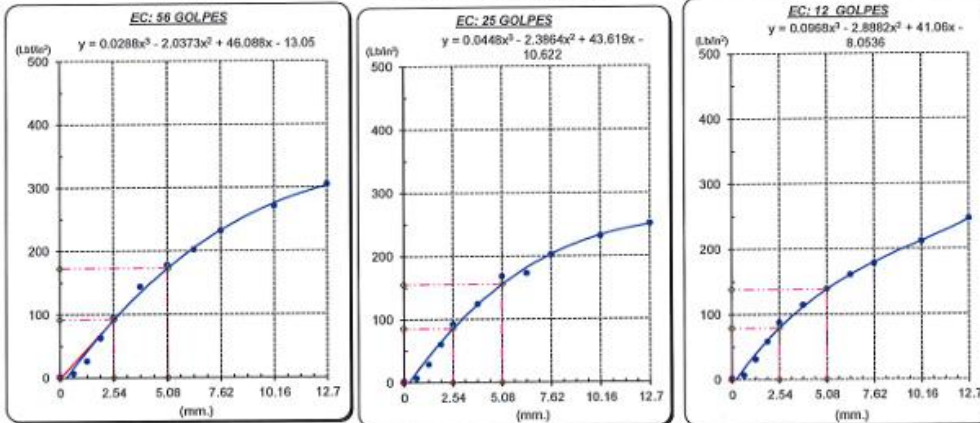


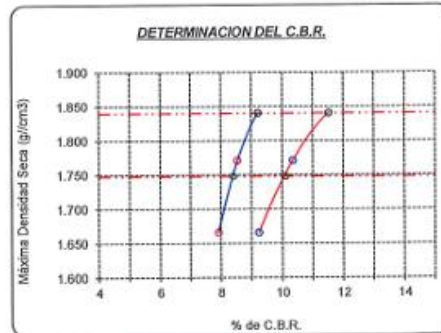
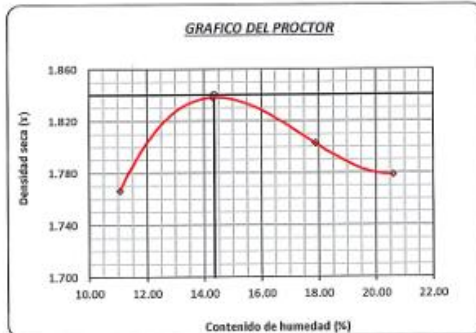
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.840 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.748 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.35 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	10 %



Henry Obilias
 Henry Obilias
 TUC. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita

COMPACTACIÓN															
		A-14				A-15				A-16					
Nº Molde		5				5				5					
Nº Capa		56				25				12					
Nº Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		12180	12581	12581	12581	12581	13010	12950	12319	12950	12319				
Peso de molde (g)		8010	8010	8010	8010	8345	8345	8250	8250	8250	8250				
Peso del suelo húmedo (g)		4170	4571	4571	4571	4236	4665	3800	4069	3800	4069				
Volumen del molde (cc)		1990	1990	1990	1990	2107	2107	2028	2028	2028	2028				
Densidad húmeda (g/cc)		2.095	2.297	2.297	2.297	2.010	2.214	1.874	2.006	1.874	2.006				
% de humedad		13.20	22.99	22.99	22.99	14.01	24.31	18.60	25.80	18.60	25.80				
Densidad seca (g/cc)		1.851	1.868	1.868	1.868	1.763	1.781	1.580	1.595	1.580	1.595				
HUMEDAD															
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		236.5	236.5	4571	4571	345.5	345.5	4665	4665	286.6	286.6				
Tarro + Suelo seco (gr.)		215.0	215.0	4170	4170	308.0	308.0	4236	4236	249.0	249.0				
Peso del Agua (gr.)		21.5	21.5	401.0	401.0	37.5	37.5	429.0	429.0	37.6	37.6				
Peso del tarro (gr.)		52.1	52.1	0	0	40.3	40.3	0	0	46.9	46.9				
Peso del suelo seco (gr.)		162.9	162.9	4094.2	4094.2	267.7	267.7	4162.6	4162.6	202.1	202.1				
% de humedad		13.20	13.20	22.99	22.99	14.01	14.01	24.31	24.31	18.60	18.60				
Promedio de Humedad (%)		13.20	13.20	22.99	22.99	14.01	14.01	24.31	24.31	18.60	18.60				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
1/06/2023	14.3	24	0.3	0.008	0.2	0.005	0.3	0.008	0.3	0.008	0.008				
2/06/2023	14.3	48	0.9	0.023	0.85	0.021	0.9	0.023	0.9	0.023	0.023				
3/06/2023	14.3	72	1.2	0.030	1.1	0.028	1.3	0.033	1.3	0.033	0.033				
4/06/2023	14.3	96	1.7	0.043	2	0.050	2.4	0.060	2.4	0.060	0.060				
			4.57	total 0.93	4.57	total 1.09	4.57	total 1.31							
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-14				MOLDE Nº A-15				MOLDE Nº A-16			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.		Lbf/in2	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/pulg2	Lbf/pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		26	66			19	49			9	24		
1.270	0.050	1'00"		42	105			29	66			12	32		
1.910	0.075	1'30"		59	146			43	107			21	54		
2.540	0.100	2'00"	1000	86	212	161.5	16.1	68	144	126.9	12.7	29	73	68.4	6.8
3.810	0.150	3'00"		92	227			62	154			37	93		
5.080	0.200	4'00"	1500	101	249	117.2	21.1	75	185	193.7	12.9	48	119	120.0	8.0
6.350	0.250	5'00"		115	283			89	219			59	146		
7.620	0.300	6'00"		123	302			92	227			62	154		
10.160	0.400	8'00"		145	365			101	249			75	185		
12.700	0.500	10'00"		162	413			110	271			85	198		

Henry Roldanegra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

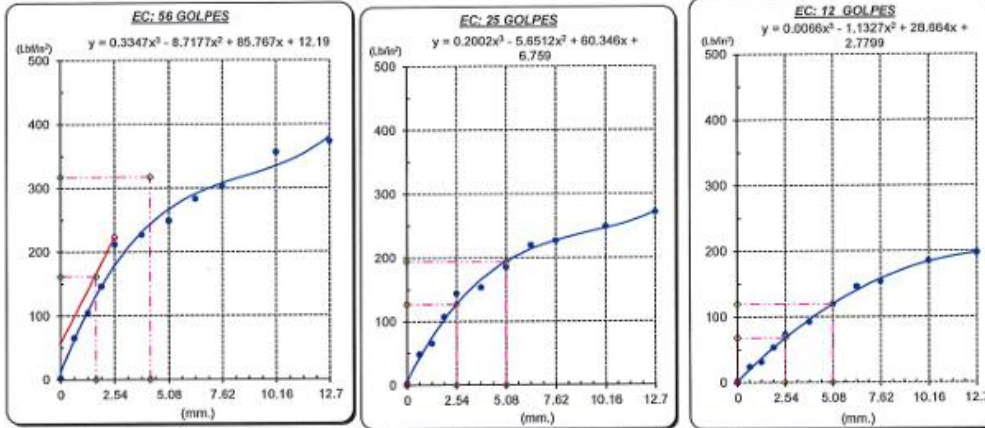
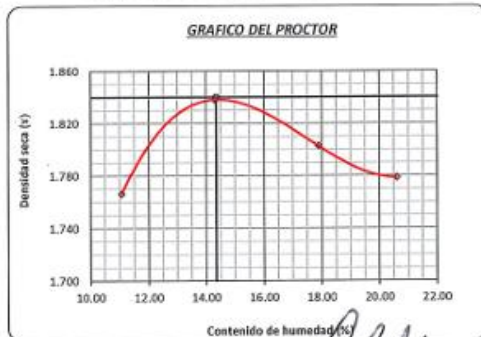


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR		VALOR DEL C.B.R.	
DENSIDAD SECA AL 100%	1.840 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.748 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	16 % 20 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.35 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	12 % 13 %



Henry Rivas Obitas
 Henry Rivas Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 5% Diatomita

COMPACTACIÓN															
		A-11				A-12				A-13					
Nº Molde		5				5				5					
Nº Capas		56				25				12					
Nº Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		12350	12590	12980	13350	11420	11760	7821	7821	7821	7821	7821	7821		
Peso de molde (g)		7755	7755	8806	8806	8806	8806	8806	8806	8806	8806	8806	8806		
Peso del suelo húmedo (g)		4595	4835	4174	4544	3599	3939	2123	2123	2123	2123	2123	2123		
Volumen del molde (cc)		2124	2124	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118		
Densidad húmeda (g/cc)		2.163	2.276	1.971	2.145	1.695	1.855	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845		
% de humedad		15.67	20.99	15.54	24.55	18.45	28.03	15.67	20.99	15.54	24.55	18.45	28.03		
Densidad seca (g/cc)		1.870	1.881	1.706	1.722	1.431	1.449	1.870	1.881	1.706	1.722	1.431	1.449		
HUMEDAD															
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		145.6	145.6	4835	4835	178.9	178.9	4544	4544	162.5	162.5	3939.0	3939.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		133.0	133.0	4596	4596	161.0	161.0	4174	4174	143.5	143.5	3599.0	3599.0		
Peso del Agua (gr.)		12.6	12.6	240.0	240.0	17.9	17.9	370.0	370.0	19.0	19.0	340.0	340.0		
Peso del tarro (gr.)		52.6	52.6	0	0	45.8	45.8	0	0	40.5	40.5	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)		80.4	80.4	4510.6	4510.6	115.2	115.2	4104.0	4104.0	103.0	103.0	3548.2	3548.2		
% de humedad		15.67	15.67	20.99	20.99	15.54	15.54	24.55	24.55	18.45	18.45	28.03	28.03		
Promedio de Humedad (%)		15.67	20.99	15.54	24.55	18.45	28.03	15.67	20.99	15.54	24.55	18.45	28.03		
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
9/05/2023	14.3	0	0	0	0	1.2	0	0	1	0	0				
10/05/2023	14.3	24	1.5	0.038	3.5	0.088	3.6	0.095	3.6	0.095	0.095				
11/05/2023	14.3	48	3.5	0.088	4.8	0.120	4.2	0.105	4.2	0.105	0.105				
12/05/2023	14.3	72	4.9	0.123	5.6	0.140	5.1	0.128	5.1	0.128	0.128				
13/05/2023	14.3	96	6.35	0.159	6.39	0.160	6.38	0.160	6.38	0.160	0.160				
			4.57	total	3.48	4.57	total	3.50	4.57	total	3.49				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-11				MOLDE Nº A-12				MOLDE Nº A-13			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	
0.640	0.025	0'30"	7	19	4	12	2	7	2	7	2	7	2	7	
1.270	0.050	1'00"	21	54	14	36	9	24	9	24	9	24	9	24	
1.910	0.075	1'30"	29	73	24	61	19	49	19	49	19	49	19	49	
2.540	0.100	2'00"	42	105	32	80	25	63	25	63	25	63	25	63	
3.610	0.150	3'00"	58	144	46	115	35	88	35	88	35	88	35	88	
5.080	0.200	4'00"	91	224	67	168	50	127	50	127	50	127	50	127	
6.350	0.250	5'00"	94	232	70	175	53	133	53	133	53	133	53	133	
7.620	0.300	6'00"	98	241	73	182	56	139	56	139	56	139	56	139	
10.160	0.400	8'00"	104	256	78	196	60	150	60	150	60	150	60	150	
12.700	0.500	10'00"	121	299	91	227	69	173	69	173	69	173	69	173	

Henry Rivadeneira Obitias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 Lambayeque
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSÉ ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

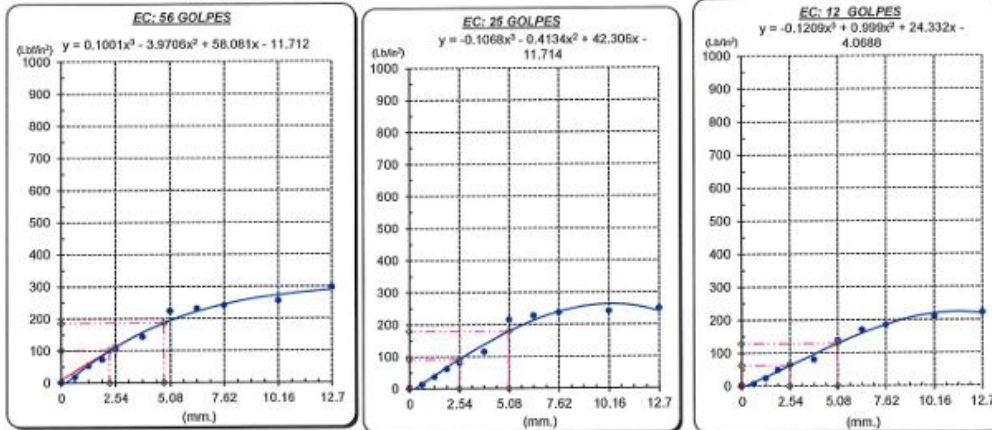


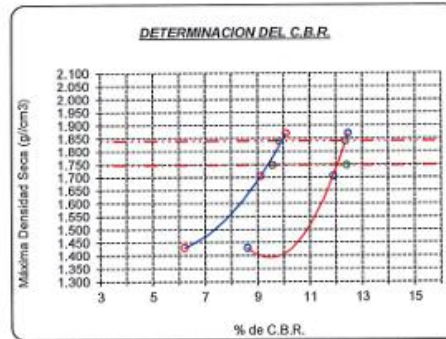
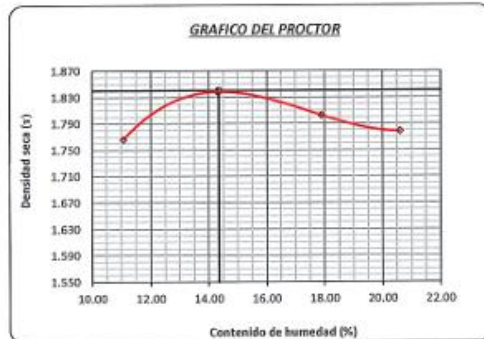
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.840 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.748 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.35 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	10 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	10 %	12 %



Henry Rivasdeneyra Obittas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN·m/m³ (56000 pie·lb/ft³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

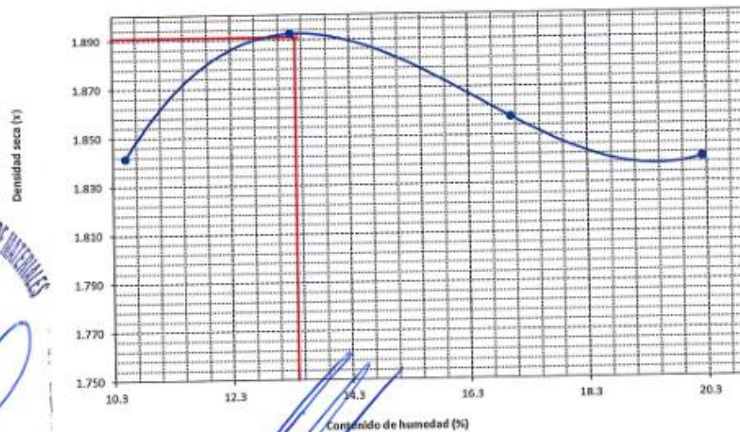
CAUCATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita
 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5813.00	5917.00	5945.00	5982.00
Peso del molde	g	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g	1939.00	2043.00	2071.00	2108.00
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.035	2.144	2.174	2.212

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	174.77	165.23	162.57	127.93
Peso del suelo seco + tara	g	162.00	150.67	144.33	113.57
Peso de tara	g	40.60	41.27	37.22	42.57
Peso de agua	g	12.77	14.57	18.23	14.37
Peso de suelo seco	g	121.40	109.40	107.12	71.00
Contenido de agua	%	10.5	13.3	17.0	20.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.841	1.892	1.857	1.840

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.891	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.40	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita

COMPACTACIÓN														
		A-2			A-3			A-17						
Nº Molde		5			5			5						
Nº Capa		56			25			12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		10946	11212	10946	10810	12510	12776							
Peso de molde (g)		6324	6324	6324	6324	8514	8514							
Peso del suelo húmedo (g)		4622	4888	4136	4486	3996	4262							
Volumen del molde (cc)		2125	2125	2013	2013	2015	2015							
Densidad húmeda (g/cc)		2.175	2.300	2.055	2.229	1.983	2.115							
% de humedad		14.57	20.43	14.77	23.38	18.34	25.11							
Densidad seca (g/cc)		1.898	1.910	1.790	1.806	1.676	1.691							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		427.8	427.8	4888	4888	226.9	226.9	4486	4486	414.0	414.0	4262.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		378.7	378.7	4622	4622	204.5	204.5	4136	4136	358.1	358.1	3996.0		
Peso del Agua (gr.)		49.1	49.1	266.0	266.0	22.4	22.4	350.0	350.0	55.9	55.9	266.0		
Peso del tarro (gr.)		41.68	41.68	0	0	52.8	52.8	0	0	53.35	53.35	0		
Peso del suelo seco (gr.)		337.0	337.0	4535.9	4535.9	151.7	151.7	4063.3	4063.3	304.7	304.7	3930.1		
% de humedad		14.57	14.57	20.43	20.43	14.77	14.77	23.38	23.38	18.34	18.34	25.11		
Promedio de Humedad (%)		14.57	20.43	14.77	23.38	18.34	25.11							
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.15	0.004		0.25	0.006		0.12	0.003				
2/06/2023	14.3	48	0.35	0.009		0.45	0.011		1.35	0.034				
3/06/2023	14.3	72	0.52	0.013		0.9	0.023		3.5	0.088				
4/06/2023	14.3	96	0.75	0.019		1.9	0.048		2.35	0.059				
			4.57	total 0.41		4.57	total 1.04		4.57	total 1.29				
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-17			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.840	0.025	0'30"	3	10			2	7			4	12		
1.270	0.050	1'00"	12	32			6	24			7	19		
1.910	0.075	1'30"	21	54			15	42			11	29		
2.540	0.100	2'00"	28	71	61.8	5.2	67.1	58	57.3	5.7	19	49	50.7	5.1
3.810	0.150	3'00"	38	95			38	88			32	80		
5.080	0.200	4'00"	46	115	117.3	7.8	42	105	104.9	7.0	40	100	97.8	6.5
6.350	0.250	5'00"	50	124			48	122			48	119		
7.620	0.300	6'00"	55	146			57	141			55	138		
10.160	0.400	8'00"	72	178			73	158			57	141		
12.700	0.500	10'00"	85	195			85	168			62	154		

Henry Rivas Encayra
 Obilitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomite como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

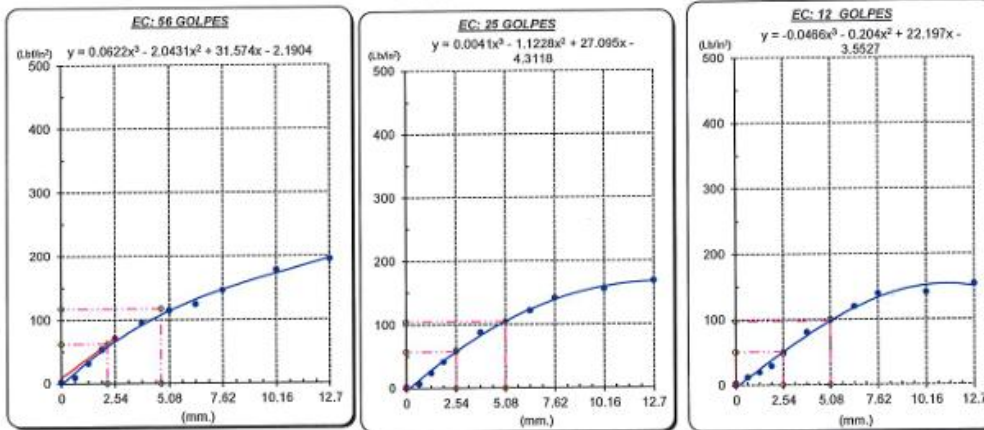


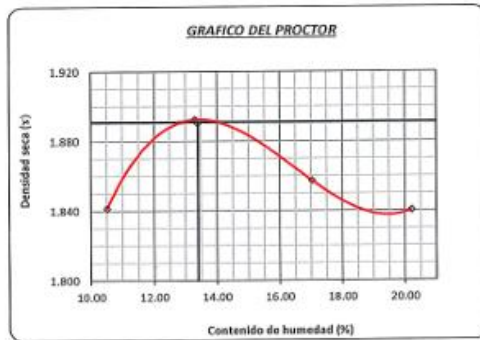
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.891 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.796 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.40 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	7 %



Henry Riuadeneira Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03 PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-1 + 10% Diatomita

COMPACTACIÓN																
		A-1			A-2			A-3								
Nº Molde		5			5			5								
Nº Capa		56			25			12								
Nº Golpes por capa		56			25			12								
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo		12920	13380	12890	13410	12580	12950									
Peso de molde (g)		8384	8384	8558	8558	8669	8669									
Peso del suelo húmedo (g)		4536	4996	4332	4852	3911	4281									
Volumen del molde (cc)		2122	2122	2122	2122	2115	2115									
Densidad húmeda (g/cc)		2.138	2.354	2.041	2.287	1.849	2.024									
% de humedad		12.65	22.98	13.61	25.83	18.15	27.78									
Densidad seca (g/cc)		1.898	1.914	1.797	1.817	1.565	1.584									
HUMEDAD																
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		312.5	312.5	4996	4996	356.5	356.5	4852	4852	369.5	369.5					
Tarro + Suelo seco (gr.)		286.0	286.0	4536	4536	323.0	323.0	4332	4332	324.0	324.0					
Peso del Agua (gr.)		26.5	26.5	460.0	460.0	33.5	33.5	520.0	520.0	45.5	45.5					
Peso del tarro (gr.)		76.5	76.5	0	0	76.8	76.8	0	0	73.3	73.3					
Peso del suelo seco (gr.)		209.5	209.5	4451.5	4451.5	246.2	246.2	4255.5	4255.5	250.7	250.7					
% de humedad		12.65	12.65	22.98	22.98	13.61	13.61	25.83	25.83	18.15	18.15					
Promedio de Humedad (%)		12.65	22.98	13.61	13.61	25.83	25.83	18.15	18.15	27.78	27.78					
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
1/09/2022	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
2/09/2022	14.3	24	0.85	0.021	0.9	0.023	1.2	0.030	2.4	0.060	0.070					
3/09/2022	14.3	48	1.4	0.035	1.5	0.038	2.3	0.053	4.36	0.109	2.39					
4/09/2022	14.3	72	2.5	0.063	4.12	0.103	2.26	4.57	total	2.10	4.57					
4/09/2022	14.3	96	3.83	0.096	4.57	total	2.26	4.57	total	2.10	4.57					
			4.57	total	2.10	4.57	total	2.26	4.57	total	2.39					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2						
0.640	0.025	0'30"	10	27					7	19				4	12	
1.270	0.050	1'00"	38	95					16	39				9	24	
1.910	0.075	1'30"	46	115					23	58				16	46	
2.540	0.100	2'00"	52	129	87.2	8.7			38	95	80.5	8.0		22	56	48.6
3.810	0.150	3'00"	68	168					42	105				26	69	
5.090	0.200	4'00"	75	185	175.0	11.7			56	139	140.9	14.0		32	80	90.4
6.350	0.250	5'00"	89	219					66	166				42	106	
7.620	0.300	6'00"	92	227					75	185				50	139	
10.160	0.400	8'00"	101	256					86	212				60	154	
12.700	0.500	10'00"	112	281					95	234				71	178	

Ing. J. Alonzo Gordillo Ramon
 Obtuvo
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo
 Oficina de Laboratorio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
GRAFICO CARGA - PENETRACION

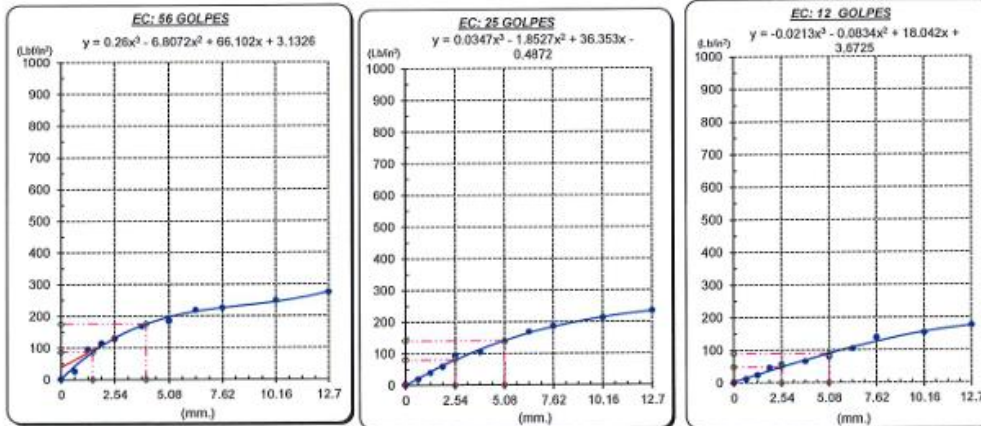


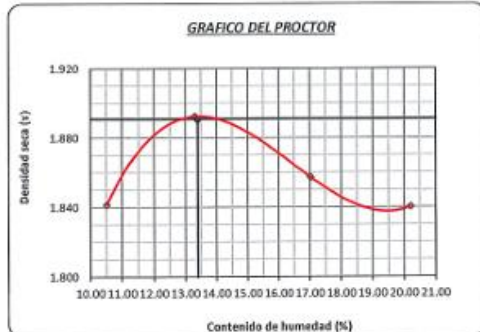
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.891 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.798 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.40 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	9 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

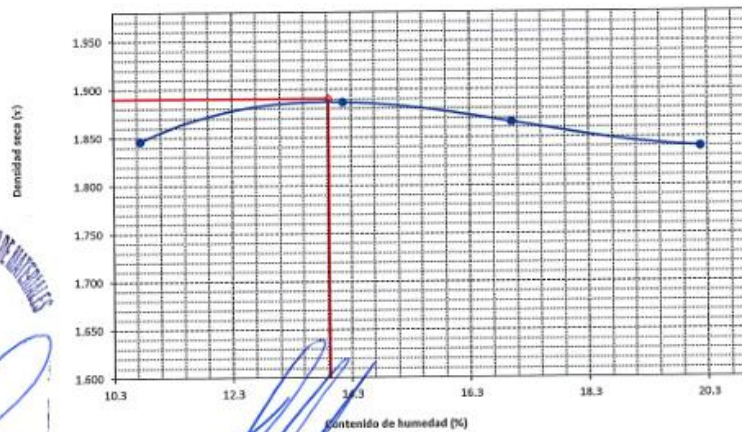
CAUCATA : C-3
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5822.33	5926.33	5954.00	5980.67
Peso del molde	g.	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1948.33	2052.33	2080.00	2106.67
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.045	2.154	2.183	2.211

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	153.30	137.07	166.90	148.67
Peso del suelo seco + tara	g.	141.80	124.57	148.40	130.00
Peso de tara	g.	34.93	36.37	39.70	37.53
Peso de agua	g.	11.50	12.50	18.50	18.67
Peso de suelo seco	g.	106.87	88.20	108.70	92.47
Contenido de agua	%	10.8	14.2	17.0	20.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.846	1.887	1.866	1.840

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.890	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.93	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-16				A-15				A-17				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		10140	10368	12096	12150	12566	12680	12566	12680	12566	12680			
Peso de molde (g)		6432	6432	8003	8003	8520	8520	8520	8520	8520	8520			
Peso del suelo húmedo (g)		3708	3936	4093	4147	4046	4160	4046	4160	4046	4160			
Volumen del molde (cc)		1738	1738	2007	2007	2112	2112	2112	2112	2112	2112			
Densidad húmeda (g/cc)		2.133	2.265	2.039	2.066	1.916	1.970	1.916	1.970	1.916	1.970			
% de humedad		13.17	19.44	14.33	15.68	16.17	19.04	16.17	19.04	16.17	19.04			
Densidad seca (g/cc)		1.885	1.896	1.784	1.786	1.649	1.655	1.649	1.655	1.649	1.655			
HUMEDAD														
Tarro Nº		-		-		-		-		-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		429.9	429.9	3936	3936	256.9	256.9	4147	4147	415.9	4160.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)		386.4	386.4	3708	3708	230.5	230.5	4093	4093	366.7	4046.0			
Peso del Agua (gr.)		43.6	43.6	228.0	228.0	26.4	26.4	54.0	54.0	49.2	114.0			
Peso del tarro (gr.)		55.69	55.69	0	0	46.3	46.3	0	0	62.52	62.52			
Peso del suelo seco (gr.)		330.7	330.7	3639.4	3639.4	184.2	184.2	4021.3	4021.3	304.2	3980.4			
% de humedad		13.17	13.17	19.44	19.44	14.33	14.33	15.68	15.68	16.17	19.04			
Promedio de Humedad (%)		13.17		19.44		14.33		15.68		16.17				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.74	0.019	0.2	0.005	0.75	0.019	0.75	0.019	0.019			
2/06/2023	14.3	48	0.85	0.021	0.75	0.019	0.8	0.020	0.8	0.020	0.020			
3/06/2023	14.3	72	0.98	0.024	0.95	0.024	0.95	0.024	0.95	0.024	0.024			
4/06/2023	14.3	96	1.05	0.026	1.1	0.028	1.16	0.029	1.16	0.029	0.029			
			4.57	total 0.57	4.57	total 0.60	4.57	total 0.84	4.57	total 0.84	0.84			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-16				MOLDE Nº A-15				MOLDE Nº A-17			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	8	22			7	19			8	22		
1.270	0.050	1'00"	15	39			13	34			12	32		
1.910	0.075	1'30"	20	51			16	41			16	41		
2.540	0.100	2'00"	23	58	57.6	5.8	20	51	53.9	5.4	19	49	48.6	4.9
3.810	0.150	3'00"	27	68			24	60			25	63		
5.080	0.200	4'00"	30	76	114.4	7.7	29	73	94.8	5.5	28	71	72.3	4.8
6.350	0.250	5'00"	33	83			32	80			30	76		
7.620	0.300	6'00"	35	90			35	88			35	88		
10.160	0.400	8'00"	44	105			42	105			41	102		
12.700	0.500	10'00"	51	127			50	124			48	119		

Henry Rivadeneyra Obitias
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

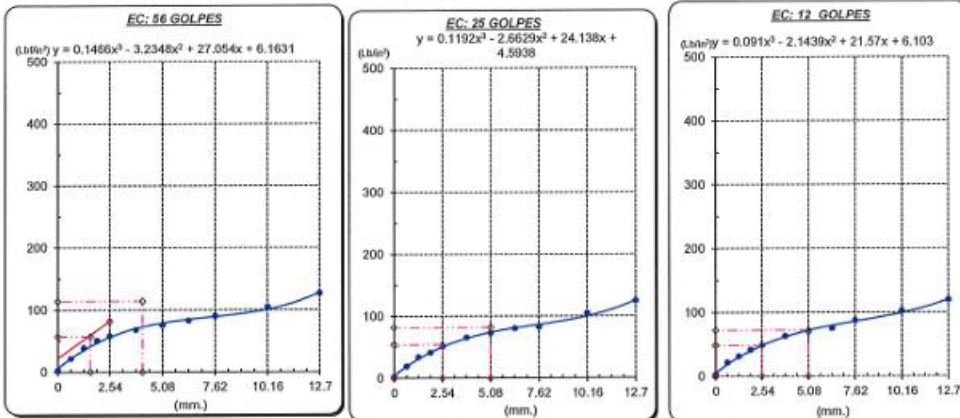


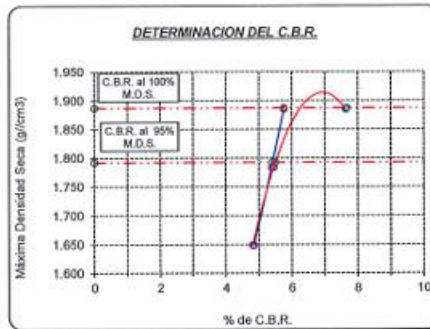
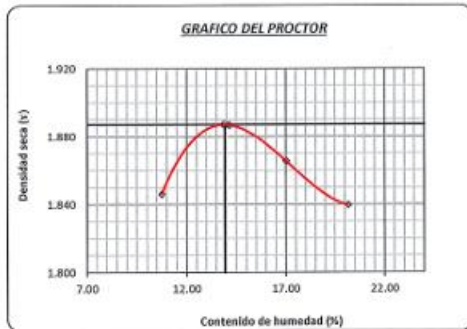
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.887 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.793 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.93 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	5 %



[Signature]
 Henry Ribadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALCATA : C-03
 MUESTRA : M-1 + 15% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-14			A-6			A-6						
Nº Capa		5			5			5						
Nº Golpes por capa		56			25			12						
CONDICION DE LA MUESTRA														
		Sin Saturado			Saturado			Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		10714	11192	12020	12320	10120	10314							
Peso de molde (g)		6432	6432	7840	7840	6324	6324							
Peso del suelo húmedo (g)		4282	4760	4180	4480	3796	3990							
Volumen del molde (cc)		2012	2012	2075	2075	2035	2035							
Densidad húmeda (g/cc)		2.128	2.366	2.014	2.159	1.865	1.961							
% de humedad		12.30	23.67	12.22	19.52	12.61	17.80							
Densidad seca (g/cc)		1.895	1.913	1.795	1.806	1.657	1.664							
HUMEDAD														
Tamo Nº		-	-	-	-	-	-	-	-					
Tamo + Suelo húmedo (gr.)		216.6	216.6	4760	4760	156.6	156.6	4480	4480					
Tamo + Suelo seco (gr.)		206.0	200.0	4282	4282	144.6	144.6	4180	4180					
Peso del Agua (gr.)		16.5	16.5	478.0	478.0	12.0	12.0	300.0	300.0					
Peso del tamo (gr.)		65.0	65.8	0	0	46.3	46.3	0	0					
Peso del suelo seco (gr.)		134.2	134.2	4202.4	4202.4	98.3	98.3	4106.3	4106.3					
% de humedad		12.30	12.30	23.67	23.67	12.22	12.22	19.52	19.52					
Promedio de Humedad (%)		12.30	23.67	12.22	19.52	12.61	17.80							
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.12	0.003		0.26	0.007	0.1	0.003					
2/06/2023	14.3	48	1.6	0.040		2.46	0.062	2.6	0.065					
3/06/2023	14.3	72	2.5	0.063		2.75	0.069	3.4	0.085					
4/06/2023	14.3	96	3.4	0.085		3.6	0.090	4.6	0.113					
			4.57	total	1.86	4.57	total	1.97	4.57	total	2.46			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-14				MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-6			
			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	5	15			3	10			3	10		
1.270	0.050	1'00"	12	32			8	22			6	17		
1.910	0.075	1'30"	18	46			12	32			8	22		
2.540	0.100	2'00"	20	51	46.6	4.7	16	41	40.1	14.0	10	27	25.8	2.6
3.810	0.150	3'00"	26	66			20	51			12	34		
5.080	0.200	4'00"	30	75	90.6	6.0	21	54	66.4	15.0	16	46	46.9	3.1
6.350	0.250	5'00"	38	95			23	58			22	56		
7.520	0.300	6'00"	46	111			25	63			26	65		
10.160	0.400	8'00"	60	159			32	80			31	78		
12.700	0.500	10'00"	62	176			36	90			32	80		

Henry Rivas
 Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

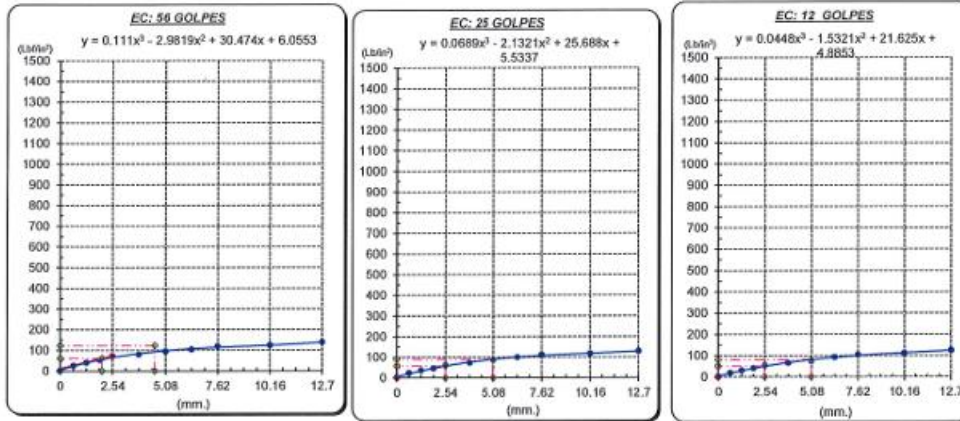


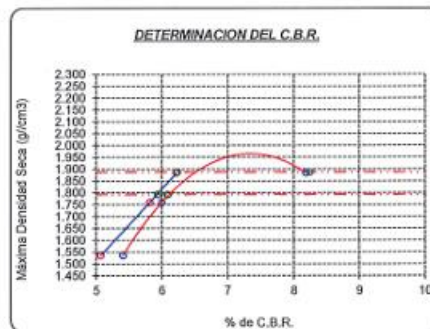
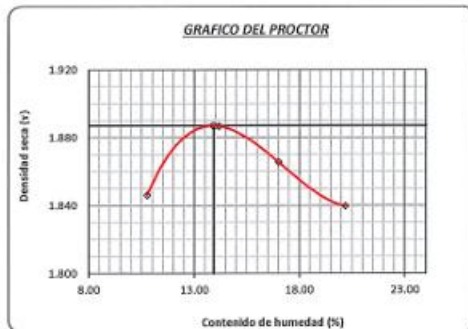
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.887 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.793 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.93 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	6 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe3))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

CAICATA: C-3
MUESTRA: M-1 + 20% Diatomita
PROFUNDIDAD: 0.05 m - 1.50 m

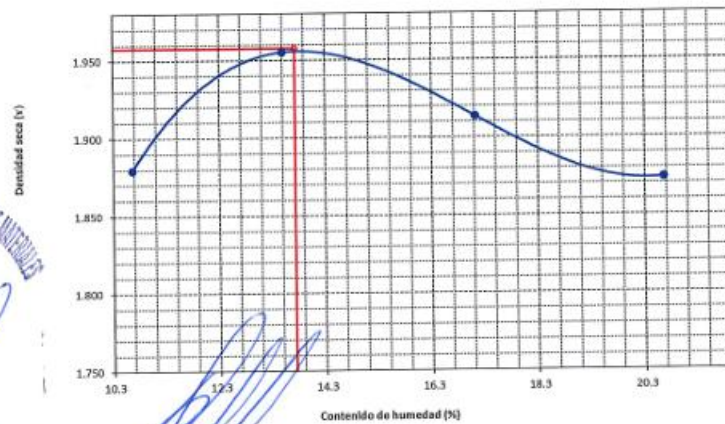
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5855.67	5988.33	6009.33	6028.00
Peso del molde	g	3874	3874	3874	3874
Peso del suelo húmedo compactado	g	1981.67	2114.33	2135.33	2154.00
Volumen del molde	cm ³	952.77	952.77	952.77	952.77
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.080	2.219	2.241	2.261

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	169.23	177.33	137.23	147.00
Peso del suelo seco + tara	g	156.33	160.33	123.00	128.50
Peso de tara	g	35.36	34.40	39.87	38.94
Peso de agua	g	12.90	17.00	14.23	18.50
Peso de suelo seco	g	120.97	125.94	83.13	89.56
Contenido de agua	%	10.7	13.5	17.1	20.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.879	1.955	1.914	1.874

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.958	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.73	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-6				A-12				A-15					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA														
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	12784	13080	13190	13510	12488	12930								
Peso de molde (g)	8350	8350	8806	8806	8806	8806								
Peso del suelo húmedo (g)	4434	4730	4384	4704	3680	4124								
Volumen del molde (cc)	2012	2012	2118	2118	2012	2012								
Densidad húmeda (g/cc)	2.204	2.351	2.070	2.221	1.829	2.050								
% de humedad	12.55	19.36	12.58	20.02	12.28	24.54								
Densidad seca (g/cc)	1.958	1.970	1.839	1.851	1.629	1.640								
HUMEDAD														
Tamo Nº	-		-		-		-		-		-			
Tamo + Suelo húmedo (gr.)	225.6	225.6	4730	4730	278.9	278.9	4704	4704	312.5	312.5	4124.0	4124.0		
Tamo + Suelo seco (gr.)	205.0	205.0	4434	4434	252.9	252.9	4384	4384	284.2	284.2	3680.0	3680.0		
Peso del Agua (gr.)	20.6	20.6	296.0	296.0	26.0	26.0	320.0	320.0	28.3	28.3	444.0	444.0		
Peso del tamo (gr.)	40.86	40.86	0	0	46.3	46.3	0	0	53.73	53.73	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	164.1	164.1	4348.8	4348.8	206.6	206.6	4304.9	4304.9	230.5	230.5	3621.0	3621.0		
% de humedad	12.55	12.55	19.36	19.36	12.58	12.58	20.02	20.02	12.28	12.28	24.54	24.54		
Promedio de Humedad (%)	12.55		19.36		12.58		20.02		12.28		24.54			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN		
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%	
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2023	14.3	24	0.2	0.005		0.6	0.015		0.5	0.013				
2/06/2023	14.3	46	0.6	0.015		1.8	0.045		1.2	0.030				
3/06/2023	14.3	72	1.8	0.045		2.1	0.053		1.8	0.045				
4/06/2023	14.3	96	2.5	0.065		2.9	0.073		3.1	0.078				
			4.57	total	1.42	4.57	total	1.50	4.57	total	1.70			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND. Lbf/in ²	MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-12				MOLDE Nº A-15			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg ²	Lbs/ pulg ²	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	15	39			8	22			5	15		
1.270	0.050	1'00"	18	46			12	32			10	27		
1.910	0.075	1'30"	21	54			16	41			11	29		
2.540	0.100	2'00"	32	80	77.0	7.7	22	56	51.4	5.1	16	41	38.4	3.8
3.810	0.150	3'00"	39	97			26	86			29	51		
5.080	0.200	4'00"	45	112	130.7	10.0	34	85			32	56	59.9	4.0
6.350	0.250	5'00"	62	129			45	114			45	66		
7.620	0.300	6'00"	60	148			62	129			36	76		
10.160	0.400	8'00"	68	168			56	139			34	85		
12.700	0.500	10'00"	72	178			58	144			38	95		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

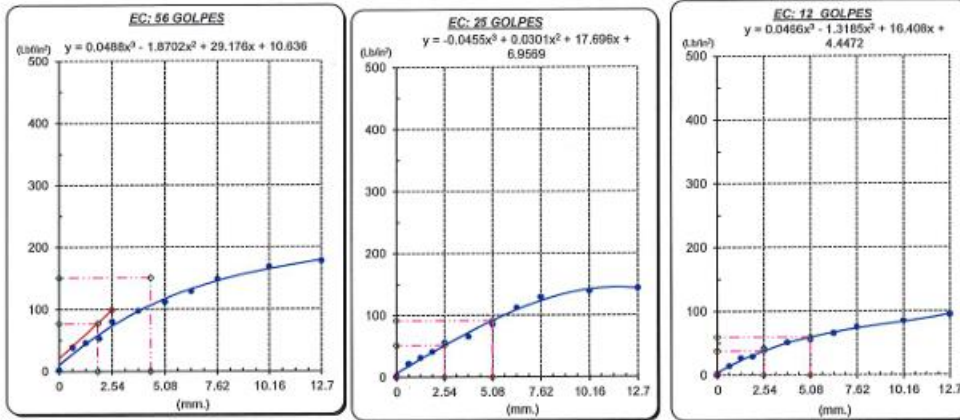


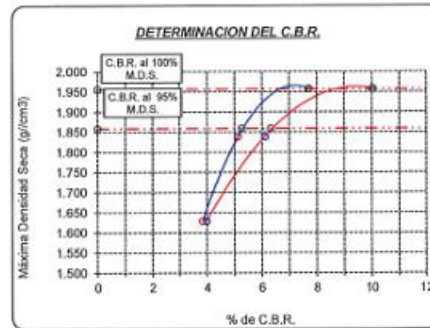
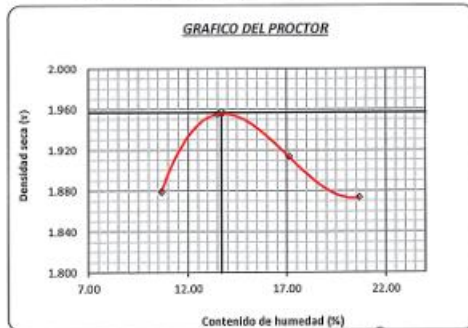
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.957 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.859 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.73 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8 %	10 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

CALICATA : C-03
 MUESTRA : M-1 + 20% Diatomita PROFUNDIDAD : 0.05 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-10				A-11				A-12				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12542	12850	13080	13390	11680	11960							
Peso de molde (g)		7855	7855	8692	8692	7828	7828							
Peso del suelo húmedo (g)		4687	4995	4388	4698	3852	4132							
Volumen del molde (cc)		2117	2117	2080	2080	2125	2125							
Densidad húmeda (g/cc)		2.214	2.359	2.110	2.259	1.813	1.944							
% de humedad		12.98	19.68	13.22	20.42	13.70	21.09							
Densidad seca (g/cc)		1.960	1.972	1.863	1.876	1.594	1.606							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		189.8	189.8	4995	4995	145.6	145.6	4698	4698	245.6	245.6	4132.0	4132.0	
Tarro + Suelo seco (gr.)		168.0	168.0	4687	4687	128.6	128.6	4388	4388	216.0	216.0	3852.0	3852.0	
Peso del Agua (gr.)		21.8	21.8	308.0	308.0	17.0	17.0	310.0	310.0	29.6	29.6	280.0	280.0	
Peso del tarro (gr.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peso del suelo seco (gr.)		168.0	168.0	4596.9	4596.9	126.6	126.6	4307.7	4307.7	216.0	216.0	3791.6	3791.6	
% de humedad		12.98	12.98	19.68	19.68	13.22	13.22	20.42	20.42	13.70	13.70	21.09	21.09	
Promedio de Humedad (%)		12.98		19.68		13.22		20.42		13.70		21.09		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
9/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10/05/2023	14.3	24	1.6	0.038	2.1	0.053	2.3	0.058						
11/05/2023	14.3	48	2.8	0.073	3.4	0.085	3.1	0.078						
12/05/2023	14.3	72	3.4	0.085	3.9	0.098	4.2	0.105						
13/05/2023	14.3	96	4.2	0.105	4.8	0.120	5.2	0.130						
			4.57	total 2.30	4.57	total 2.63	4.57	total 2.85						
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-10				MOLDE Nº A-11				MOLDE Nº A-12			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	10	27			9	24			9	24		
1.270	0.050	1'00"	15	39			13	34			10	27		
1.910	0.075	1'30"	16	41			15	39			12	32		
2.540	0.100	2'00"	18	46	42.3	4.2	16	41	39.0	3.9	14	36	34.9	3.5
3.810	0.150	3'00"	22	56			20	51			18	46		
5.080	0.200	4'00"	29	73	84.4	5.6	25	63	83.2	4.9	20	51	58.8	3.9
6.350	0.250	5'00"	37	93			30	76			26	63		
7.620	0.300	6'00"	45	113			41	99			36	90		
10.160	0.400	8'00"	68	174			57	141			39	97		
12.700	0.500	10'00"	75	185			60	149			42	105		

Henry Ruedencyna Obitias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 21 Octubre del 2024

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

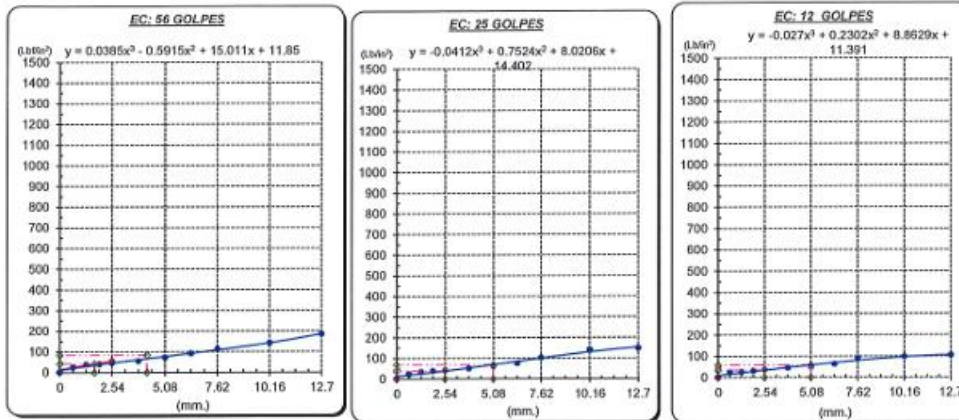


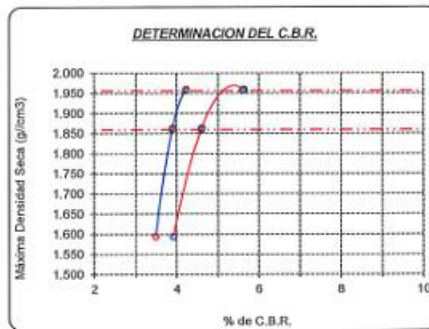
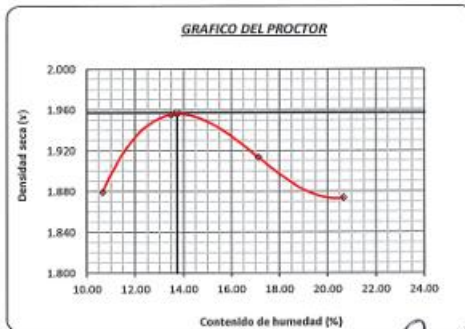
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.957 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.859 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.73 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	4 %	6 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4 %	5 %



Handwritten signature
 Hany Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Handwritten signature
 TÉCNICO DE LABORATORIO

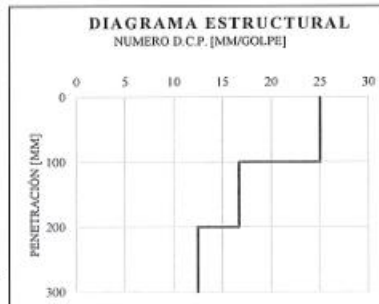
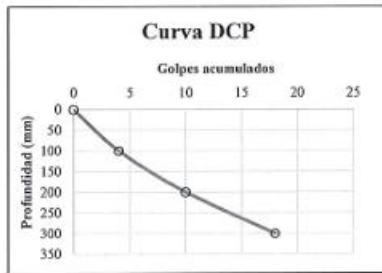
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: : Gordillo Ramón José Alonso
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 TESIS: : Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subsantes de mediana y alta plasticidad.
 UBICACIÓN: : Chiclayo-Lambayeque
 FECHA RECEPCIÓN : Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO ASTM D 6951

PUNTO:	2	SC	Arena Arcillosa
LOCALIZACIÓN			
PESO DEL MARTILLO:	8,0 kg	FECHA:	12/10/2024
FACTOR DEL MARTILLO:	1,0		
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO:	CL		
ADICIÓN	Terreno Natural + 5% de Diatomita		

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice DCP (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
4	4	22.2	100	100	25.0	7.94
10	6	55.6	200	100	16.7	12.50
18	8	100.0	300	100	12.5	17.25



OBSERVACIONES:
 PENETRACIÓN REALIZADA SOBRE NIVEL NATURAL DEL TERRENO

CORRELACIONES:
 1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((DCP)^{1.12})$$





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



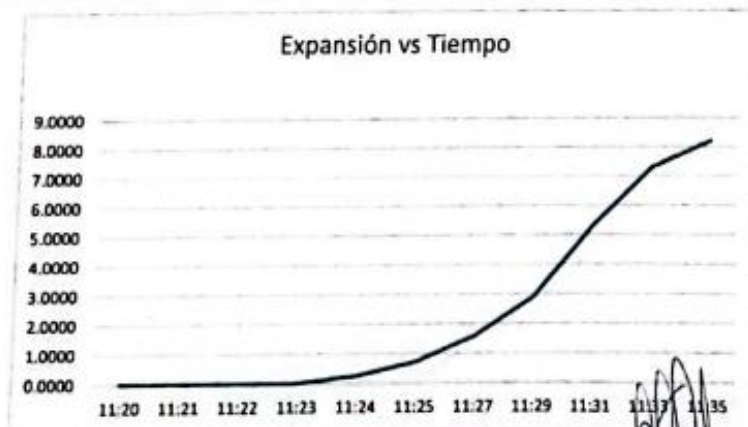
Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo 29 de Noviembre del 2024

ENSAYO: SUELOS ENSAYO DE EXPANSION LIBRE
 REFERENCIA NTP 309 170 2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-03
 Muestra : Natural
 Profundidad : -0.60 a -1.50 mts.

ANTES DEL ENSAYO				DESPUES DEL ENSAYO			
Nº ANILLO	:	7		Nº ANILLO	:	4	
PESO ANILLO	:	194.26		PESO ANILLO	:	194.26	
DIAMETRO ANILLO	:	101.9		DIAMETRO ANILLO	:	101.9	
DIAMETRO MUESTRA	:	101		DIAMETRO MUESTRA	:	101	
ALTURA ANILLO	:	25.2		ALTURA ANILLO	:	25.2	
ALTURA EXTRAIDA	:	25.10		ALTURA EXTRAIDA	:	25	
ALTURA MUESTRA	:	0.10		ALTURA MUESTRA	:	0.20	
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	586		PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	489	
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	522		PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	398.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	19.53		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	44.66	

FECHA	HORA	VUELTA	MEDIDA	LECTURA	ΔH (mm)	% DE EXPANSIÓN
25/11/24	11:20	0.000	0.014	0.042	0.0001	0.000
1'	11:21	0.000	0.045	0.157	0.0003	0.001
	11:22	0.260	0.145	0.396	0.0008	0.003
	11:23	0.760	0.365	0.475	0.0010	0.004
	11:24	0.968	0.452	124.000	0.2480	0.984
	11:25	1.562	0.759	356.000	0.7120	2.825
2'	11:27	2.150	0.945	789.000	1.5780	6.262
	11:29	2.960	0.998	1452.000	2.9040	11.524
	11:31	3.750	1.050	2657.000	5.3140	21.087
	11:33	4.000	1.120	3652.000	7.3040	28.984
	11:35	4.100	1.260	4102.000	8.2040	32.556



Handwritten signature and official stamp of the Laboratory of Soils, Concrete and Materials Tests, USAT.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : JOSE ALONSO GORDILLO RAMON
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : "Evaluación de la aplicación de Diatomita como agente estabilizante de subrasantes de mediana y alta plasticidad"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dep. Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo 29 de Noviembre del 2024

ENSAYO: SUELOS ENSAYO DE EXPANSION LIBRE
 REFERENCIA: NTP 339 170 2001 ASTM D - 4548

Calicata : C-03+5% Diatomita
 Muestra : M1
 Profundidad : -0.60 a -1.50 mts

ANTES DEL ENSAYO				DESPUES DEL ENSAYO			
N° ANILLO	:	7		N° ANILLO	:	4	
PESO ANILLO	:	194.26		PESO ANILLO	:	194.26	
DIAMETRO ANILLO	:	101.9		DIAMETRO ANILLO	:	101.9	
DIAMETRO MUESTRA	:	101		DIAMETRO MUESTRA	:	101	
ALTURA ANILLO	:	25.2		ALTURA ANILLO	:	25.2	
ALTURA EXTRAIDA	:	25.10		ALTURA EXTRAIDA	:	25	
ALTURA MUESTRA	:	0.10		ALTURA MUESTRA	:	0.20	
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	586		PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	485	
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	549		PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	405.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	10.43		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	37.96	

FECHA	HORA	VUELTA	MEDIDA	LECTURA	ΔH (mm)	% DE EXPANSIÓN
25/11/24	11:20	0.000	0.036	0.036	0.0001	0.000
	11:21	0.000	0.260	0.096	0.0002	0.001
1'	11:22	0.065	0.450	0.154	0.0003	0.001
	11:23	0.245	0.540	0.268	0.0005	0.002
	11:24	0.480	0.860	0.485	0.0010	0.004
	11:25	0.650	0.980	1.200	0.0024	0.010
	11:27	1.200	1.050	465.000	0.9300	3.690
2'	11:29	1.860	1.140	785.000	1.5700	6.230
	11:31	2.450	1.250	1245.000	2.4900	9.881
	11:33	3.420	1.360	1895.000	3.7900	15.040
	11:35	4.250	1.420	2145.000	4.2900	17.024



[Handwritten signature]
 Ing. José Alonso Gordillo Ramon
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Ensayos de Materiales
 USAT