



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Incorporación del aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Llontop Herrera, Walter Alexander (orcid.org/0000-0001-9932-1936)

ASESOR:

Mg. Benites Chero, Julio Cesar (orcid.org/0000-0002-6482-0505)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a dios quien me ha dado salud y fortalezas tanto espiritual como física para seguir a pesar de las dificultades, a mis padres, y hermanos, quienes siempre han sido mi mayor apoyo y motivación por creer en mí animándome a perseguir mis sueños; a mis docentes quienes me brindaron sus enseñanzas durante el proceso. ¡Gracias a todos por ser parte de este importante capítulo de mi vida!

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado durante el desarrollo de mi tesis, a mi asesor por su orientación, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proceso, su guía ha sido fundamental para el éxito de este trabajo. A mi familia por el apoyo incondicional, confianza, y por ser mi fuente de inspiración, a la Universidad Cesar Vallejo quien me ha permitido formarme profesionalmente y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de esta tesis. ¡gracias a todos por formar parte de este importante logro de mi vida!

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES CHERO JULIO CESAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Incorporación del aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque", cuyo autor es LLONTOP HERRERA WALTER ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 04 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES CHERO JULIO CESAR DNI: 16735658 ORCID: 0000-0002-6482-0505	Firmado electrónicamente por: JBENITESCE el 31- 12-2023 17:33:05

Código documento Trilce: TRI - 0681499



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, LLONTOP HERRERA WALTER ALEXANDER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Incorporación del aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
WALTER ALEXANDER LLONTOP HERRERA DNI: 74071389 ORCID: 0000-0001-0032-1936	Firmado electrónicamente por: LLHERRERAWA el 04- 12-2023 18:54:22

Código documento Trilce: TRI - 0681498

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Muestra	12
Tabla 2. Ensayos de mecánica de suelos	14
Tabla 3: Av. Villa Hermosa, Chiclayo, características geotécnicas del suelo, por número de calicata, 2023	17
Tabla 4: Características Fisicoquímicas de los aceites usados.....	18
Tabla 5: Incorporación en peso de ARC a la muestra patrón.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1: Diagrama de flujo.	15
Figura 2: Diagrama OCH– MDS C-3 y C-6 para el tramo km 0+000 al km 4+307 2023	19
Figura 3: Av. Villa hermosa Chiclayo, Lambayeque – CBR de C-3 y C-6 con penetración de 0.1” y 0.2”	20

RESUMEN

La influencia del aceite de residuo de combustión en la contaminación del suelo es significativa debido a la cantidad de aceite quemado desechado por lubricentros y talleres de mantenimiento en la ciudad. En José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, esta problemática se ha acentuado debido al aumento de establecimientos que comercializan aceite de motor. Para abordar este desafío, se ha investigado la incorporación del aceite de residuo de combustión como una solución para estabilizar el suelo natural y mejorar sus propiedades mecánicas.

Como objetivo principal de la presente investigación, identificar las características del suelo en estudio, distinguir las características fisicoquímicas del ARC, incorporar porcentajes de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% al suelo, obtener las propiedades mecánicas del suelo estabilizado y determinar la dosificación adecuada de ARC para estabilizar el suelo.

Por consiguiente, esta investigación es experimental de tipo aplicada basándose en un nivel explicativo de enfoque cuantitativo, donde el suelo en estudio es la Av. Villa Hermosa Chilayo, Lambayeque.

Por tanto, se concluye que incorporar ARC a un suelo tipo SP-SC, arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad con 2.5% mejora las propiedades mecánicas del suelo y su valor de soporte (CBR).

Palabras clave: Estabilización, aceite de motor, valor de soporte.

ABSTRACT

The influence of combustion residue oil on soil contamination is significant due to the amount of burnt oil discarded by lubricant centers and maintenance workshops in the city. In José Leonardo Ortiz, in the province of Chiclayo, department of Lambayeque, this problem has been accentuated due to the increase in the number of establishments that sell motor oil. To address this challenge, the incorporation of combustion residue oil has been investigated as a solution to stabilize natural soil and improve its mechanical properties.

The main objective of this research is to identify the characteristics of the soil under study, distinguish the physicochemical characteristics of the ARC, incorporate percentages of 1.5%, 2.5%, 3.5% and 4.5% to the soil, obtain the mechanical properties of the stabilized soil and determine the appropriate dosage of ARC to stabilize the soil.

Therefore, this research is experimental of applied type based on an explanatory level of quantitative approach, where the soil under study is Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.

Therefore, it is concluded that incorporating ARC to a soil type SP-SC, poorly graded sand with clays of low plasticity with 2.5% improves the mechanical properties of the soil and its support value (CBR).

Keywords: stabilization, engine oil, support value

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las deficiencias que tiene un camino, trocha, o vía es la baja capacidad portante del suelo, mostrando así una deficiencia para la estabilidad del suelo, haciéndolo inestable, siendo un grave problema a enfrentar a nivel mundial. En Colombia, Alarcón, Jiménez y Benítez (2020) sostienen que las carreteras son la principal forma de transporte, teniendo una elevada demanda en infraestructura vial, y los materiales de alta calidad a veces son difíciles de conseguir por lo que en contexto la estabilización de suelo en el proceso de construcción de una vía, suele ser necesaria cuando la resistencia del suelo es baja (p.5). Por otro lado, para incrementar la resistencia del suelo, la subrasante se estabiliza ocasionalmente o se reemplaza con material de suelo más resistente, aumentando la resistencia de la subrasante generando menores espesores de las capas de pavimento, permitiendo un ahorro significativo en cada proyecto (Andavan y Maneesh, 2019, p. 5).

En Pakistán Iqbal (2020) indica que las carreteras locales fallan prematuramente debido a la baja calidad de materiales usados en la construcción de carreteras. Esto ha hecho que sea extremadamente importante estabilizar el suelo nativo (p. 2). Adeyanju y Okeke (2019) investiga la utilización de CKD, un residuo sin valor económico y ambiental, para utilizarlo como estabilizador de suelo en la ruta Abeotuta-Lagos, obteniendo resultados beneficios en la mejora de suelos (p. 2).

More y Ydrogo (2019) indican que no se han realizado estudios en Perú para estabilizar suelos con alto contenido de finos; sólo se cogen las propiedades químicas y experiencias que provienen del exterior, esto representa un problema latente en la construcción de infraestructura vial. La principal causa para estabilizar un suelo en el ámbito nacional se debe a la presencia de suelos inestables, compuestos por suelos de baja resistencia como los suelos arcillosos (p. 1).

Mija (2021) indica que por el poco interés por parte del estado de cerrar las brechas de infraestructura vial, además ante la naturaleza de nuestro territorio que tiene la presencia de una gran diversidad de suelos finos con poca resistencia al soporte de cargas de tránsito y el estado actual, sugiere que el estado incentive los

estudios en materia de estabilización de suelos con nuevos materiales, lo que traería como efecto la reducción de los elevados costos generados por los movimientos de tierra en la construcción de carreteras (p. 2).

Ocas, y Saavedra (2022) afirma que la estabilización de suelo en los caminos vecinales de los diferentes departamentos del Perú depende de las características propias que posee el camino y de los programas de desarrollo vial por parte de las autoridades (p. 8). Cusi (2022) afirma que se debe promover innovadoras técnicas para estabilizar suelos de fundación, como el uso de aditivos no convencionales, y convencionales los mismos que son mencionados por las normativas técnicas de carreteras y manuales de pavimentos (p.20). Iqbal et al. (2020) al investigar los suelos de Chachapoyas, indica que, a nivel de subrasante de las estructuras de pavimento, los suelos son inestables generando daños en las estructuras viales, generando daños a la economía de la zona, por lo que recomienda un auge en la investigación y en consecuencia la creación de técnicas de estabilización de suelos acorde a la realidad (p.5).

La estratigrafía de la región Lambayeque está conformada por generalmente por suelos con a la presencia de arenas, limos y arcillas. En distrito de la José Leonardo Ortiz se observan deficiencias a nivel superficial en la capa de rodadura de los pavimentos, que son producto de fallas en el suelo de fundación que no han sido estabilizados adecuadamente, los cuales al estar sometidos a las presiones que ejercen los vehículos que circulan, sufren deformaciones que con el pasar del tiempo dañan la generan superficies con bacheos, grietas, ojos de pescado y otros tipos de fallas que no permiten un tránsito adecuado. Este problema se agrava especialmente en épocas lluviosas, especialmente cuando la región afronta el Fenómeno del Niño, debido a que el agua de las lluvias al infiltrarse en las capas de suelo con presencia de arenas o arcillas, que producen cambios volumétricos en estas, generando daños a los pavimentos. La falta de estabilización de suelos de manera adecuada a la realidad regional ha generado, que en la actualidad la mayoría de nuestras vías locales presente n fallas, entorpeciendo el tránsito y generando mayores costos de transporte.

Ante ello, la presente investigación tiene como formulación del problema: ¿De qué manera influye en la estabilización del suelo de la Av. Villa Hermosa

Chiclayo, Lambayeque, la incorporación del aceite de residuo de combustión? La hipótesis: La incorporación del aceite de residuo de combustión logra estabilizar el suelo en la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque. En cuanto al objetivo general: Determinar la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque con la Incorporación del aceite de residuo de combustión. Objetivos específicos: Identificar las características geotécnicas del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque. Distinguir las características físico químicas del aceite de residuo de combustión a ser utilizadas en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque. Aplicar el aceite de residuo de combustión en porcentajes 1.5, 2.5, 3.5 y 4.5 % en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque. Obtener las propiedades mecánicas de la estabilización del suelo en la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque. Determinar la dosificación adecuada de incorporación de aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos en la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.

La presente investigación tiene una justificación a nivel técnico porque busca incorporar el aceite de residuo de combustión en el suelo a nivel de terreno natural mejorando su capacidad portante del suelo dándole una mejor resistencia. A nivel social es primordial que una infraestructura vial se encuentre en buenas condiciones y perdure a lo largo de su vida útil, es por ellos que se busca que técnicamente y económicamente un proyecto sea viable y de calidad para la sociedad. A nivel metodológico se justifica que hará uso de los procedimientos de métodos y ensayos normativos estandarizadas a nivel internacional para la extracción y estudio de mecánica de suelos de acuerdo al fin de la investigación. A nivel económico permite una reducción de costos, ya que el aceite de residuo de combustión es fácil de conseguir, su adquisición de este aglomerante disminuiría económicamente la estabilización de suelos a comparación de otras opciones. A nivel práctico se justifica que dicho residuo del aceite de motor de combustión es útil para el mejoramiento del suelo como alternativa de estabilización de suelos del mismo modo se convierte en una alternativa de solución de las vías no pavimentadas para el tránsito vehicular y peatonal, evitando contaminación por emisión de polvo, erosiones, y accidentes debido al camino intransitable, producto de las lluvias en épocas de máximas avenidas presentando un terreno fangoso.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los antecedentes internacionales, Wardani et al. (2020) en su artículo cuyo objetivo fue analizar la muestra de suelo expansiva obtenida de Godong, Purwodadi con la adición de caña de azúcar (p.1). La metodología empleada fue experimental la cual se empleó un instrumento basado en los ensayos del suelo, como los límites de Atterberg, gravedad específica y el contenido de agua (p.2). Se ensayó el suelo (contenido de agua, gravedad específica, hidrómetro y límites de Atterberg), y propiedades mecánicas de Swell Test (Edometer) y CBR (California Bearing Ratio), que obtuvo 93.65% LL (límite líquido), 31.08% PL (límite plástico) y 62,57% IP (índice de plasticidad). Mientras que se obtuvo una fracción fina tamaño de tamizado <0,075 mm (90,48%), y una fracción gruesa de 0,075 mm (2,16%). Además, la adición de caña de azúcar aumenta las propiedades del suelo de LL y PL, y disminuye su IP. También afectó los valores del CBR empapado y sin empapar con un aumento constante del 7,5 % y una disminución del 10 %. Pero no es capaz de mejorar la contracción del suelo (p.3-7).

Según Del Castillo y Orobio (2020) elaboraron un artículo sobre el efecto del aceite de motor en un suelo fino de subrasante, donde tiene como objetivo evaluar de manera preliminar la propiedad geotécnica del suelo fino de subrasante añadiendo aceite de motor (p.1). La metodología empleada fue experimental y asimismo la muestra estuvo formada por suelos estabilizados y no estabilizados empleando una guía de observación (p.2). A razón que se va aumentando el contenido de aceite de motor usado (AMU), los resultados indican que el límite líquido-plástico tiende a disminuir, la máxima densidad seca mejora ligeramente, el porcentaje de contenido de humedad óptimo se reduce significativamente y el módulo de la resistencia a la compresión no confinada (q_u) permanece sin alteraciones, hasta un 8% y no se evidencia ningún cambio significativo en la permeabilidad (k) (p.5).

Según Andavan y Maneesh (2019) en su trabajo de investigación tiene como objeto potenciar las propiedades del suelo de grava mediante la incorporación de emulsión de hidrocarburos (p.1). La metodología es experimental asimismo la muestra estuvo formada por los suelos de grava del tipo de construcción mediante

métodos de estabilización la cual empleo donde se empleó el instrumento la guía de observación (p.3). Los resultados obtenidos se comparan luego con el suelo tratado con 10%, 20% y 25% de emulsión bituminosa. Concluyendo que las pendientes en los cortes y terraplenes, necesitan un aumento de la capacidad de carga del suelo, etc. Por lo tanto, se requiere de algún tipo de estabilización del suelo (p.4).

Paéz y Díaz (2019) en su investigación plantea como objetivo determinar cómo influye el aceite sulfonado en las propiedades dinámicas y en la rigidez a pequeñas deformaciones de un elemento granular (p.15). El método es aplicado con diseño experimental la cual se empleó como instrumentos formatos para los ensayos respectivos (p.35). Los resultados indicaron que el módulo diferencial de rigidez del material al día 30 mostró dos comportamientos característicos: un aumento promedio del 65% en comparación con la muestra estándar sin la adición de aceite sulfonado, mientras que G permaneció sin cambios. En comparación con la muestra estable de 0 días; a partir de ahí, el módulo disminuye a medida que aumenta el tiempo de envejecimiento, acercándose al 50% frente a los 90 días, mientras que la deformación aumenta (p.61). Concluyendo que la influencia del aceite sulfonado se manifiesta principalmente en un cambio microestructural del material con la pérdida de humedad y el aumento del tiempo (p.85).

Loaiza (2017) en su investigación cuyo objetivo fue modificar la capacidad y la resistencia del suelo GP no aptos mediante el empleo de la vinaza (p.11). El método empleado fue de tipo práctica la cual se empleó como instrumentos una guía de observación de acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio (p.40). Los resultados indican que el contenido de humedad óptimo del material GP que utilizamos se determina mediante una prueba de compresión simple y la aplicación de un modelo matemático para determinar la proporción apropiada de granos de destilería, como 50 % de granos de destilería y 50 % de agua (p.54). Se concluyó que el CBR aumentó en un 10% utilizando la proporción óptima de granos de destilería, ya que este es un material que se diluye fácilmente en agua, facilitando así su mezcla y colocación sobre el material granular (p.71).

Por otro lado, desde un enfoque nacional, encontramos a Sotomayor (2023) en su investigación cuyo objetivo fue determinar la estabilización de suelos

cohesivos mediante empleo de residuos de lubricantes de motores (p.20). la metodología empleada fue aplicada, de diseño experimental y den nivel descriptivo, la cual se empleó como instrumento formado por las fichas técnicas, la entrevista y una guía de observación (p.44). los resultados indican que, en las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo, presenta ser un tipo SP – SM en las primeras tres calicatas con índice de plasticidad NP, no plásticos y SC en las últimas tres, con índice de plasticidad de 1.70%, 1.10% y 1%, variando una humedad de 1% y 3%, un CBR al 95% y 100% con incorporación de residuos de aceite de lubricantes con 1.5% un CBR que oscila entre 21.4% y 16.1%, con 2.5% entre 14% y 31.7%, con 3.5% entre 13.2% y 38.2% y con 4.5% desde 13.9% hasta 25.1% siendo el más favorable para la estabilización el de 3.5% de adición de RAL (residuos de aceite de lubricantes) (p.55).

Balmaceda y Torres (2022) quienes realizaron la investigación tiene como objeto encontrar el adecuado porcentaje en el cambio de LPMPL y ARM, por agua en el mejoramiento de suelos (p.15). El método de diseño es cuasi experimental, la muestra es el suelo natural de las progresivas 2+000km al 6+000km en la cual se utilizó como instrumento los diferentes formatos para los ensayos respectivos (p.50). Los resultados arrojaron que los valores de los indicadores de los ensayos de LL, LP, DMS, OCH, CBR- 95% y CBR-100% mostraron cambios positivos, logrando encontrar el porcentaje que brinda las mejores cualidades para la sustitución de agua por la combinación de aceite residual de motores (ARM) y liquido de pseudotallo de musa paradisiaca (LPMP), en la estabilización de la fundación (p.68). Se concluyó, según los ensayos realizados que en las dosificación donde se usó 20% de ARM más 20% de LPMP, mejoró los límites de consistencia como el LL a un 24% en la calicata 02; respecto al LP de la calicata 01 y de la calicata 02 se evidencio una variación aumentando su valor en un 3% y un 8% en comparación con la muestra convencional (SN); referidos al valor de MDS igual a 2,5033 g/cm³, se evidencio un aumento respecto al SN que tiene un valor MDS de 2.13 g/cm³ ; mientras que con una dosificación de 10% de ARM más 10% de LPMP mejoró el OCH ,aumentando los valores en porcentajes de 0,48% para C-01 y 1.21% para C-02, también muestra un CBR al 95% de 32,030 aumentando en cuanto al valor del SN y CBR al 100% de 48.1833 respecto al SN que tiene un valor de 34.6333 (p.98).

Jalanoca (2021) realiza un estudio cuyo objetivo fue determinar cuál es el porcentaje óptimo de adición de aceite residual para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante de una carretera (p.15). El método empleado fue el diseño experimental, de tipo aplicada a nivel explicativo presentando un enfoque cuantitativo donde se tomó como instrumento la guía de observación (p.42). Los resultados mostraron una influencia positiva en el rango del 1.5 % al 3.5 % de adición de aceite residual, por lo que se obtuvo un 2.056 gr/cm³ en la máxima densidad seca de la muestra natural, mientras que, con una adición de 1.5%, 2.5%, 3.5% de aceite se alcanzó valores de 2.06 gr/cm³, 2.077 gr/cm³, 2.086 gr/cm³ respectivamente , así mismo con respecto al CBR al 100% de la muestra patrón se llegó a 40.2%, mientras que con los porcentajes de 1.5%, 2.5%, 3.5% de aceite residual se obtuvo módulos de 55.5%,74.4%y 83.5% respectivamente (p.60). Por lo que se concluye que la incorporación del aceite residual al 3.5% obtuvo un mejor resultado en la estabilización del suelo en subrasante (p.79).

Mendoza (2020) elaboro un estudio cuyo objetivo fue determinar la estabilidad de suelos cohesivos como aceite de motor reciclado para formar subrasantes en caminos de poco tráfico (p.2). El método de investigación es experimental presentando un enfoque cuantitativo donde se tomó como instrumento la guía de observación (p.45). Los resultados mostraron que el aceite de motor reciclado estabiliza las arcillas clasificadas por AASHTO como A-6(6) y SUCS (CL); el ensayo muestra que el esfuerzo cortante (CBR) para la cohesión del suelo sin estabilizador (estado natural) es del 23,66 %, y el del suelo con estabilizador es del 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, respectivamente. Para el agua los valores de CBR obtenidos al 100% MDS fueron 18,13%, 25,84%, 29,38% y 35,25% (p.72). Concluyendo que los resultados mostraron que la mejora del suelo cohesivo con aceite de motor reciclado estuvo dentro del rango de concentraciones de metales pesados (p.90).

Gómez y Silva (2020) quienes elaboraron una investigación cuyo objetivo fue determinar cómo incide el aceite sulfonado y cemento hidráulico en la estabilización de la vía Huaylillas – Pataz (p.33). El método es experimental y de tipo aplicada la cual se empleó como instrumento formatos para los ensayos respectivos (p.81). Los resultados indican que Se agregaron pruebas de CBR y

compresión no confinada de muestras de suelo con 0.5%, 2%, 3.5% y 5% de cemento Portland Tipo I (aditivo sólido) y 0.30 Lt/m³ de aceite sulfonado (aditivo líquido), agregando CBR a la muestra M1 19.6% al 100,2%, M2 5,8% al 78,1%, compresión libre para cumplir con los requisitos estándar 18,35 kg/cm², la dosificación es de 3,5% de cemento más 0,30 litros/m³ de aceites sulfonados (p.118). Concluyendo que el espesor del pavimento estabilizada por el método NAASRA utilizando CBR se mejoró con aceite sulfonado aditivo y cemento hidráulico de uso general, resultando para capa de e= 20 cm (p.152).

Referente a la variable independiente, aceite de residuo de combustión (ARC) se tiene:

El aceite de residuo de combustión, es un desecho altamente contaminante compuesto de metales pesados que causa daños al medio ambiente constituyendo un problema directo sobre la salud humana (Lokmane et al., 2021, p.1552).

Según García et al. (2018), la densidad del aceite de motor usado es un indicador de su grado de contaminación por partículas metálicas y agua (p.11).

La viscosidad del aceite de motor usado es un indicador de su resistencia al flujo y de su capacidad de lubricación (Pérez et al., 2017, p.139).

Respecto a la variable dependiente, estabilización de suelos:

La estabilización de suelos son procesos de mejoramiento de la condición funcional y estructural que permite mejorar la calidad del suelo natural mediante la implementación de productos naturales, químicos o sintéticos (Assia et al., 2022, p.1).

Haspina et al. (2022) menciona que la estabilización del suelo aumenta las propiedades de ingeniería adquiriendo un mejor comportamiento de recibir las cargas de peso y la capacidad a la tracción (p.2). Mayormente la estabilización de suelos se necesita cuando el terreno debajo la cimentación para su construcción no es el óptimo para resistir la carga estructural (Jafer et al., 2018, p.1).

Yu et al. (2022) señala que las soluciones de estabilización del suelo son acciones adecuadas para reducir la permeabilidad del suelo y la compresibilidad de la masa del suelo en las superficies de tierra y mejora su capacidad al corte y a la

flexión (p.1), lo contribuyendo a la disminución del asentamiento global o diferencial de las estructuras, por lo tanto, la estabilización del suelo es un procedimiento muy usual en la mayoría de proyectos de carreteras (Jia et al., 2018, p.1).

La granulometría consiste en la gradación de los componentes del suelo o sedimento con la finalidad de separar las partículas del sustrato para determinar sus propiedades físicas y mecánicas individualmente (p.3) (Evgenii y Andrey, 2022). El análisis granulométrico con tamices es un método de clasificación que consiste en colocar el suelo mediante una serie de tamices o mallas de alambre para establecer el porcentaje que pasa o atraviesa por cada tamiz (Reza et al., 2022, p.1).

Danish et al. (2022) indica que un papel semilogarítmico donde se establece en el eje horizontal el diámetro correspondiente de cada tamiz y en el eje vertical los porcentajes que pasan obteniéndose así la curva de distribución granulométrica, de uso fundamental para la clasificación del suelo según la norma estándar de clasificación SUCS y conocer si se encuentra bien gradada para el empleo de una base de construcción (p.1).

Los límites de consistencia o límites de Atterberg se establecen en la propiedad de suelos finos que se encuentran en la naturaleza, en diversos estados que están relacionados con la presencia de agua en su composición. Sus diferentes estados son: sólido, semisólido, plástico y líquido (Fujun et al., 2018, p.1).

Según Pooria y Ranjbar (2020), destacan que la forma más adecuada para estimar los límites de humedad es del Atterberg, que viene a ser los diferentes cambios que un estado pasa a otro estado según la norma AASTHO (p.2).

El límite líquido refiere a la cuantía de humedad que posee un suelo, donde se manifiesta un comportamiento plástico y su valor resulta ser obtenido con la copa de Casagrande, donde se produce el cambio cuando disminuye su humedad de consistencia líquida a consistencia plástica o cuando aumenta su humedad de consistencia plástica a la líquida (Kumar et al., 2022, p.3).

El límite plástico es el volumen de humedad por debajo del cual el suelo ya no se encuentra en fase plástica y comienza a tener un comportamiento endurecido para convertirse en estado semisólido (Linares et al., 2022, p.1).

El índice de plasticidad (IP), definido como el valor que excede entre los módulos de límite líquido y límite plástico e indica la cantidad de humedad que presenta un suelo en estado plástico antes de convertirse en estado líquido (Di et al., 2022, p.2).

El contenido de humedad se refiere a la cuantía de agua almacenada en sus partículas del suelo que se obtiene de la razón del peso de agua retenida por el peso en su estado sólido, donde su valor de capacidad de humedad se contrasta con el contenido de humedad óptimo alcanzadas en el ensayo de Proctor estándar para la obtención del CBR del suelo mismo (Zhengdong et al., 2022, p.4).

La máxima densidad seca es el máximo valor obtenido de peso seco, que se establece como la mayor densidad alcanzada en un suelo que se compacta conforme a su contenido de humedad ideal de forma preestablecida (Reiterman et al., 2022, p.2).

Wei et al. (2022) define al CBR se usa para determinar el potencial portante de los suelos compactados, que constituye en la penetración de dicho suelo para comprobar sus características mecánicas en el diseño de carreteras como también en clasificación de terreno (p.3). Es un ensayo que estima la presión necesaria en el suelo y analiza la capacidad de carga a la que es sometida, sin embargo, no refleja la acción de esfuerzo de tránsito (Ya-Song et al., 2022, p.2).

Además de forma complementaria:

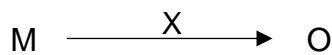
NTP.900.050:2022 fue aprobada por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) el cual establece las medidas para el manejo ambientalmente adecuado de los aceites usados en el Perú, abarcando las etapas de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, valorización y disposición final de los aceites usados, indicando su uso correcto para prevenir los impactos negativos a la salud y al medio ambiente (p.1). Para ello se sustenta en el Anexo 15: "Norma Técnica Peruana (NTP) 900.050-2022 – GESTIÓN DE RESIDUOS. Manejo de aceites usados", la Composición de los aceites usados, los límites para la valorización del aceite usado, las especificaciones del aceite usado para valorización energética, las Características fisicoquímicas del aceite usado y Métodos de ensayo recomendados para los parámetros del aceite usado.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según Torres et al. (2018) definen la investigación aplicada como la utilización de conocimientos adquiridos de teorías científicas y metodologías para su aplicación en la realidad, con el fin de beneficiar a la sociedad, se le conoce también como investigación empírica, es por ello que esta investigación es aplicada, generando nuevos conocimientos y los cambios que se producen en la incorporación del residuo de Aceite de Motor de Combustión en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque (p.1365).

El diseño de esta investigación es experimental, según lo indica Torres et al. (2018) que sostiene que la investigación experimental consiste en el manejo de la variable independientes para medir el resultado en la variable dependiente, que no es más que la consecuencia de modificar una variable y su cambio que produce en la otra variable (p.1366).



M: Muestra de suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque

X: residuo de aceite de moto (1,5%; 2.5%, 3.5%,4.5%)

O: propiedades mecánicas del suelo estabilizado con residuo de aceite de motor

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Aceite de residuo de combustión

Son residuos altamente contaminantes compuestos de metales pesados que llega a causar daños al medio ambiente constituyendo un problema directo sobre la salud humana (Lokmane et al., 2021, p.1552).

Variable Dependiente: Estabilización de suelos

Proceso de mejoramiento de la condición funcional y estructural que permite mejorar la calidad del suelo natural mediante la implementación de productos naturales, químicos o sintéticos (Assia et al., 2022, p.1).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Torres et al. (2018) señala que la población de estudio constituye el universo de individuos de una zona establecida que comparten características similares donde se analiza y se recopilara la información del conjunto de datos del interés de estudio (p.1364). La población lo conforma el suelo de la Avenida Villa Hermosa del distrito de Chiclayo.

Muestra

Torres et al. (2018) manifiesta que las investigaciones deben de garantizar la veracidad de la información de interés y estar sujeta a la crítica seleccionando una parte racional de la población para el objeto de estudio de la investigación (p.1364), son los ensayos de laboratorio a la cual se va someter las muestras de suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.

Tabla 1: Muestra

Ensayos	Ensayos de laboratorio					Sub total
	Patrón	1,50%	2,50%	3,50%	4,50%	
Granulometría	01					01
Límites de consistencia	01					01
Contenido de humedad	01					01
Clasificación SUCUS	01					01
Clasificación AASTHO	01					1
Proctor modificado	01	01	01	01	01	5
Ensayo de valor de soporte (CBR)	01	01	01	01	01	5

Fuente: Elaborado por el investigador

Muestreo

Torres et al. (2018) manifiesta que el muestreo no probabilístico son muestras arbitrarias debido a la selección subjetiva, son informales y se

consideran supuestos totales sobre la distribución de variables, además el investigador selecciona la muestra en base a sus criterios particulares que para su juicio corresponde a la población representativa el cual se le debe exigir de conocimientos previos de la población. Por lo tanto, esta investigación el muestreo es no probabilístico, por la determinación de un criterio técnico del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Arias (2021) indica que la observación se caracteriza cuando el investigador realiza la observación experimental del fenómeno u objeto de estudio en su condición natural, es decir no existe la interacción de investigador y objeto (p.60). Es por ello que en la presente investigación se indica la observación experimental y el análisis documental. (ver anexo 1 y 2).

- Observación
- Análisis de fuentes documentales

Instrumentos de recolección de datos

Arias (2021) señala que el instrumento constituye una herramienta básica utilizada por el investigador para obtener información que le permita realizar el trabajo de su proyecto indagado, su principal función es la conseguir datos de primera fuente de la sociedad o los fenómenos que deseamos comprender (p.61). A sí mismo, deben ser sistemáticos y organizados, característica primordial vinculada con la utilidad y confiabilidad de la información recolectada para su análisis. En el actual estudio el instrumento de la investigación es la guía de observación, ficha de registro de datos, tablas, software, así mismo se empleará diversos equipos de laboratorio de suelos.

La validez del proyecto de investigación en Ingeniería Civil será evaluada para confirmar su validez mediante la revisión de especialistas en la materia. Esto incluirá la validación de los instrumentos que se utilizarán en los ensayos de laboratorio, mientras que las obtenciones de firmas de expertos en el tema ayudarán a consolidar la calidad de los instrumentos propuestos.

En cuanto a la confiabilidad del proyecto de investigación, muestra conexión con respecto a la calibración de los equipos utilizados en los ensayos de laboratorio. El propósito de esto es asegurar que los resultados obtenidos en los ensayos sean lo más precisos posible y, al mismo tiempo, sean confiables. Es decir, se busca garantizar la confiabilidad de los resultados mediante la calibración adecuada de los equipos de laboratorio.

3.5. Procedimientos

- se hizo una recolección de información de fuentes fiables como artículos científicos, tesis, normas, los cuales respaldan la investigación.
- Para desarrollar los objetivos propuestos se realizó la exploración del terreno realizando el levantamiento topográfico, seguido de las exploraciones de calicatas realizadas in situ para la extracción de las muestras de suelos de la Av. Viilla Hermosa Chiclayo, Lambayeque, según los requisitos de la norma técnica peruana NTP 339.162 ASTM D420.
- Se procede a realizar los ensayos de laboratorio de las muestras patrón en estado natural y las muestras incorporando aceite de residuo de combustión al 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%.

Ensayos de laboratorio

Para el estudio de las muestras extraídas de las calicatas se realizarán los ensayos de mecánica de suelos según el Manual de Carreteras del MTC, sección suelos y pavimentos.

Tabla 2. Ensayos de mecánica de suelos

Denominación de ensayo	Norma Técnica Peruana - ASTM
Contenido de humedad	339.127 – 2216
Análisis granulométrico por tamizado	339.128 –D422
Límites de Atterberg e índice de plasticidad	339.129 –D4318
Clasificación de suelos SUCS.	339.134 –D2487

Clasificación de suelos ASSTHO	339.135 – D3282
Proctor modificado	339.142 – D1557
Valor relativo de soporte (CBR)	339.145 – D1883

Fuente: Elaborado por el investigador

- Se realizará el análisis comparativo de los resultados determinando así las conclusiones y discusiones de los objetivos propuestos.

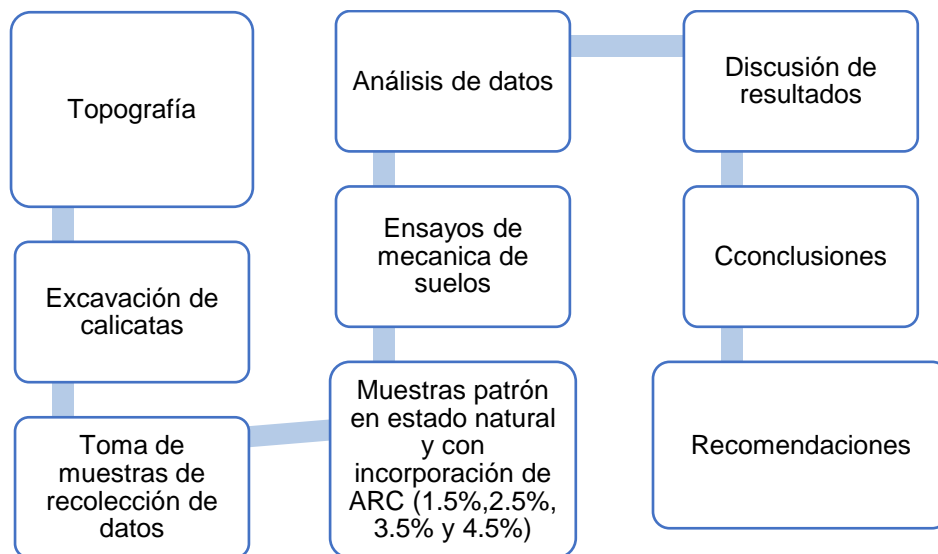


Figura 1: Diagrama de flujo.

Fuente: Elaborado por el investigador

3.6. Método de análisis de datos

La metodología de análisis de datos para el estudio se establecerá mediante pruebas de laboratorio durante el transcurso del estudio. Además, será supervisado por un experimentado en la materia el cual revisará los datos recogidos. Para justificar que la inversión privada en este proyecto será rentable, es necesario analizar la información obtenida en la zona de estudio mediante ensayos de laboratorio. Dichos ensayos deben estar en concordancia con la normativa para demostrar la aplicación en una futura ejecución real del proyecto (Arias, 2021, p.57).

Los datos se analizarán empleando el método analítico, que permite obtener la información útil que cumple con las normativas técnicas vigentes, para ello se utilizará la herramienta de Microsoft Excel para recopilar y procesar los datos

además de calcular los resultados obtenidos de los máquinas y equipos de ensayo de la mecánica de suelos e inferir las conclusiones de los resultados de esta investigación.

3.7. Aspectos éticos

La investigación desarrollada estará orientada por los principios éticos regidos en el código de ética del colegio de ingenieros del Perú, donde los investigadores que llevan a cabo los estudios asumen con el total de responsabilidad, donde se planificara de manera consciente y ampliada, para prevenir cualquier clase de error que se manifieste en los resultados, respaldando su veracidad de los mismos. Así mismo, se emitirán se difundirá los informes completos, con el propósito que los datos que se obtienen no se tergiverse y por lo tanto evitar cualquier mal entendido que afecte la objetividad y honestidad del trabajo.

En este estudio se guía por principios éticos como el respeto y la honestidad sobre los derechos del autor, los datos son correctos, no hay cambios, se utilizarán diseños aprobados por los estándares internacionales vigentes y se seguirá la metodología y normativa de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS

Referente a identificar las características geotécnicas del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, se tiene:

Tabla 3: Av. Villa Hermosa, Chiclayo, características geotécnicas del suelo, por número de calicata, 2023

CALICATAS – N°	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	C - 7	C - 8
Tipo de suelo	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad”	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad	arena arcillosa de baja plasticidad	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad	arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad
SUCS	SP-SC	SP-SC	SP-SC	SP-SC	SC	SP-SC	SP-SC	SP-SC
AASHTO	A-2-6(0)	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6 (0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)
LL	35.22	32.51	31.00	31.89	32.06	22.44	37.65	34.16
LP	21.37	21.78	20.20	21.00	18.77	19.01	24.79	21.16
IP	13.84	10.73	10.80	10.89	13.29	14.43	12.86	13.00
contenido de humedad	20.1	19.3	20.00	21.6	13.8	14.6	14.00	13.9

Fuente: Elaborado por el investigador

Se efectuaron ensayos para determinar la composición granulométrica, determinación de los límites de consistencia y medición del contenido de humedad, de los cuales según tabla N°3, después de haber clasificado los tipos de suelos de las muestras extraídas, se encontró una arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad para las calicatas 1,2,3,4,6,7 y 8 (SP-SC) y una arena arcillosa de baja plasticidad para la calicata 5 (SC).

Se distingue también las características físico químicas del aceite de residuo de combustión a ser utilizadas en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque:

Tabla 4: Características Físicoquímicas de los aceites usados

CARACTERÍSTICAS	AUTOMOTRIZ	INDUSTRIAL
Viscosidad al 40° C, SSU	97 al 120	143 al 330
Gravedad al 15,6°C, API	19 al 22	25,7 al 26,2
Peso específico al 15.6°C	0,9396 al 0,8692	0,9002 al 0,8972
Agua, % volumen	0,2 al 33,8	0,1 al 4,6
Insolubles en benceno (% en peso)	0,1 al 4,2	0,0
Solubles en gasolina, %Volumen	0,56 al 33,3	0,0
Punto de ignición, °C	78 al 220	157 al 179
Potencia calorífica, MJ/kg	31,560 al 44,880	40,120 - 41,840

Fuente: NTP 900.050 - 2022

Las propiedades de los aceites de residuo de combustión están en función a su fabricación y el uso que se destina.

Aplicar el aceite de residuo de combustión en porcentajes 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.

Tabla 5: Incorporación en peso de ARC a la muestra patrón

MUESTRA (KG)	ACEITE DE RESIDUO DE COMBUSTIÓN	gramos (gr.)
5500 kg	1.50% ARC	83 gr.
	2.50% ARC	138 gr.
	3.50% ARC	193 gr.
	4.50% ARC	248 gr.

Fuente: Elaborado por el investigador

La incorporación del aceite de residuo de combustión se realizó en función al peso total de la muestra, por el porcentaje de adición del ARC, teniendo como unidad de medida “gramos” (gr) para su adición.

Luego referente a obtener las propiedades mecánicas de la estabilización del suelo en la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, se tiene:

Los ensayos de Proctor modificado obteniéndose la MDS el cual está en relación al OCH.

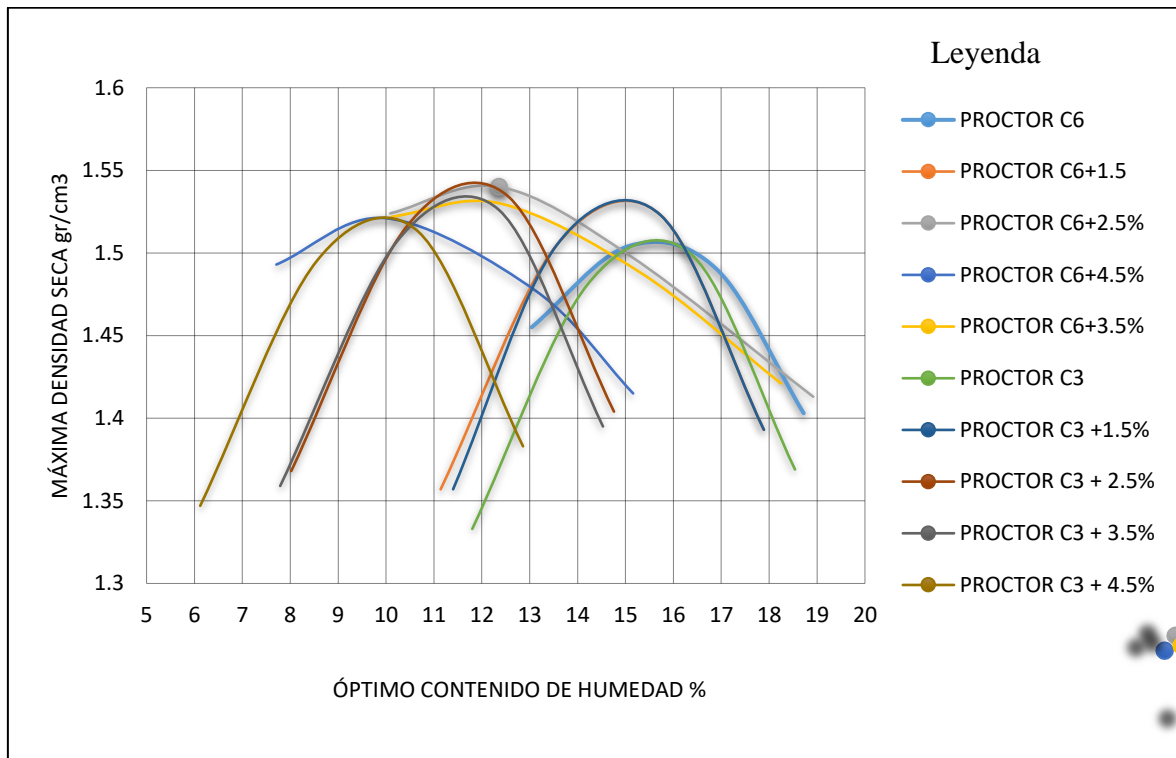


Figura 2: Diagrama OCH- MDS C-3 y C-6 para el tramo km 0+000 al km 4+307 2023

Fuente: Elaborado por el investigador

Se encontró las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con ARC para la calicata 3, obteniéndose en primer lugar el OCH y MDS de 15.64% y 1.508 gr/cm³ respectivamente en estado natural, luego con la adición de 1.5% de ARC se obtuvo un 14.98% y MDS de 1.531 gr/cm³, mediante 2.5% de ARC un 11.86% y MDS de 1.542 gr/cm³, con 3.5% de ARC se obtuvo 11.63% y una MDS de 1.533 gr/cm³, por último, añadiendo el 4.5% de ARC se obtuvo 9.96% y MDS de 1.521 gr/cm³.

A la vez en la figura 2, se obtuvo también las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con ARC de C-6 dando resultados en su OCH y su MDS de 15.64% y 1.508 gr/cm³, en estado natural y con la adición de 1.5% de ARC se obtuvo un OCH de 14.98% con MDS de 1.531 gr/cm³, mediante 2.5% de ARC se obtuvo

11.86% y MDS de 1.542 gr/cm³, sumándose el 3.5% de ARC se obtuvo 11.63% de MDS de 1.533 gr/cm³, por último, añadiendo el 4.5% de ARC se obtuvo 9.96% de MDS de 1.521 gr/cm³.

Se suma también el CBR de C3 y C6 con los porcentajes de adición de ARC en 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% con una penetración de 0.1" y 0.2" al 95% y 100% determinando el valor de soporte del suelo en estado natural y estabilizado de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque:

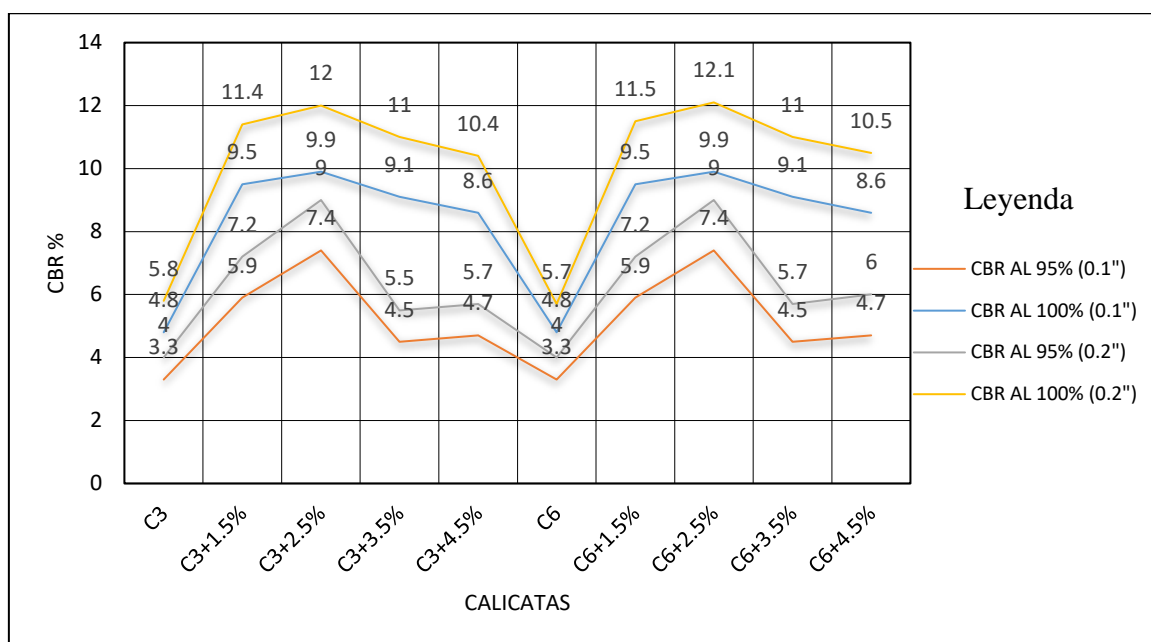


Figura 3: Av. Villa hermosa Chiclayo, Lambayeque – CBR de C-3 y C-6 con penetración de 0.1" y 0.2"

Fuente: Elaborado por el investigador

Con penetración de 0.1" al 95% en estado natural se obtuvo un 3.3% para ambas calicatas, con la incorporación del 1.5% de ARC dio un CBR de 5.9%, con el 2.5% de ARC un CBR de 7.4%, con el 3.5% de ARC un CBR de 4.5% y con el 4.5% de ARC un CBR de 4.7%, indicando que con los resultados obtenidos mejora la resistencia del suelo en estado natural al incorporarle el ARC, mejorando sus propiedades del suelo al estabilizarlo.

Sumándose el ensayo de CBR al 100%, con penetración de 0.1" en estado natural el cual se obtuvo un 4.8% para ambas calicatas, con la incorporación del 1.5% de

ARC dio un CBR de 9.5%, con el 2.5% de ARC un CBR de 9.9%, con el 3.5% de ARC un CBR de 9.1% y con el 4.5% de ARC un CBR de 4.8%.

A la vez los datos obtenidos de CBR al 95%, con penetración de 0.2" tal como se muestra en la figura 4, en estado natural se obtuvo un 4.0% para ambas calicatas, con la incorporación del 1.5% de ARC dio un CBR de 7.2%, con el 2.5% de ARC un CBR de 9.0%, con el 3.5% de ARC un CBR que oscila entre 5.5% y 5.7% con el 4.5% de ARC un CBR que oscila entre 5.7% y 6.0%, obteniéndose un mayor valor de soporte respecto a la penetración de 0.1", verificándose que en la calicata C-3 se obtuvo un menor valor de soporte con respecto a la calicata 6.

De la figura 4, se obtuvo un CBR al 100% con penetración de 0.2", para las calicatas C-3 y C-6, el cual incorporándose el ARC se obtuvo un CBR en estado natural del suelo que oscila entre 5.7% (C-6) y 5.8%(C-3), con el 1.5% de ARC un CBR de 11.% para ambas calicatas, con el 2.5% de ARC un CBR de 12% para C-3 y 12.1% para C-6, para la incorporación de 3.5% de ARC de obtuvo un 11% para ambas, finalizando con el ultimo porcentaje de ARC de 4.5% un CBR de 10.4% para C-3 y un CBR de 10.5% para C-6.

Después de analizar las propiedades del suelo estabilizado con la incorporación de residuos de aceite de combustión sobre el porcentaje que dio mejor resultado es de 2.5% de ARC obteniéndose a una penetración de 0.1" al 95% un CBR de 7.4% y CBR de 9.9% al 100%, se suma también los resultados a una penetración de 0.2" obteniéndose como mejor resultado al 95% un CBR de 9.0% y al 100% un CBR de 12%, proponiendo como mejor resultado la incorporación de 2.5% de ARC para la estabilización del suelo de la Av. Villa hermosa Chiclayo, Lambayeque.

Referente a la validación de hipótesis nos da un coeficiente de 0.90 lo cual es altamente confiable ver anexo 16, alfa de Cronbach.

V. DISCUSIÓN

- Con respecto a identificar las características geotécnicas del suelo en la tabla N°3 se determinó los resultados del tipo de suelo, de acuerdo a la clasificación SUCS y AASHTO, y el ensayo de granulometría, dando como resultado una arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad (SP-SC), realizándose también los ensayos de límites de consistencia, resultando para el Límite líquido (LL) valores entre 22.44 % al 37.65 %, para el límite plástico (LP) un valor entre 18.77% al 24.79%, y un contenido de humedad que va desde 13.8% al 20.1%. Según Andavan y Maneesh (2019), resaltan la importancia de ensayos previos para poder conocer el valor de soporte del suelo como es análisis de tamiz, límite líquido, límite plástico, contenido de humedad e índice de plasticidad, para un suelo grava mediante la adición de emulsión de hidrocarburos, de modo semejante Paéz y Díaz (2019), realizaron los ensayos de límites de Atterberg, dando como resultado un LL de 45%, un LP de 20% y un índice de plasticidad de 25%, para una grava arcillosa (GC). Los hallazgos de estas investigaciones están en línea con el progreso de la investigación actual, puesto que para conocer qué tipo de suelo hay en un terreno es fundamental realizar el ensayo de granulometría, ensayos de límites de Atterberg y contenido de humedad, que están establecidos en el Manual de carreteras del MTC, sección suelos y pavimentos.
- Sobre distinguir las características físico químicas del aceite de residuo de combustión (ARC), en la tabla N°4 de esta investigación se tomó las características físico químicas del ARC en base a la NTP 900.050-2022 sobre el manejo de aceites usados el cual se recomienda que las características físico químicas del aceite de motor usado deben tener un porcentaje (%) de insolubles en benceno de 0,1-4,2 en peso , un punto de combustión de 78-220 (automotriz) y 157-179 (industrial), una viscosidad a 40°C, SSU de 97-120 (automotriz) y 143-330 (industrial), y una concentración máxima que no exceda los 50 ppm de PCB (Bifenilos policlorados). Según Jalanoca (2021), realizó los ensayos fisicoquímicos del aceite residual en el laboratorio de la UNSAAC, obteniendo un punto de

combustión en °C valores entre 240 – 245, un porcentaje (%) de insolubles en benceno de 0.88, una viscosidad a 40°C, SSU valores entre 97-120. A la vez Sotomayor (2023), considero la norma U.S. EPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, grados de aceptabilidad de los lubricantes residuales en cuanto a los Bifenilos Policlorados (PCBs), el cual no debe exceder una concentración máxima permisible (mg/kg-ppm) de 50 ppm. Estas investigaciones en relación al porcentaje de insolubles en benceno no guarda relación con esta investigación, ya que el aceite usado depende de muchos factores para su utilización y un factor importante es la contaminación a la que se puede exponer si no es gestionado correctamente, sin embargo en cuanto a la concentración máxima permisible de Bifenilos Policlorados (PCB) si concuerda con esta investigación ya que un valor por encima de lo permitido de acuerdo a la normativa vigente (NTP 900.050-2022) puede causar impactos ambientales negativos.

- Referente a la aplicación del ARC considerados en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, en la tabla N°5, se muestra los porcentajes incorporados al suelo natural de esta investigación, tomando porcentajes de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% en pesos de 83 gr., 138 gr., 193 gr. y 248 gr respectivamente. Por otro lado, Mendoza (2020) encontró otro tipo de suelo, clasificado según SUCS como una arcilla de baja plasticidad (CL), proponiendo los porcentajes de aceite de motor reciclado (AMR) en 0%, 25%, 50%, 75% y 100% complementándolo con agua en 100%, 75%, 50% y 0% para estabilizar el suelo mencionado, no obstante, según Jalanoca (2021) encontró un suelo GP-GC en su investigación el cual para estabilizar dicho suelo utilizó los porcentajes de aceite residual en 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%. Ambas investigaciones se relacionan con la metodología empleada en esta investigación, ya que incorporan diferentes porcentajes del mismo estabilizante químico para estabilizar un suelo, y la misma unidad de medida que es en gramos (gr.)
- Sobre analizar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con aceite de residuo de combustión, e la Figura 2 se muestra los ensayos de Proctor modificado en relación al óptimo contenido de humedad (OCH) y la MDS,

obteniéndose buenos resultados para una adición de 1.5% de ARC Un OCH de 14.98%, MDS de 1.531 gr/cm³ con 2.5% de ARC, un OCH de 11.86%, MDS de 1.542 gr/cm³, con 3.5% de ARC un OCH de 11.63%, una MDS de 1.533 gr/cm³ y con 4.5% de ARC un OCH de 9.96% con MDS de 1.521 gr/cm³, mostrando un aumento en la MDS hasta 2.5% de ARC, mientras que un OCH disminuye al incorporarle ARC, a la vez en la Figura 3 se muestran los resultados al 95% y 100% del CBR del suelo, mejorando su resistencia de 3.3% en estado natural a un 7.4% con la incorporación de 2.5% de ARC. Contrastando con los resultados Del Castillo y Oribio (2020), quienes tomaron los porcentajes de 0%, 4%, 8%, 12% y 16% de adición para un suelo fino de subrasante (CH y ML) también determinaron un ligero aumento en la MDS (de 7%) y para adiciones mayores al 4% y entre 0% y 4% un valor estable, a la vez Gómez y Silva (2020) realizaron el ensayo de CBR en porcentajes de adición de 0.5%, 2%, 3.5% y 5% de cemento portland Tipo I (aditivo sólido) y 0.30 Lt/m³ de aceite sulfonado (aditivo líquido) obteniendo un CBR al 100% y 95% para la M1 un rango entre 19.6% - 100.2% y para M2 un valor de 5.8% - 78.1%, obteniendo buenos resultados respecto a su valor de soporte del suelo que es un ensayo que determina una de las propiedades mecánicas del suelo al estabilizarlo. Estas investigaciones coinciden con esta investigación demostrando que para mejorar las propiedades mecánicas del suelo se incorporan porcentajes de adición obteniendo buenos resultados.

- Con respecto a determinar el porcentaje óptimo de ARC en la estabilización del suelo en estudio en la Figura 2 y 3 se concluye que para obtener un aumento de CBR del suelo se debe incorporar 2.5% de ARC, es el caso para el tipo de suelo SP-SC, que aumenta de 3.3% en estado natural a un 7.4%. a una penetración de 0.1" al 95% y un 9.9% al 100%. Sin embargo, Sotomayor (2023) obtiene un CBR de 38.2% incorporando el mejor porcentaje de ARC de 3.5%, para un suelo SP-SM y SC. Balmaceda y Torres (2022) quienes determinaron que el mejor porcentaje de Aceite de residuo de motor (ARM) para los tipos de suelo GC y CL es del 10% obteniendo un CBR de 32 al 95% y 34.6333 al 100% y Jalanoca (2021) indicó que adicionando el 3.5% de aceite residual para un suelo tipo GP-GC el CBR

aumenta a 83.5%, resultando óptimo para estabilizar el suelo, mejorando sus propiedades físicas y mecánicas, contrastando con estas investigaciones se concluye que no concuerdan con lo desarrollado en esta investigación ya que los valores de CBR difieren en cuanto al tipo de suelo a estabilizar y los porcentajes de adición considerados.

VI. CONCLUSIONES

- Respecto a las características geotécnicas del suelo en estudio después de haber clasificado los tipos de suelo mediante la exploración de calicatas del km 0+000 al km 4+307, se encontró una arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad para las calicatas 1,2,3,4,6,7 y 8 (SP-SC) y una arena arcillosa de baja plasticidad para la calicata 5 (SC), las cuales teniendo similitud el tipo de suelo durante todo el tramo en estudio se consideró dos zonas, el cual se sometió la incorporación del ARC en el suelo, enmarcando la C-3, desde km 0+000 al km 2+000 y C-6 desde km 2+000 al km 4+307.
- Luego referente a distinguir las características físico químicas del aceite de residuo de combustión a ser utilizadas en el suelo en estudio se debe tener en cuenta los parámetros que establece la NTP 900.050 -2022 GESTIÓN DE RESIDUOS, Manejo de aceites usados, ello respecto a su recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, disposición final y ensayos y/o métodos recomendados de acuerdo a los parámetros establecidos.
- Por consiguiente, al aplicar el residuo de aceite de combustión en 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% al suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, en estado natural se consideraron los siguientes pesos, 83 gr para 1.5%, 138 gr para un 2.5%, 193 gr para un 3.5 y 248 gr para un 4.5% de aceite de residuo de combustión.
- Por lo tanto al analizar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con la incorporación de residuos de aceite de combustión se tiene que al incorporar el ARC al suelo SP-SC (arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad) su máxima densidad aumenta hasta un 2.5% de incorporación de ARC, sin embargo al añadirle el 3.5% y 4.5% de aceite de residuo de combustión la máxima densidad seca disminuye, paralelo a ello se concluye también que a medida que se incorpora mayor porcentaje de ARC al suelo esta disminuye en cuanto a su óptimo contenido de humedad debido a que el aceite de motor sustituye la cantidad de agua necesaria para compactar el suelo y, además, lubrica las partículas del suelo, permitiendo

su reacomodo con menos cantidad de agua, siendo una nueva alternativa para estabilizar suelos la incorporación del ARC.

- Por ultimo respecto a proponer el mejor resultado de la estabilización del suelo con residuo de aceite de combustión, en los ensayos de CBR al 95% se obtuvo que para un 2.5% de incorporación de ARC, un CBR de 7.4%, en comparación al suelo en estado natural de 3.3%, estando en el rango según el MTC-2014 “manual de carreteras, sección suelos y pavimentos”, un rango de 6% y 10% “subrasante regular”, caso contrario dicho material deberá ser retirado o desechado, es el caso para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

VII. RECOMENDACIONES

- Para determinar las propiedades geotécnicas de un suelo, se recomienda tener en cuenta también para futuras investigaciones la preservación de la humedad en las muestras de suelo mediante el uso de parafina como agente de sellado, también realizar ensayos adicionales como corte directo, triaxiales o no confinados, entre otros que ayuden a describir más a detalle su comportamiento y resistencia ante las cargas aplicadas, y las condiciones ambientales y biológicas.
- Se recomienda que para trabajos de investigación venideros se realice un análisis físico químico del aceite de residuo de combustión bajo los parámetros que establece la NTP 900.050-2022, de manera que se pueda utilizar como estabilizante, y no afecte en la parte ambiental.
- Respecto a incorporar los porcentajes de adición de ARC en ml, de manera que se evalúe cual es la variación con respecto a la incorporación en peso (gr.).
- Se recomienda realizar el ensayo de permeabilidad del suelo natural y el estabilizado con ARC con los diferentes porcentajes de adición utilizados en esta investigación (1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%), de manera que se pueda verificar el paso de agua y otros fluidos a través de él,
- Para estabilizar un suelo, se recomienda considerar diferentes porcentajes de adición, evaluando distintos tipos de suelo y sometiendo el material (ARC) al ensayo según las normas vigentes. Es fundamental cuidar el medio ambiente y respetar los parámetros establecidos.

REFERENCIAS

- ANDEVAN, S. y MANEESH, B. Case study on soil stabilization by using bitumen emulsions – A review. [En línea]. Setiembre 2019. [Fecha de consulta: 5 octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478531934132X#:~:text=In%20this%20research%2C%20the%20whole,fly%20ash%20used%20as%20filler.>
- ANDEYANJU, E. y OKEKE, C. Clay soil stabilization using cement kiln dust. [En línea]. Octubre 2019. [Fecha de consulta: 4 octubre de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/640/1/012080/pdf>
- BALMACEDA Cercado, Rocío y TORRES Aguinaga, Deylis. Estabilización de la subrasante adicionando aceite residual de motores y líquido de pseudotallo de musa paradisíaca L. en la carretera Bellavista, Sambimera, Cajamarca-2022. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2022.
Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94500>
- CUSI Puma, Diego. Estabilización de suelos plásticos en terreno de fundación, con aceite residual quemado, para la pavimentación de la Av. Industrial, Juliaca – 2022. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020.
Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92991>
- DEL CASTILLO, R. y OROBIO, A. (2020). Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. *Revista Informes de construcción*, 72(558) [en línea]. 2020, vol.72, nº558. [Fecha de consulta: 19 setiembre de 2022]. Disponible en: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/6000/7275>
- IQBAL, K., XU, C., NASIR, H., ALAM, M., FAROOQ, A., WILLIAMS, E. Effect of Used Motor Oil and Bitumen as Additive on the Permeability and Mechanical Properties of Low Plastic Soil. [En línea]. Julio 2020. [Fecha de consulta: 19

setiembre de 2022]. Disponible en:
<https://www.hindawi.com/journals/amse/2020/1360197/>.

POORIA, Ghadir y RANJBAR, Navid. Clayey soil stabilization using geopolymer and Portland cement. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2018, vol.188. [Fecha de consulta: 22 de Nov de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818318798>

JAYAPRAKASH, M., SHASHAWATHI, S., VENKAT, D. BAMBANG, I. Experimental Study on Lateritic Soil Stabilization with Waste Engine Oil and Lime. [En línea]. Julio 2021. [Fecha de consulta: 21 setiembre de 2022]. Disponible en:
Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 12(10), 102-110.
<https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i10.4054>

MIJA Castiilo, Raul. Estabilización del suelo adicionando fibra de banano – aceite de limón PE1N – Km 1016 panamericano norte, distrito veintiséis de octubre – Piura, 2021. (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo,2019.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91475>

MORE García, Sandra. y YDROGO Gonzáles, Estela. Estabilización de la subrasante en suelos la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo,2019.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46162>

OCAS Flores, José. y SAAVEDRA Ruiz, María. Estabilización de suelos mediante químicos (aceite sulfonado y polímeros) y naturales (agave azul y penca de tunas), Cajamarca – 2022. Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo,2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94262>

PÁEZ Ruano, John y DÍAZ Cruz, Luis. Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso. Tesis (Magister en infraestructura vial). Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2019.
Disponible en:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19580/2019luisdiazjohnpaez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- JAYAPRAKASH, M., SHASHAWATHI, S., VENKAT, D. BAMBANG, I. (2021) Experimental Study on Lateritic Soil Stabilization with Waste Engine Oil and Lime. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* [en línea]. 2021, vol.12, nº10. [Fecha de consulta: 28 de Nov de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i10.4054>
- LOAIZA Larreategui, Jorge. Mejoramiento de suelos GP con vinaza. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Samborondon: Universidad Espiritu Santo, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/647/1/Tesis%20Final%20Loaizaad.pdf>
- WARDANI, S., JUSTIANDARU, A. y HIDAYATULLAH, I. (2020). Godong expansive soil stabilization using sugar cane and sikacim concrete additive. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2020, vol. 18, nº21. [Fecha de consulta: 28 de Nov de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1444/1/012052/pdf>
- Arias, J. (2021). Guía para elaborar el planteamiento del problema de una tesis: el método del hexágono. *Revista Orinoco Pensamiento y Praxis/ Multidisciplinarias*, 09(13), 58-69. DOI: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7798562>
- Assia, M., Abubakar, D., Abdulganiyu, S. y Mohammed, A. (2022). Dimensional stability and strength appraisal of termite hill soil stabilization using hybrid bio-waste and cement for eco-friendly housing. *Heliyon*, 8 (5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09406>
- Danish, S., Chiranjeevi, R., Kiran, K. y Adams, J. (2022). An experimental investigation on -stabilization of sabkha soils with cement and Cement Kiln Dust (CKD) in Sultanate of Oman. *Materials today Proceedings*, 65 (2), 1033-1039. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.127>
- Dharmendra, B., y Sujit, D. (2022). Stabilization of expansive soils using chemical additives: A review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.02.011>

- Di, D., Jie P., Renjie, W., Liangliang, Li. y Hongmin, L. (2022). Improvement in dynamic behaviors of cement-stabilized soil by super-absorbent-polymer under cyclic loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107554>
- Evgenii, A. y Andrey, S. (2022). Construction of a new and stabilization of the exploited subgrade on the conditions of the permafrost soils of the northern latitudinal railway. *Transportation Research Procedia*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.042>
- Fujun, M., Bin, W., Qian, Z., Deshan, C., Qingming, L., Changsheng, P., Fasheng, L. y Qingbao, G. (2018). An innovative method for the solidification/stabilization of PAHs-contaminated soil using sulfonated oil. *Journal of Hazardous Materials*, 344. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.11.015>
- GARCÍA, José Luis; MARTÍNEZ, María Teresa; SÁNCHEZ, Juan Carlos. Caracterización físico-química de aceites lubricantes usados. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Química*, 2018, vol. 17, no 1, p. 11-20. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6381809>.
- Gálvez, P. y Santoyo, J. (2019). *Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con cenizas de cáscara de arroz, carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/232>
- Gómez, A. y Silva, E. (2020). *Influencia del aceite sulfonado y cemento Portland tipo I en la estabilización de la vía Huaylillas – Buldibuyo en la provincial de Pataz, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25225>
- Goñas, O. y Saldaña, J. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista ciencias naturales e ingeniería*, 3(1), 30-35. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/589/724>

- Haspina, S., Mohd, T. y Norinah, R. (2022). Performance of soil stabilized with biopolymer materials – xanthan gum and guar gum. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103276>
- Hurtado, A. y Ortega, A. (2021). *Estabilización del Afirmado con Aceite Sulfonado y Cemento para el Diseño Vial en Soccos, Ocobamba, - Chincheros, Apurímac – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84320>
- INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 900.050:2022. GESTIÓN DE RESIDUOS. Manejo de aceites usados. Generalidades. 3ª Edición. Lima: INACAL, 2022. 27pp
- Jalanoca, F. (2021). *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63844>
- Iqbal, K., Xu, C., Nasir, H., Alam, M., Farooq, A., Williams, E. (2020). Effect of Used Motor Oil and Bitumen as Additive on the Permeability and Mechanical Properties of Low Plastic Soil. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020(1), 1-10. <https://doi.org/10.1155/2020/1360197>
- Jafer, H., Atherton, W., Sadique, M., Ruddock, F., Loffillb, E. (2018). Stabilisation of soft soil using binary blending of high calcium fly ash and palm oil fuel ash. *Applied Clay Science*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.030>
- Jalal, F., Xu, Y., Jamhiri, B. y Memon, S. (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Revista advance in materils science and engineering*, 1(1), 1-23. <https://downloads.hindawi.com/journals/amse/2020/1510969.pdf>
- Jia, L., Wen-yan, L., y Hong-xin, C. (2022). Applications of functional nanoparticle–stabilized surfactant foam in petroleum-contaminated soil remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 443. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130267>
- Kumar, S., Subhani, S. y Bahurudeen, A. (2022). Sustainable reuse of palm oil fuel ash in concrete, alkali-activated binders, soil stabilisation, bricks and adsorbent:

- A waste to wealth approach. *Industrial Crops and Products*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114954>
- Lin, H., Liu, F., Lourenço, S., Schwantes, G. y Trumpf, S. (2021). Stabilization of an earthen material with Tung oil: compaction, strength and hydrophobic enhancement. *Construction and Building Materials*, 290. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123213>
- Linares, R., Aguilar, M., Rojas, E. (2020). Stabilization of clayey soils at the subgrade level with the addition of molten polyethylene bags. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 33-40. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i2.612>
- Lokmane, A., Afshin, A., Ball, R., Haslinda N. y Bujang H. (2022). Application of alkali-activated palm oil fuel ash reinforced with glass fibers in soil stabilization. *Soils and Foundations*, 59(5). <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.07.008>
- Mendoza, J. (2020). Estabilidad de suelos cohesivos con aceite automotriz reciclado a nivel de subrasante en vías de bajo tránsito [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio UANCV. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/5428>
- Mija, R. (2021). *Estabilización del suelo adicionando fibra de banano - aceite delimón, PE1N – Km1016 panamericana norte, distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91475>
- More, S. y Ydrogo, E. (2019). *Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46162>
- Ocas, J. y Saavedra, M. (2022). *Estabilización de suelos mediante químicos (Aceite Sulfonado y Polímeros) y naturales (Agave Azul y Penca de Tuna), Cajamarca -2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94262>

- PÉREZ, José Manuel; RODRÍGUEZ, Ana María; GONZÁLEZ, Pedro Luis. Evaluación de la viscosidad de aceites lubricantes usados mediante un viscosímetro de tubo capilar. *Ingeniería Mecánica*, 2017, vol. 20, no 3, p. 139-146. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442017000300003.
- Reiterman, P., Mondschein, P., Doušová, B., Davidová, V. (2022). Utilization of concrete slurry waste for soil stabilization. *Case Studies in Construction Materials*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00900>
- Reza, M., Aizat, T., Mohd, T., Norinah, R. y Munirwansyah, M. (2022). Utilization of coffee husk ash for soil stabilization: A systematic review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103252>
- Rizki, S., Bakri, Mohd., Ahmad, R., Burduhos, D., Zamrre, S., Firdaus, M., Sandu, V. y Vizureanu, P. (2022). Potential of Soil Stabilization Using Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) and Fly Ash via Geopolymerization Method: A Review. *Revista Materials*, 15(1). <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/1/375>
- Sánchez, E., Torres, G. y Esquivel, R. (2018). Desempeño de un material granular estabilizado con cemento cuando se aplica carga a compresión. *Revista tecnología y cultura afirmado el conocimiento*, 23(60), 69-71. <https://www.redalyc.org/journal/2570/257059817006/>
- SOTOMAYOR MENDOZA, Arturo Alejandro. Estabilización de suelos cohesivos del camino vecinal Talambo–La Morana, adicionando residuos de lubricantes de motores, Chepén, La Libertad. 2023. <file:///C:/Users/Alex%20Llontop/Downloads/Sotomayor%20Mendoza%20Arturo%20Alejandro.pdf>
- Torres, P., González, C., Aciar, S., y Rodríguez, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. *IEEE Global engineering education conference (EDUCON)*. 1364-1373. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363388>

- Wei, L., Hongrui, F. y Mutai, B. (2022). Emulsions stabilized by asphaltene-polyacrylamide-soil three-phase components: Stabilization mechanism and concentration effects. *Separation and Purification Technology*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122157>
- Ya-Song, F., Shi-Ji, Z., Annan, Z. y Wei-Yi, X. (2022). Reuse of a contaminated soil stabilized by a low-carbon binder as roadway subgrade material and mechanical performance evaluation. *Engineering Geology*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106656>
- Yu, X., Liyuan, T., Hongbo, C. y Qiwen, G. (2022). Experimental studies on compressive and tensile strength of cement-stabilized soil reinforced with rice husks and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials*, 344. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128242>
- Zhengdong, L., Benben, Z., Jian Z. y Biao, L. (2022). Sulfate erosion resistance of slag-fly ash based geopolymer stabilized soft soil under semi-immersion condition. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01506>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014). Clasificación de suelos. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.	Proceso de mejoramiento de la condición funcional y estructural que permite mejorar la calidad del suelo natural a través de la incorporación de productos naturales, químicos o sintéticos (Assia et al., 2022).	La variable estabilización de suelos se va a medir a través de sus propiedades físicas y mecánicas del suelo	Características geotécnicas	Granulometría (gr.)	Razón
				Contenido de Humedad (%)	
				Límites de Consistencia (%)	
Aceite de residuo de combustión	Son residuos altamente contaminantes compuestos de metales pesados que llega a causar daños al medio ambiente constituyendo un problema directo sobre la salud	La variable aceite de residuo de combustión se va a medir a través del porcentaje de adición en peso.	Características físico químicas	Densidad (kg/l)	Intervalo
				Viscosidad (SSU)	
			Punto de inflamación (°C)	Razón	
Porcentajes	1.5% del peso de la muestra (gr.%)				

	humana (Lokmane et al., 2021).			2.5% del peso de la muestra (gr.%)	
				3.5% del peso de la muestra (gr.%)	
				4.5% del peso de la muestra (gr.%)	
			Propiedades mecánicas.	Proctor con incorporación de aceite de residuo de combustión (gr/cm ²).	
				CBR con incorporación de aceite de residuo de combustión (%)	
			dosificación	% de mejor resultado	

Fuente: Elaborado por el investigador

ANEXO 2: Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable	Metodología
¿De qué manera influye en la estabilización del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, la incorporación del aceite de residuo de combustión?	Determinar la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque con la Incorporación del aceite de residuo de combustión.	Influirá en la estabilización del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque la incorporación del aceite de residuo de combustión en porcentajes de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5%	Variable Independiente Aceite de residuo de combustión	Tipo de investigación: Aplicada
Problemas específicos	Objetivos específicos			Nivel: Explicativo
¿Cuáles son las características geotécnicas del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque?	identificar las características geotécnicas del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.		Variable Dependiente Estabilización de suelos	Diseño de investigación: Experimental

<p>¿Cuáles son las características físico químicas del aceite de residuo de combustión?</p>	<p>Distinguir las características físico químicas del aceite del aceite de residuo de combustión a ser utilizadas en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.</p>			<p>Hermosa Chiclayo, Lambayeque desde el km 0+000 al km 4+307</p>
<p>¿Cuáles serán los porcentajes de adición de aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque?</p>	<p>Aplicar el aceite de residuo de combustión en porcentajes (1.5%, 2.5%, 3.5%, 4.5%) en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.</p>			<p>Muestra: 30 ensayos de los suelos de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque.</p>
<p>¿Cuáles serán las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con la incorporación de</p>	<p>Obtener las propiedades mecánicas de la estabilización del suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo,</p>			<p>Técnicas: Observación, Revisión documentaria</p>
				<p>INSTRUMENTOS: Laptop, manual de carreteras de MTC, cámara, instrumentos topográficos como</p>

<p>residuos de aceite de combustión?</p> <p>¿Cuáles será la dosificación adecuada de incorporación de aceite de residuo de combustión en el suelo de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque?</p>	<p>Lambayeque mediante la incorporación de aceite de residuo de combustión</p> <p>Determinar la dosificación adecuada de incorporación de aceite de residuo de combustión para la estabilización de suelos de la Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque.</p>			<p>estación total, prismas, jalones, GPS, Wincha, instrumentos de laboratorio como tamices, horno, ficha de conteo vehicular, bandejas, balanzas, software, Ficha de registro de datos de cada ensayo de acuerdo a la normativa vigente.</p>
---	--	--	--	--

Fuente: Elaborado por el investigador

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTOS
GABINETE
LAPTOP
MANUAL DE CARRETERAS DEL MTC
BIBLIOGRAFIA (ARTICULOS, TESIS, REVISTAS CIENTIFICAS, NORMAS)
SOFTWARE: ATUOCAD, AUTOCAD CIVIL 3D, EXCEL, POWER POINT, EXCEL)
CAMPO
ESTACION TOTAL (TOPCON ES-105)
PRISMAS Y JALONES
GPS
WINCHA
BALANZA
HORNO
BANDEJAS Y ESPATULAS
TAMICES
CALICATAS (BARRETA, PALANA, PICO)
FORMATOS
FORMATO DE ENSAYO GRANULOMETRICO
FORMATO DE ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
FORMATO DE ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
FORMATO DE ENSAYO DE PROCTOR
FORMATO DE ENSAYO DE CBR

Fuente: Elaborado por el investigador

ANEXO 4: Carta de presentación – Universidad César Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

CHICLAYO, 10 DE ABRIL DE 2023

SEÑORES:
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ
Av. Sáenz Peña 2151, José Leonardo Ortiz 14002

ASUNTO : SOLICITO PERMISO PARA REALIZAR CALICATAS PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TESIS


De mi especial consideración quien suscribe, Walter Alexander Llontop Herrera, identificado con DNI N° 74071389, respetuosamente me presento y expongo:

Que para la realización de mi tesis denominada **Estabilización de suelos cohesivos incorporando aceite de residuo de combustión en Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque**, para poder culminar la carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, en la Universidad Cesar Vallejo, es necesario realizar calicatas en el sector Av. Villa Hermosa, distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo, Lambayeque, solicitando el permiso correspondiente a su ejecución, comprometiéndome a entregar una copia de mi tesis y el estudio de Mecánica de Suelos a su representada, como aporte para una futura proyección de pavimentación del tramo en estudio.

Por lo expuesto, ruego a usted acceder a mi solicitud, sin otro particular, hago propicia la oportunidad para reiterarle mi muestra de consideración y estima personal.

Atentamente:





WALTER ALEXANDER
LLOTOP HERRERA
DNI: 74071389

Correo : lherreraablttera@gmail.com
lherreraowa@ucvvirtual.edu.pe

cell: 976777452

ANEXO 5: Carta de aceptación de la Municipalidad de José Leonardo Ortiz para realizar los estudios de mecánica de suelos

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ**
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO
"AÑO DE LA UNIDAD, PAZ Y DESARROLLO"

José Leonardo Ortiz.09 de mayo del 2023

CARTA N° 305-2023-MDJLO/GIDU

Señor:
Walter Alexander Llontop Herrera
Estudiante de Ingeniería Civil — Universidad Cesar Vallejo

Presente.-

ASUNTO : AUTORIZO LO SOLICITADO

REFERENCIA : SOLICITUD - Exp. 4927-2023/ Reg. 1353-2023-GIDU


De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo, la presente tiene como finalidad COMUNICAR que, ha sido **ACEPTADA LA SOLICITUD** al alumno de la carrera profesional de Ingeniería Civil, **Walter Alexander Llontop Herrera**, de la Universidad Cesar Vallejo para la realización de las CALICATAS EN EL SECTOR AV. VILLA HERMOSA – DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ – PROVINCIA DE CHICLAYO –DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE" bajo su responsabilidad, si en caso sucediera alguna rotura de tubería de saneamiento, en la realización de sus trabajos. Se expide el documento para su conocimiento y fines pertinentes.

Se deja constancia, que a través de la presente su representado se encuentra formalmente notificado.

Sin más que decir de momento, agradezco de antemano la atención brindada al presente.

Atentamente.


MUNICIPALIDAD DISTRITAL JOSÉ LEONARDO ORTIZ
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO
Ing. Joel Rodríguez Pereira
GERENTE

E-mail: GerenciaInfraestructura@municipio.gob.pe

ANEXO 6: Carta de Clasificación SUCS y AASHTO

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA NO. 4 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA NO. 4 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA NO. 4	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA POR LA MALLA NO. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
			GU			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.	
		ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
	SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.			
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		SU				
	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.		
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

Figura 1: Carta de clasificación SUCS y carta de plasticidad

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5
% pasante #10	50% máx						51% mín				
#40	30% máx	50% máx									
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx		10% máx	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40											
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Figura 2: Carta de clasificación AASHTO

Fuente: Adaptado del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 6: Av. Villa Hermosa Chiclayo, excavación de calicata N° 2 (km 1+00), 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 7: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de Proctor modificado, tamizado por la malla N°4, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Laboratorio LEMS W&C EIRL, ensayo de Límite Plástico, de muestra en estado natural de la C3 de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Laboratorio LEMS W&C EIRL, ensayo de Límite Líquido de la muestra en estado natural de la C3 de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 10: Laboratorio LEMS W&C EIRL, ensayo de Proctor modificado de la muestra en estado natural de la C3 de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Laboratorio LEMS W&C EIRL, ensayo de Proctor modificado de la muestra patrón de la C3 enrasado del molde de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Laboratorio LEMS W&C EIRL, ensayo de CBR - Penetración a 1" de la muestra patrón C3 de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Laboratorio LEMS W&C EIRL, Mezcla del ARC con la muestra en estado natural C3 de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, Conteo vehicular sobre la demanda vehicular, 2023

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Levantamiento topográfico con estación total y un prismo de apoyo, 2023

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: Conteo vehicular de la Av. Villa Hermosa, Chiclayo, Lambayeque, 2023

TIPO DE VEHICULO	Tráfico vehicular							TOTAL SEMANA	IMDs
	lunes	martes	Miércoles	jueves	Viernes	Sábado	Domingo		$\Sigma V_i / 7$
MOTOS	25	18	22	23	25	31	32	176	25.14
COMBIS	12	10	11	10	11	7	7	68	9.71
CAMIONETA PICK UP	45	58	52	42	30	28	25	280	40.00
CAMIONETA PANNEL	3	6	3	3	4	2	3	24	3.43
CAMIONETA RURAL	2	15	2	20	5	6	2	52	7.43
STATION WAGO	4	5	3	5	4	3	4	28	4.00
AUTOS	70	60	59	54	64	58	57	422	60.29
CAMION 2E	2	3	3	3	3	2	2	18	2.57
CAMION 3E	2	2	1	1	2	2	1	11	1.57
TOTAL	165	177	156	161	148	139	133	1079	154.14

Fuente: Elaborado por el investigador

ANEXO 09: EMS – Suelo Natural

Tabla 6: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de análisis granulométrico C-1, mayo 2023.

C1 (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	100.0
#10	2.000	98.6
#20	0.852	95.1
#40	0.425	69.7
#60	0.250	45.2
#140	0.106	11.6
#200	0.075	6.3
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

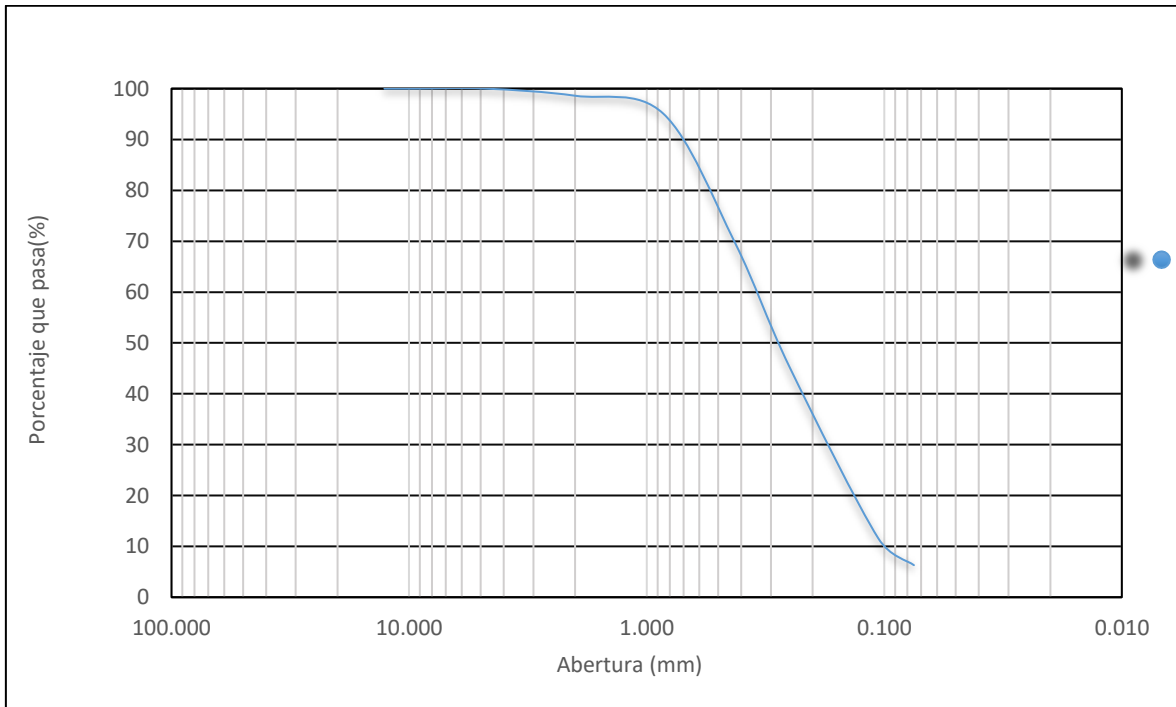


Figura 5: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C1, 2023.

Tabla 7: Ensayo de análisis granulométrico C-2, 2023.

C2 (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	99.8
#10	2.000	97.5
#20	0.852	92.9
#40	0.420	68.7
#60	0.250	48.7
#140	0.106	13.3
#200	0.075	5.6
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

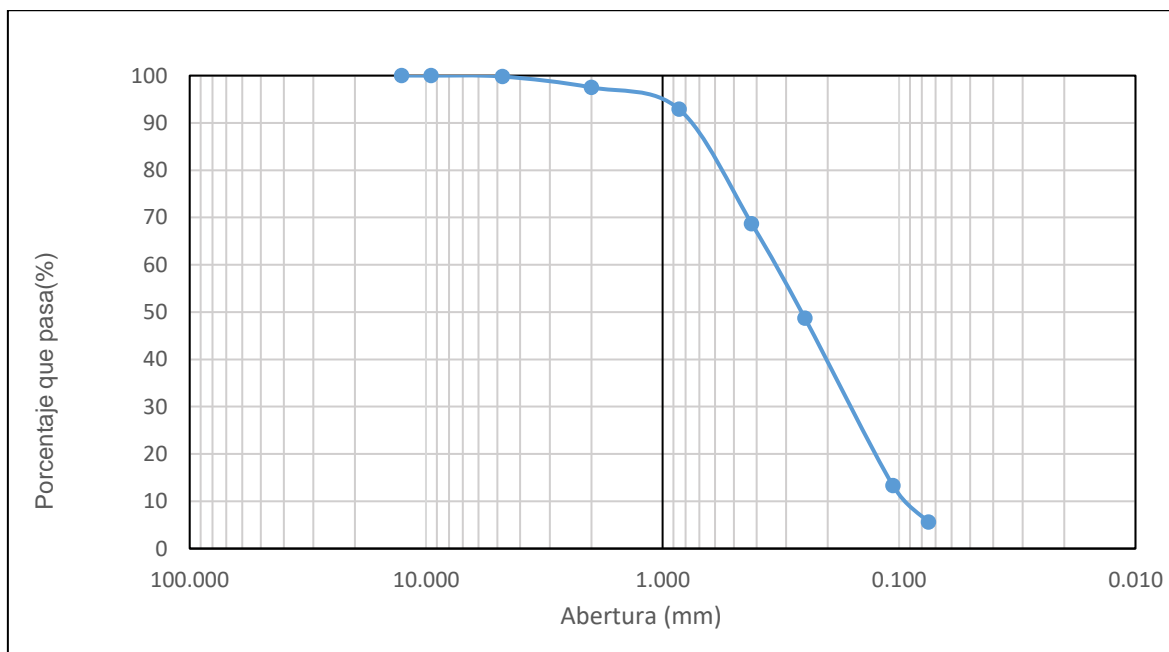


Figura 6: Ensayo de granulometría, C2, 2023.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Ensayo de análisis granulométrico C-3, 2023.

C3- (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	99.4
#10	2.000	96.2
#20	0.852	91.5
#40	0.420	68.0
#60	0.250	46.9
#140	0.106	12.6
#200	0.075	6.3
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

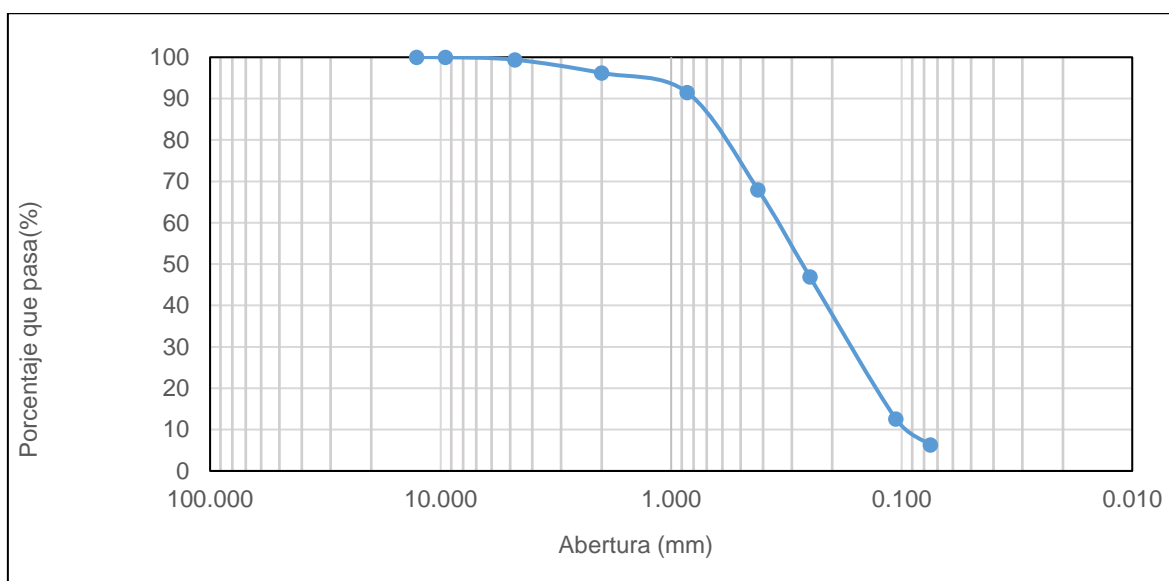


Figura 7: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C3, 2023.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C4, 2023

C4 (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	100.000
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	97.7
#10	2.000	91.9
#20	0.852	86.4
#40	0.420	61.5
#60	0.250	42.0
#140	0.106	11.9
#200	0.075	6.0
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

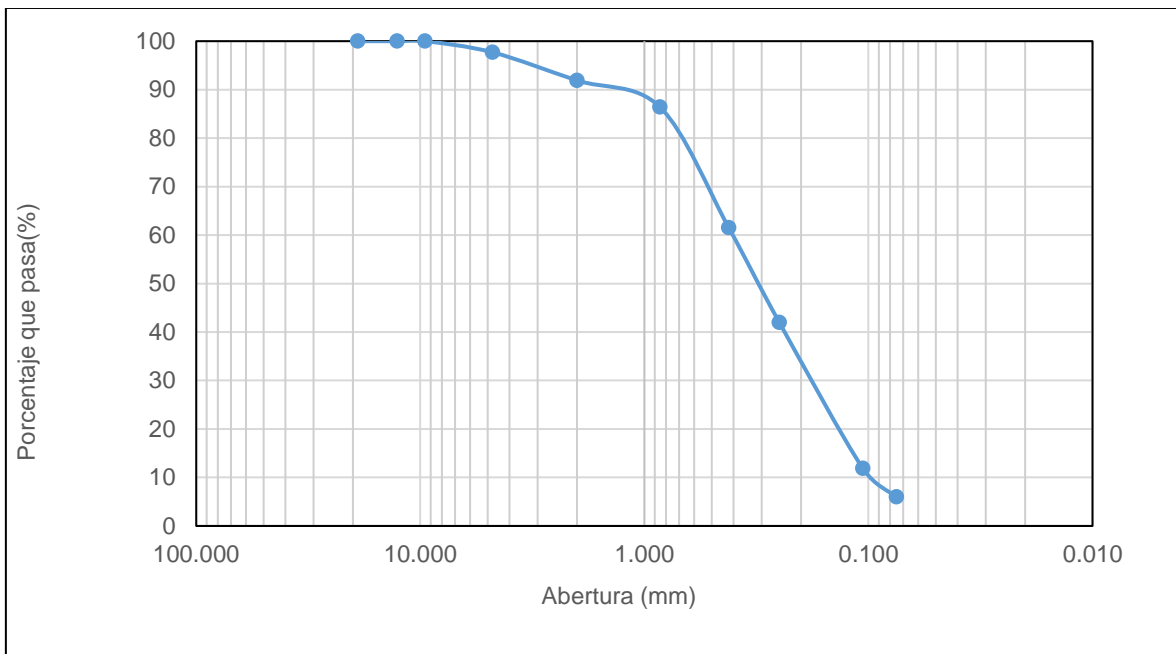


Figura 8: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C4, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 10: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C5, 2023

C5- (SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	100.000
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	100.0
#10	2.000	97.1
#20	0.852	93.4
#40	0.420	88.1
#60	0.250	81.9
#140	0.106	50.3
#200	0.075	16.2
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

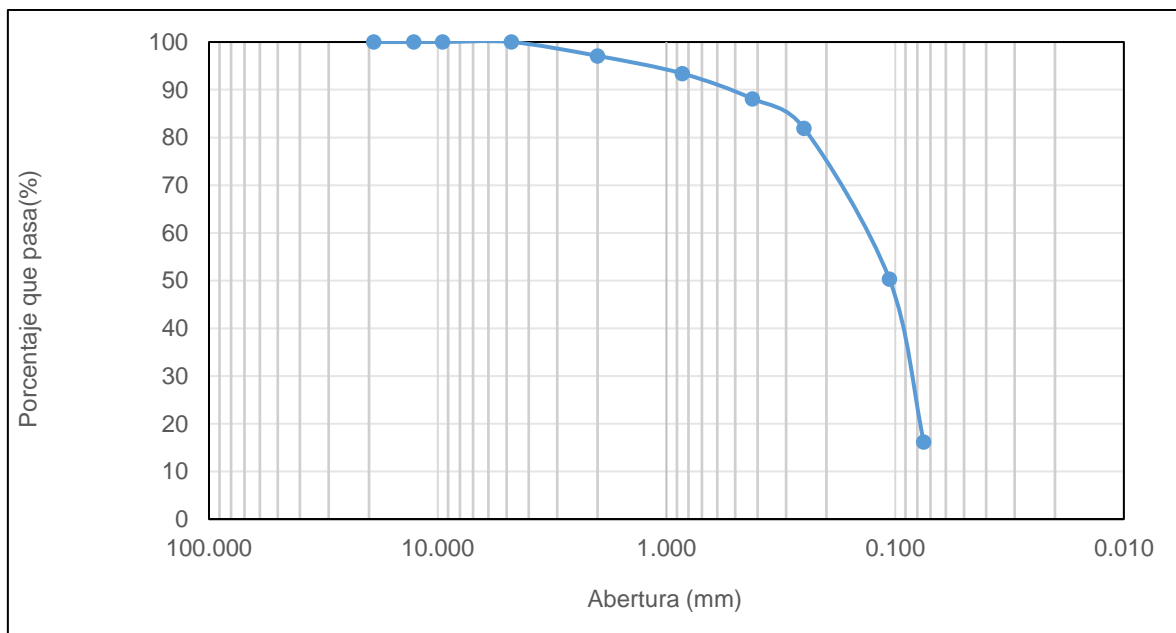


Figura 9: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C5, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 11: Ensayo de granulometría, C6, 2023

C6 (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	100.0
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	89.0
#10	2.000	87.5
#20	0.852	83.3
#40	0.420	79.4
#60	0.250	74.9
#140	0.106	41.0
#200	0.075	7.8
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

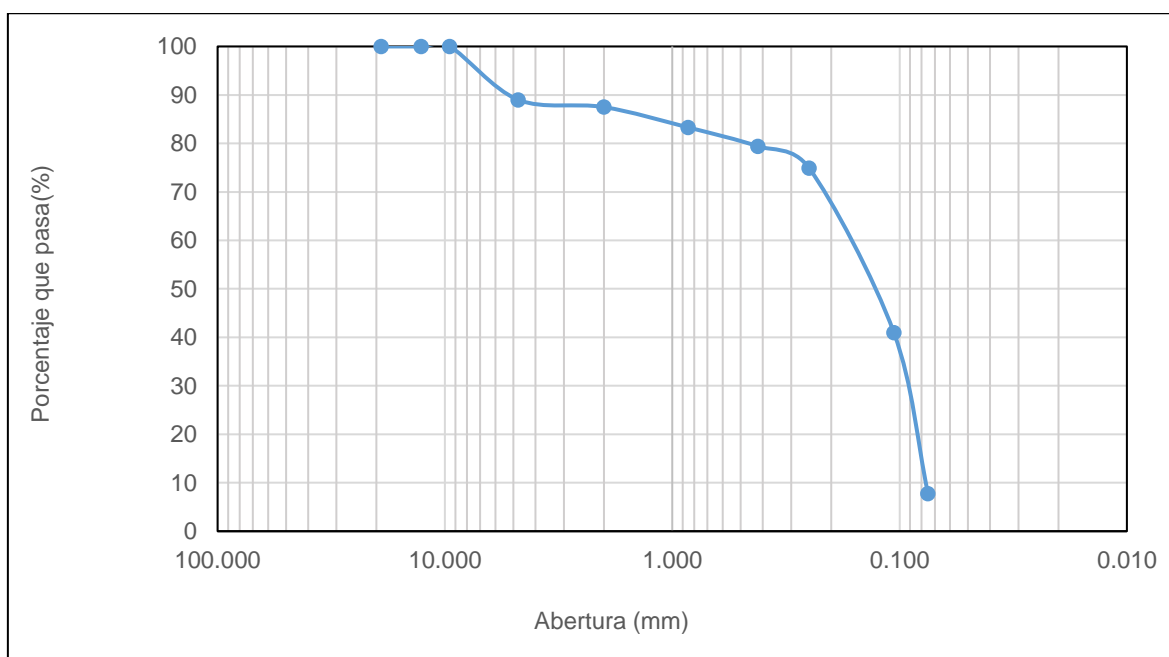


Figura 10: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C6, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 12: Ensayo de granulometría, C7, 2023

C7- (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.050	100.0
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	99.9
#4	4.760	99.9
#10	2.000	96.9
#20	0.852	91.6
#40	0.420	86.7
#60	0.250	80.4
#140	0.106	35.5
#200	0.075	8.1
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

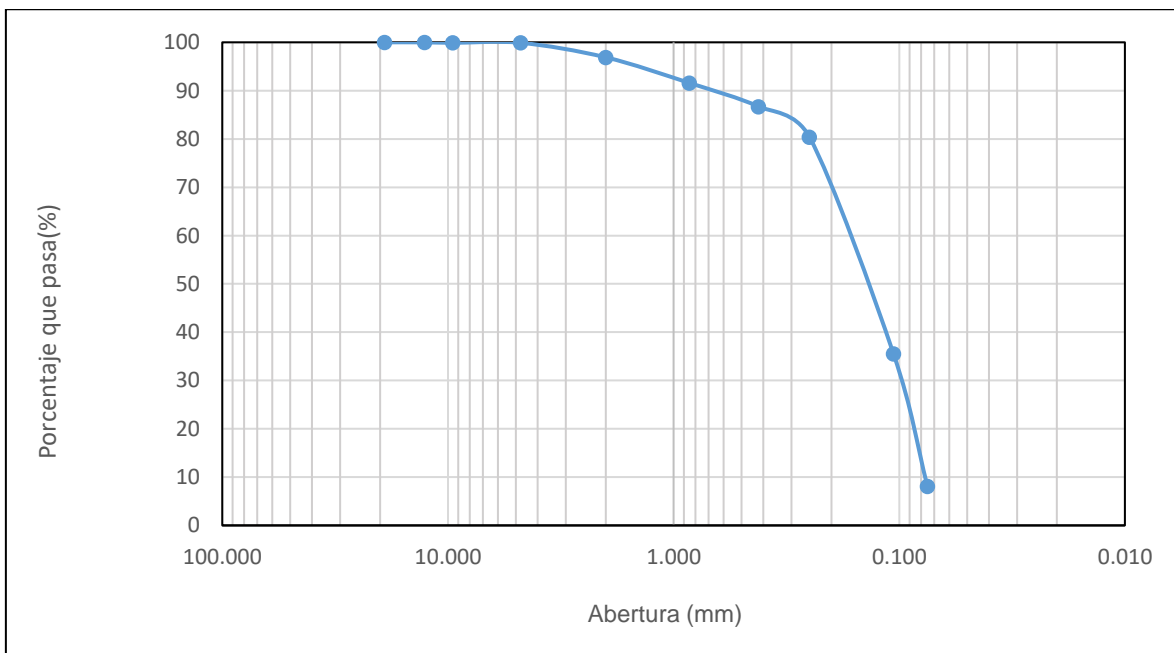


Figura 11: Figura 20: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C7, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 13: Ensayo de granulometría, C8, 2023

C8- (SP-SC)		
TAMIZ	Abert. (mm)	% QUE PASA
3"	76.200	
2 1/2"	63.500	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	100.000
3/4"	19.050	100.0
1/2"	12.700	100.0
3/8"	9.525	100.0
#4	4.760	100.0
#10	2.000	96.9
#20	0.852	91.9
#40	0.420	85.1
#60	0.250	79.2
#140	0.106	38.3
#200	0.075	5.7
	FONDO	0.0

Fuente: Elaborado por el autor

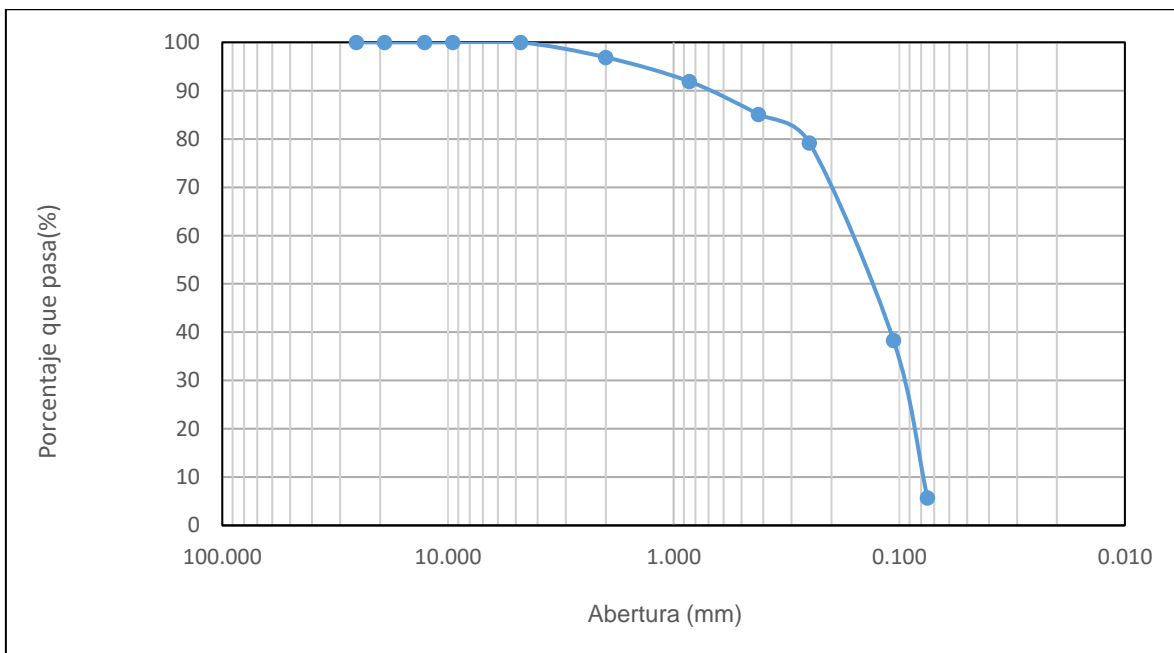


Figura 12: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, ensayo de granulometría, C8, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 10: Ensayo de Límites de Atterberg

Tabla 14: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C1, 2023

C1	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
36.03	19
35.03	26
33.76	33

Fuente: Elaborado por el autor

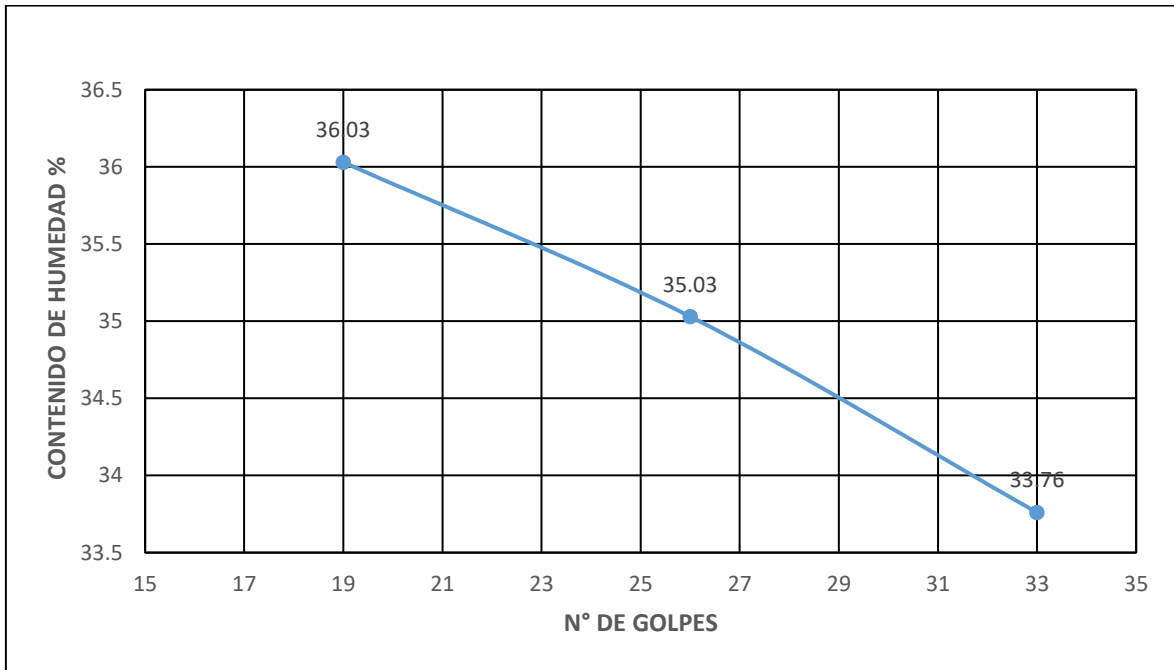


Figura 13: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 15: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C2, 2023

C2	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
33.59	19
33.05	23
31.16	35

Fuente: Elaborado por el autor

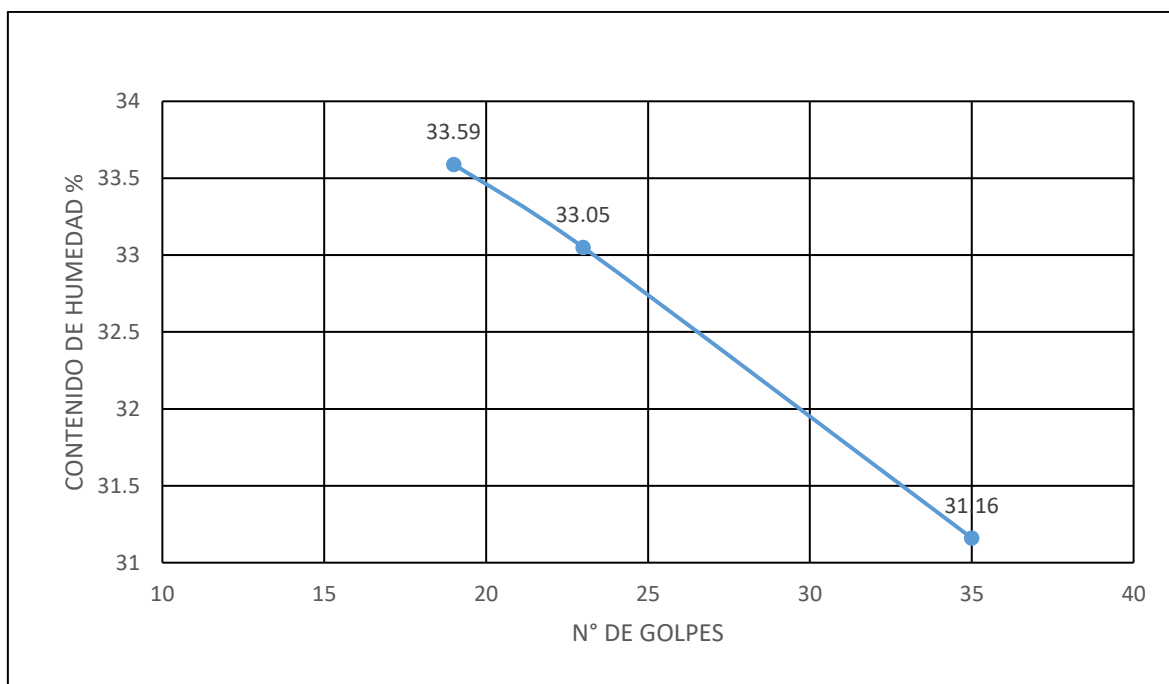


Figura 14: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 16: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C3, 2023

C3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
39.6	17
30.23	26
23.92	34

Fuente: Elaborado por el autor

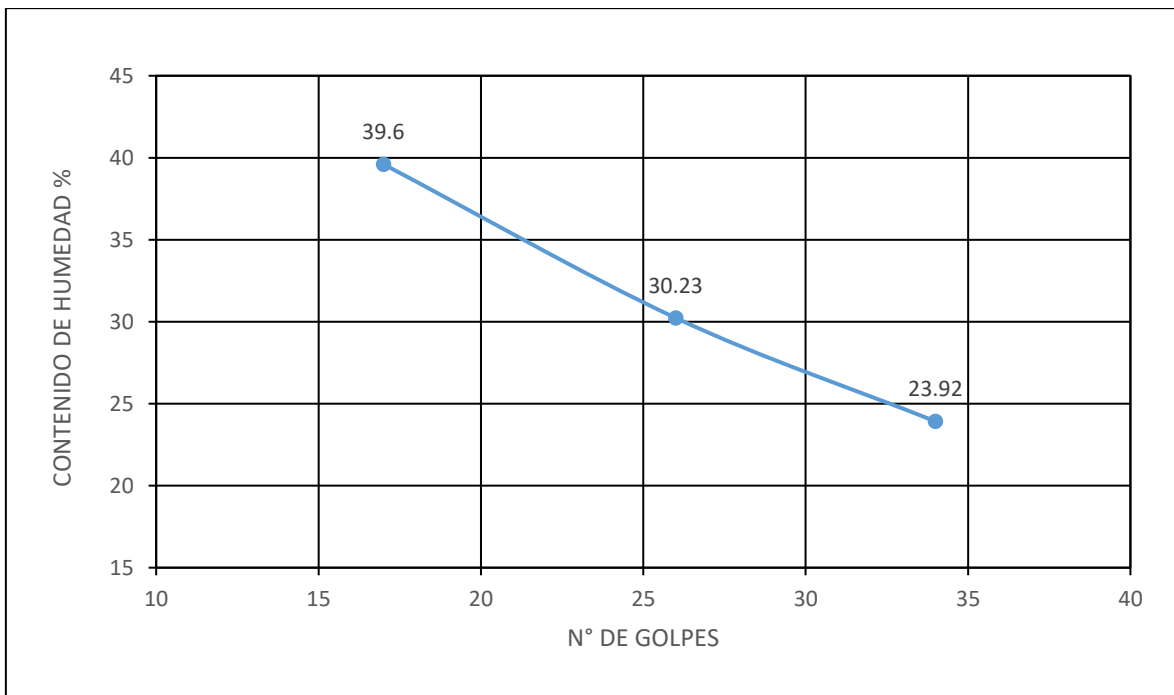


Figura 15: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 17: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C4, 2023

C4	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
37.22	16
32.28	24
28.62	33

Fuente: Elaborado por el autor

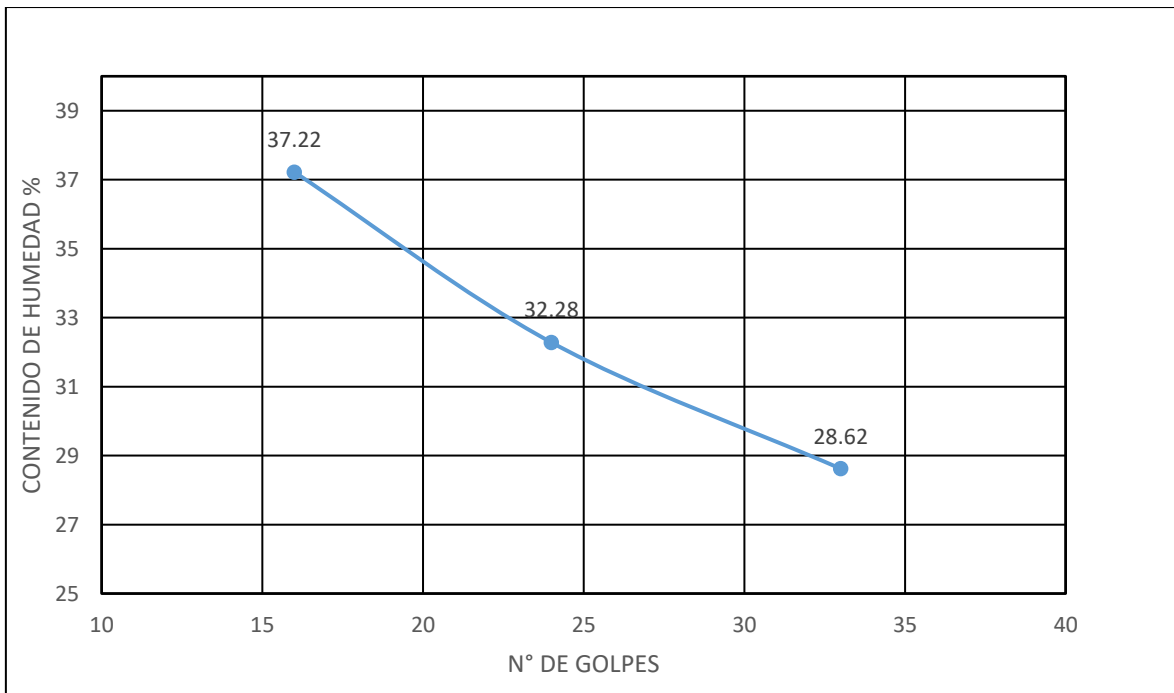


Figura 16: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 18: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C5, 2023

C5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
34.39	34
32.28	26
31.49	23

Fuente: Elaborado por el autor

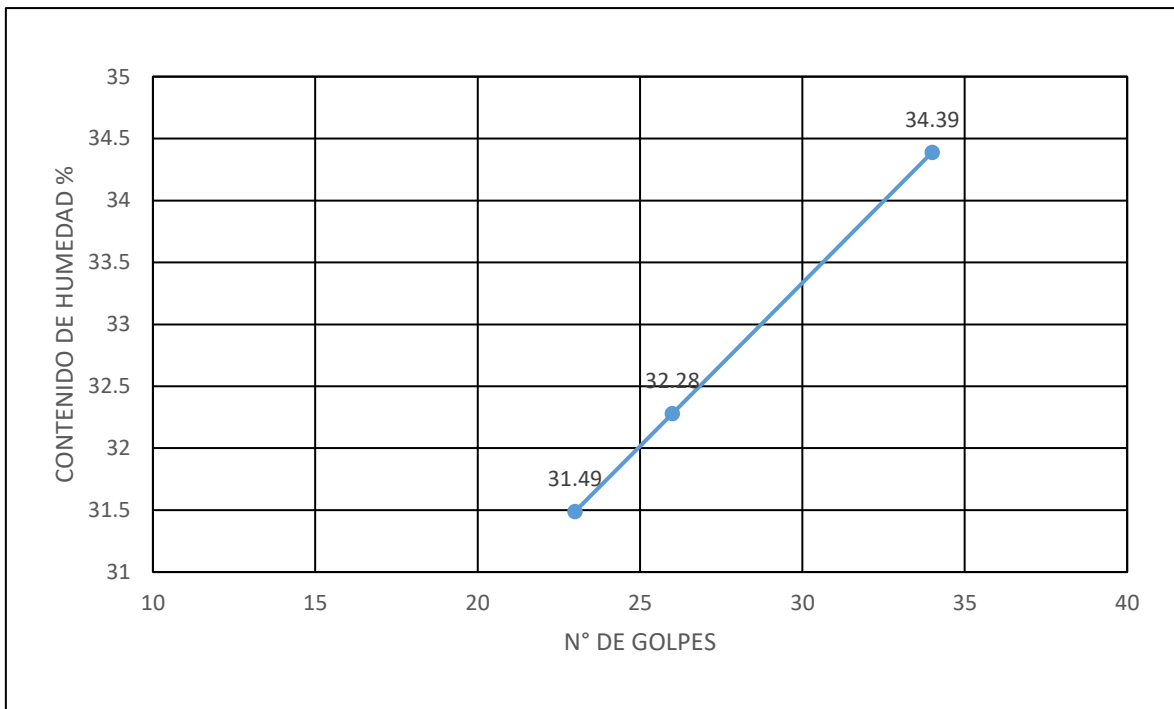


Figura 17: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 19: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C6, 2023

C6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
33.59	24
32.99	28
32.01	35

Fuente: Elaborado por el autor

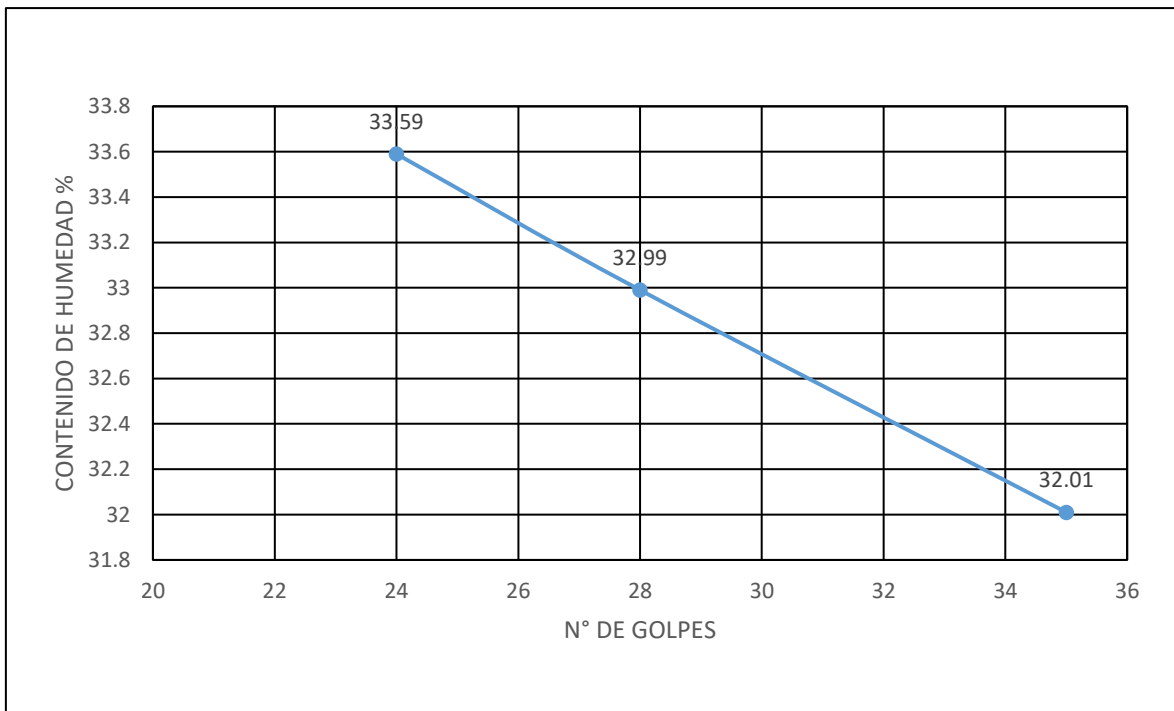


Figura 18: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 20: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C7, 2023

C7	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
39.76	22
35.09	29
31.97	36

Fuente: Elaborado por el autor

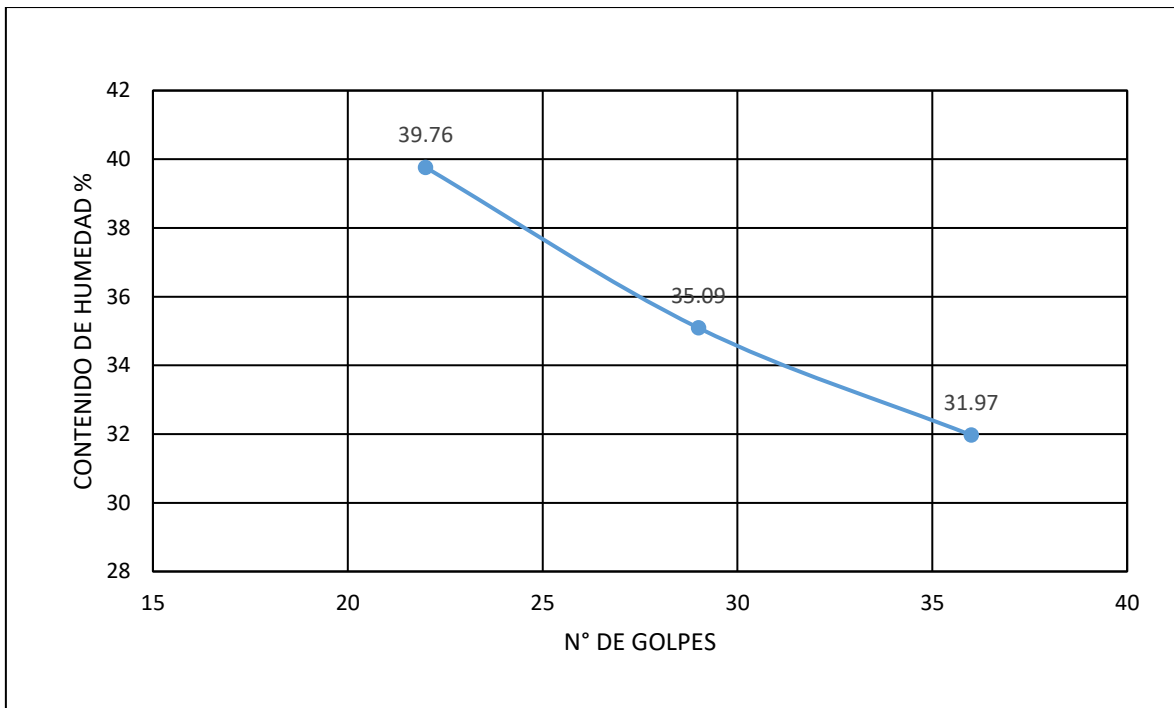


Figura 19: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 21: Ensayo de Límite Líquido por relación de contenido de humedad y N° de golpes, C8, 2023

C8	
CONTENIDO DE HUMEDAD	N° DE GOLPES
35.14	24
31.46	28
26.18	35

Fuente: Elaborado por el autor

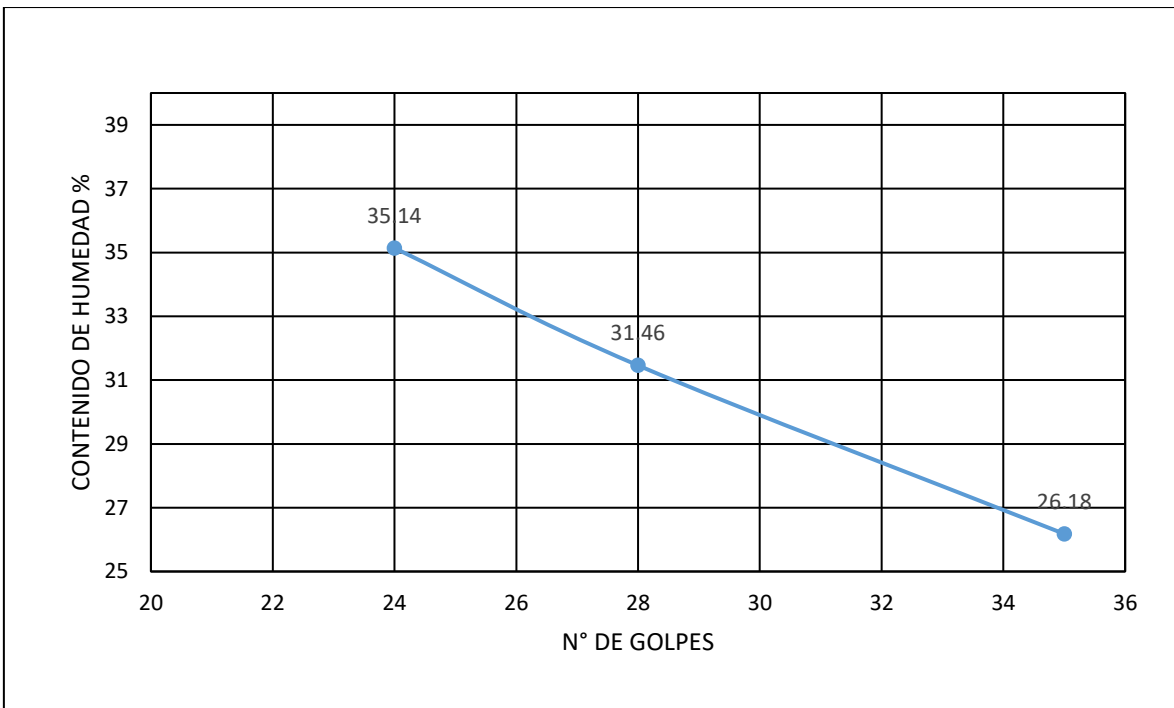


Figura 20: Ensayo de Límite Líquido mediante diagrama de fluidez, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 22: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C1, 2023

CALICATA N°01		
N° TARRO	D-2	P-2
TARRO+SUELO HÚMEDO	18.73	20.16
TARRO + SUELO SECO	17.2	18.4
AGUA	1.53	1.76
PESO DEL TARRO	10.14	10.05
PESO DEL SUELO SECO	7.06	8.35
% DE HUMEDAD	21.67	21.08
OK	21.4	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 23: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C2, 2023

CALICATA N°02		
N° TARRO	H-3	P-3
TARRO+SUELO HÚMEDO	20.18	22.45
TARRO + SUELO SECO	18.38	20.21
AGUA	1.80	2.24
PESO DEL TARRO	10.05	10.01
PESO DEL SUELO SECO	8.33	10.20
% DE HUMEDAD	21.61	21.96
OK	21.8	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 24: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C3, 2023

CALICATA N°03		
N° TARRO	B-1	P-2
TARRO+SUELO HÚMEDO	21.72	13.8
TARRO + SUELO SECO	19.82	13.14
AGUA	1.90	0.66
PESO DEL TARRO	10.05	9.99
PESO DEL SUELO SECO	9.77	3.15
% DE HUMEDAD	19.45	20.95
OK	20.2	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 25: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C4, 2023

CALICATA N°04		
N° TARRO	E-2	P-2
TARRO+SUELO HÚMEDO	25.04	23.8
TARRO + SUELO SECO	22.47	21.4
AGUA	2.57	2.4
PESO DEL TARRO	10.26	9.95
PESO DEL SUELO SECO	12.21	11.45
% DE HUMEDAD	21.05	20.96
OK	21.0	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 26: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C5, 2023

CALICATA N°05		
N° TARRO	P-3	P-4
TARRO+SUELO HÚMEDO	15.81	14.11
TARRO + SUELO SECO	14.84	13.5
AGUA	0.97	0.61
PESO DEL TARRO	10.12	9.91
PESO DEL SUELO SECO	4.72	3.59
% DE HUMEDAD	20.55	16.99
OK	18.8	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 27: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C6, 2023

CALICATA N°06		
N° TARRO	P-1	P-2
TARRO+SUELO HÚMEDO	12.71	13.8
TARRO + SUELO SECO	12.34	13.14
AGUA	0.37	0.66
PESO DEL TARRO	10.05	10.12
PESO DEL SUELO SECO	2.29	3.02
% DE HUMEDAD	16.16	21.85
OK	19.0	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 28: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C7, 2023

CALICATA N°07		
N° TARRO	P-5	P-6
TARRO+SUELO HÚMEDO	16.42	16.4
TARRO + SUELO SECO	15.22	15.14
AGUA	1.20	1.26
PESO DEL TARRO	10.04	10.37
PESO DEL SUELO SECO	5.18	4.77
% DE HUMEDAD	23.17	26.42
OK	24.8	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 29: Ensayo de Límite Plástico según óptimo contenido de humedad C8, 2023

CALICATA N°08		
N° TARRO	P-7	P-8
TARRO+SUELO HÚMEDO	17.62	14.72
TARRO + SUELO SECO	16.32	13.88
AGUA	1.30	0.84
PESO DEL TARRO	10.05	9.99
PESO DEL SUELO SECO	6.27	3.89
% DE HUMEDAD	20.73	21.59
OK	21.2	

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 11: Ensayos de Proctor Modificado

Tabla 30: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad seca, C3, 2023

C3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA
11.8	1.333
14.21	1.481
16.38	1.499
18.54	1.369
15.64	1.508

Fuente: Elaborado por el autor

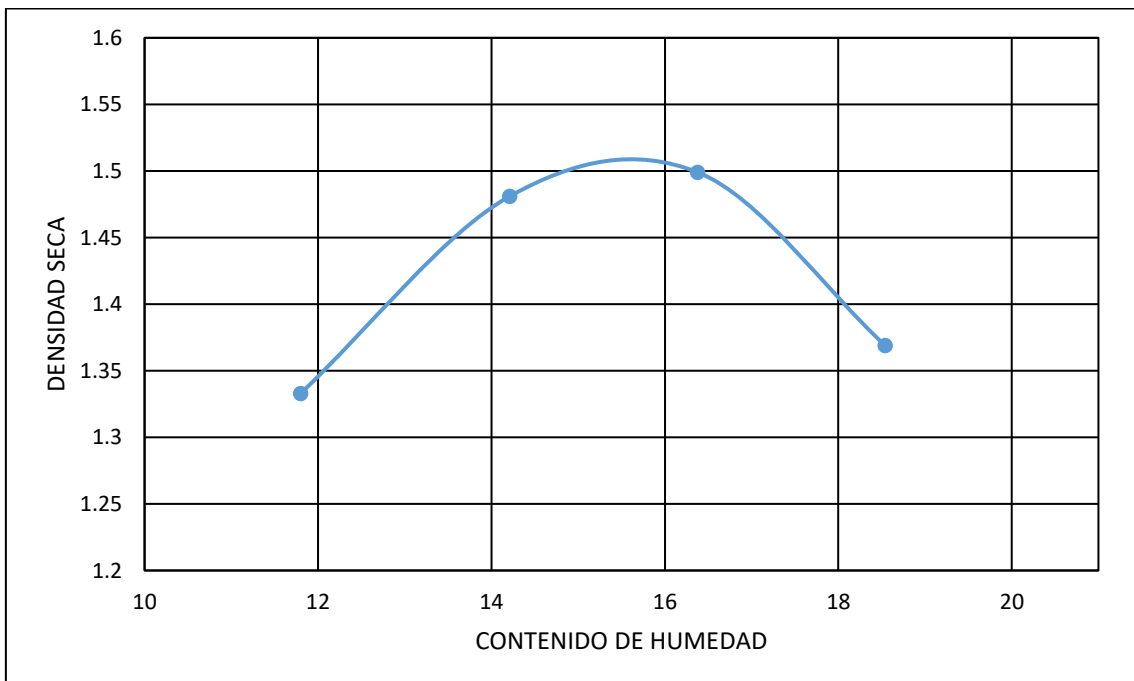


Figura 21: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad seca, C3, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 31: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad seca, C6, 2023

C6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA
13.04	1.455
15.05	1.504
16.91	1.49
18.72	1.403
15.63	1.507

Fuente: Elaborado por el autor

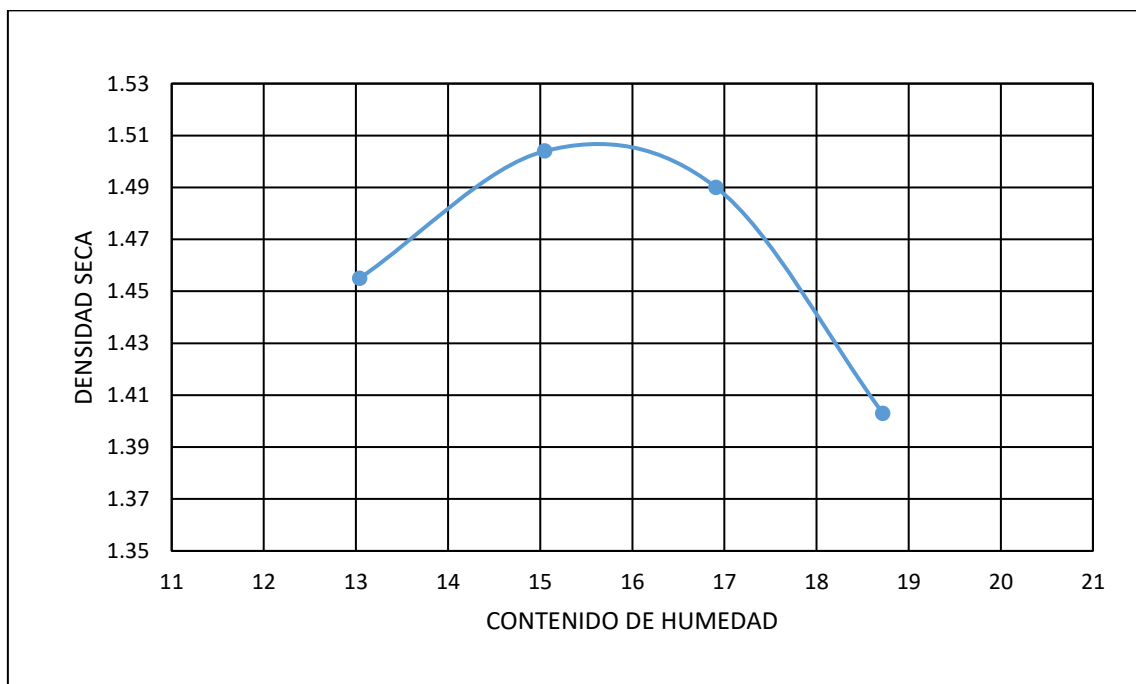


Figura 22: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad seca, C6, 2023

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 12: Ensayos de CBR

Tabla 32: Ensayo de CBR, por relación de carga y penetración, C3, 2023

C3		
CBR	95% DEL S.N.	100% DEL S.N
PENETRACIÓN(MM)	P(kg/cm2)	P(kg/cm2)
0.000	0	0
0.635	0	1
1.270	1	2
1.905	2	2
2.540	2	3
3.180	3	4
3.810	3	5
4.450	4	5
5.080	4	6
7.620	6	8
10.160	7	10
12.700	7	11

Fuente: Elaborado por el autor

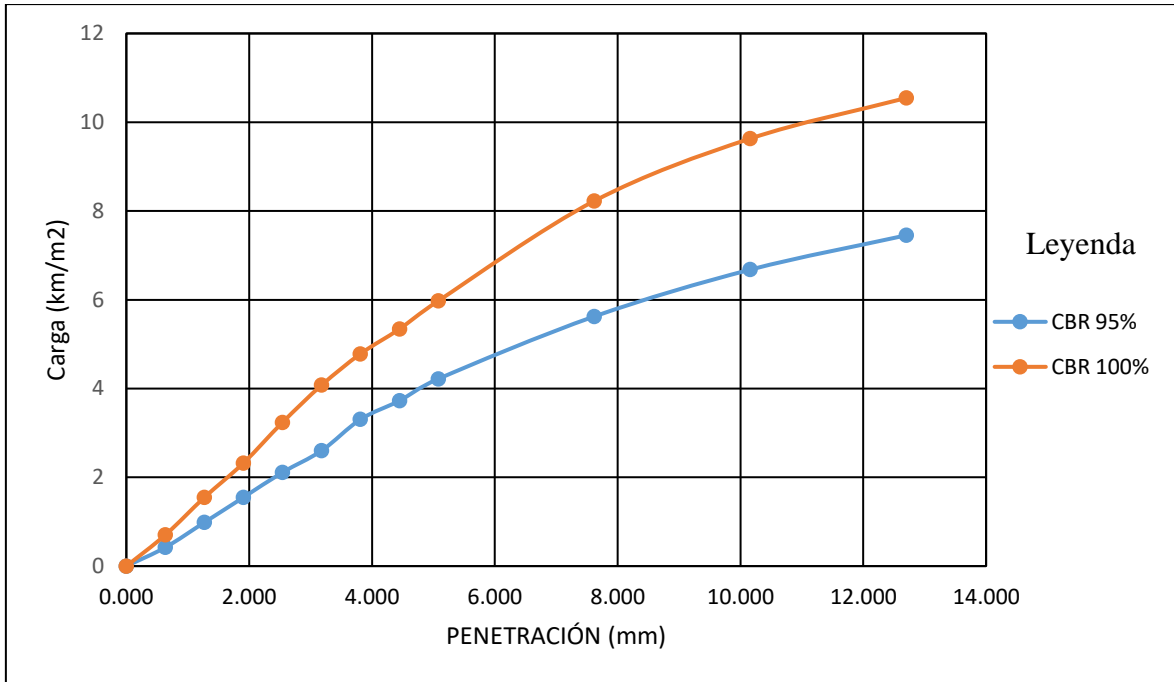


Figura 23: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque ensayo de CBR, por relación de carga y penetración, C3, 2023

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 33: Ensayo de CBR, por relación de carga y penetración, C6, 2023

C6		
CBR	95% DEL S.N.	100% DEL S. N
PENETRACIÓN(MM)	P(kg/cm2)	P(kg/cm2)
0.000	0	0
0.635	1	1
1.270	1	2
1.905	2	3

2.540	3	4
3.180	3	4
3.810	3	5
4.450	4	6
5.080	4	6
7.620	5	8
10.160	6	9
12.700	7	10

Fuente: Elaborado por el autor

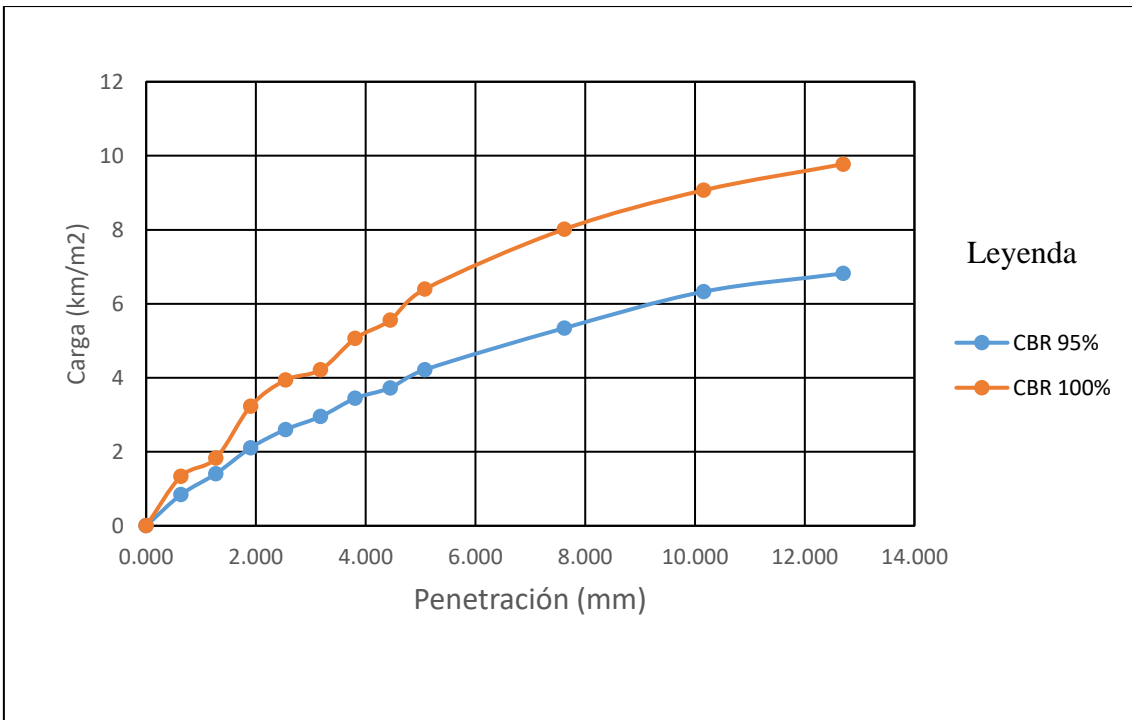


Figura 24: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque ensayo de CBR, por relación de carga y penetración, C6, 2023

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 13: Suelo Natural + Incorporación de Aceite de residuo de combustión.

Tabla 34: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad, C3, 2023

C3					
PUNTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm2)	PUNTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm2)
SUELO NATURAL + 1.5 % ARC	11.4	1.357	SUELO NATURAL + 3.5 % ARC	11.4	1.357
	13.57	1.505		13.57	1.505
	15.73	1.523		15.73	1.523
	17.89	1.393		17.89	1.393
	14.98	1.531		14.98	1.531
SUELO NATURAL + 2.5 % ARC	8.02	1.368	SUELO NATURAL + 4.5 % ARC	7.79	1.359
	10.43	1.516		10.23	1.507
	12.56	1.534		12.36	1.526
	14.76	1.404		14.53	1.395
	11.86	1.542		11.63	1.533

Fuente: Elaborado por el autor

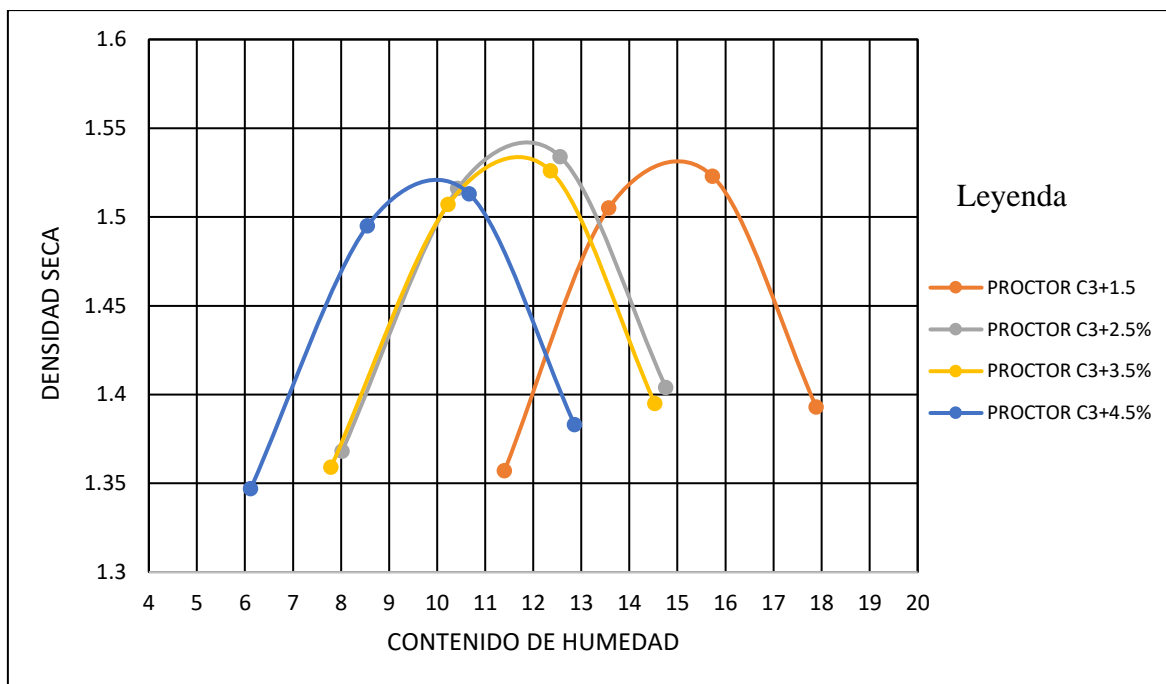


Figura 25: Av. Villa Hermosa Chiclayo, Lambayeque, Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad, C3, 2023

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 35: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad, C6, 2023

C6					
PUNTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ²)	PUNTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ²)
SUELO NATURAL + 1.5 % ARC	11.14	1.357	SUELO NATURAL + 3.5 % ARC	10.13	1.522
	13.57	1.505		12.38	1.53
	15.73	1.523		15.32	1.488
	17.89	1.393		18.25	1.421
	14.98	1.531		11.63	1.533
SUELO NATURAL + 2.5 % ARC	10.09	1.524	SUELO NATURAL + 4.5 % ARC	7.71	1.493
	12.36	1.54		10.01	1.521
	15.11	1.498		13.13	1.477
	18.92	1.413		15.16	1.415
	11.85	1.542		9.96	1.521

Fuente: Elaborado por el autor

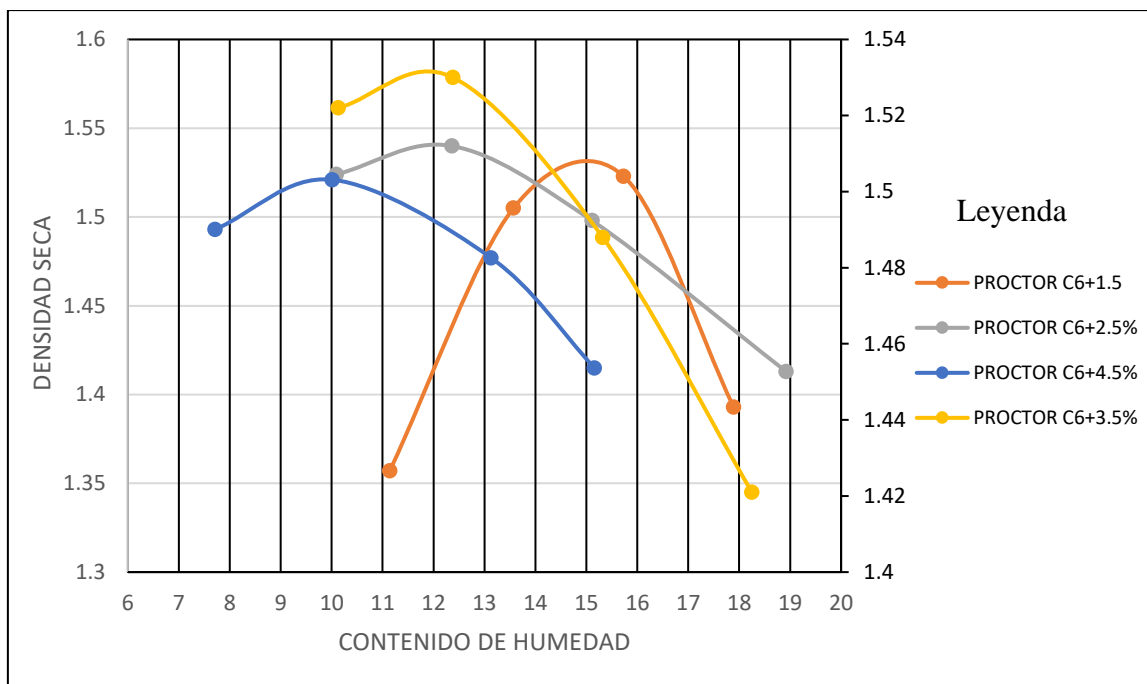


Figura 26: Ensayo de Proctor Modificado mediante relación de contenido de humedad y densidad, C6, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 36: Ensayos de CBR al 95% y 100% con penetración de 0.1" y 0.2" mediante porcentajes de aceite de residuo de combustión, de C3 y C6, 2023

CBR	SUELO NATURAL al 95% PENETRACION 0.1"	SUELO NATURAL al 100% PENETRACIÓN 0.1"	SUELO NATURAL AL 95% PENETRACION 0.2"	SUELO NATURAL AL 100% PENETRACION 0.2"
C3	3.3	4.8	4	5.8
C3+1.5%	5.9	9.5	7.2	11.4
C3+2.5%	7.4	9.9	9	12
C3+3.5%	4.5	9.1	5.5	11
C3+4.5%	4.7	8.6	5.7	10.4
C6	3.3	4.8	3.8	5.7
C6+1.5%	5.9	9.5	7.2	11.5
C6+2.5%	7.4	9.9	9	12.1
C6+3.5%	4.5	9.1	5.7	11
C6+4.5%	4.7	8.6	6	10.5

Fuente: Elaborado por el autor

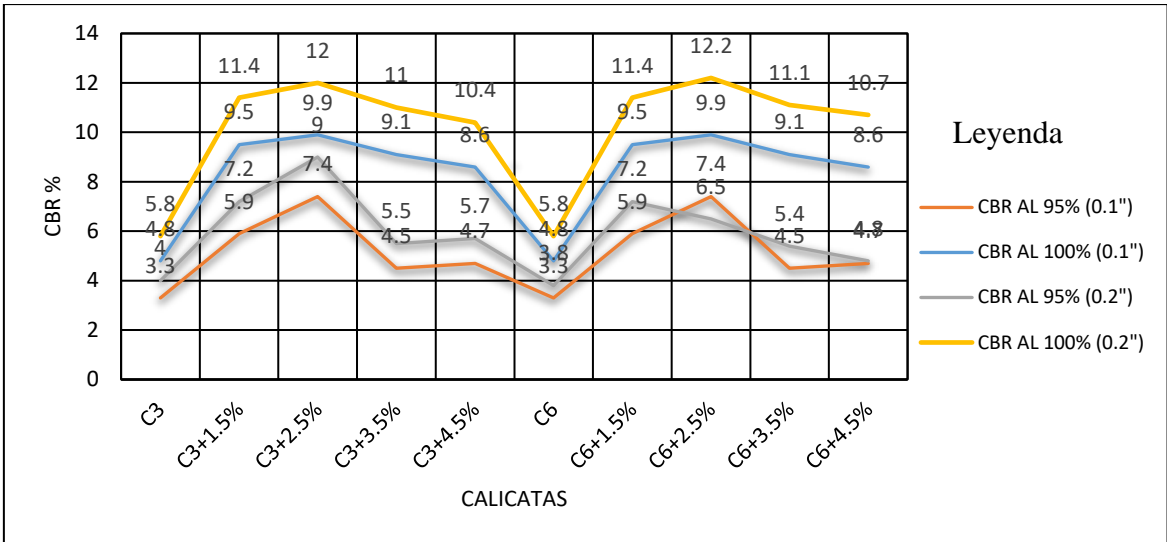


Figura 27: Ensayos de CBR al 95% y 100% con penetración de 0.1" y 0.2" mediante porcentajes de aceite de residuo de combustión, de C3 y C6, 2023.

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 14: Norma Técnica Peruana (NTP) 900.050-2022 – GESTIÓN DE RESIDUOS. Manejo de aceites usados.

Tabla 37: Composición de los aceites usados

COMPONENTE	Porcentaje aproximado (%)
Aceite base mineral o sintética con aditivos	65%
Residuos, agua, restos de aditivos: fenoles, compuestos de Zn, Ci y P, ácidos orgánicos o inorgánicos por oxidación del S de los combustibles, partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción, compuestos de S, compuestos clorados, compuestos organometálicos con Pb, HPA, y otros	35%

Fuente: NTP 900.050-2022, Tabla 2 – Composición de los aceites usados

Tabla 38: Límites para la valorización del aceite usado

Parámetros	Concentración máxima ppm
Bifenilos Policlorados (PCB)	<50
Halógenos Totales	<1000
Policloroterfenilos (PCT)	<50

Fuente: NTP 900.050-2022, Tabla 3 – Límites para la valorización del aceite usado.

Tabla 39: Especificaciones del aceite usado para valorización energética

Parámetro	Nivel permitido
Arsénico	5 máximo
Cadmio	2 máximo
Cromo	10 máximo
Plomo	100 máximo
Punto de inflamación (Flash point)	100° F (37.7°C) mínimo
Total, halógenos	4000 máximo

Fuente: NTP 900.050-2022, Tabla 4 – Especificaciones del aceite usado para valorización energética

Tabla 40: Características fisicoquímicas del aceite usado

CARACTERISTICAS	AUTOMOTRIZ	INDUSTRIAL
Viscosidad a 40° C, SSU	97 - 120	143 - 330
Gravedad a 15,6°C, API	19 - 22	25,7 - 26,2
Peso específico a 15.6°C	0,9396 - 0,8692	0,9002 - 0,8972
Agua, % vol.	0,2 - 33,8	0,1 - 4,6
Insolubles en benceno, %peso	0,1 - 4,2	0,0
Solubles en gasolina, %vol.	0,56 - 33,3	0,0
Punto de ignición, °C	78 - 220	157 - 179
Potencia calorífica, MJ/kg	31,560 - 44,880	40,120 - 41,840

Fuente: NTP 900.050-2022, Tabla 4 – Características fisicoquímicas del aceite usado

Tabla 41: Métodos de ensayo recomendados para los parámetros del aceite usado.

Parámetro	Método
Viscosidad cinemática a 40 y 100 °C	ASTM D445
Punto de inflamación	ASTM D93
% de agua emulsionada	ASTM D95
Contenido de cenizas sulfatadas	ASTM D974
Gravedad API y gravedad específica	ASTM D287 ASTM D1298
Acidez y basicidad	C13. 46/83
TBN	ASTM 2896 IP 276
Índice de viscosidad	C.13 33/79
Índice de refracción	ASTM D1218
Agua y sedimentos (% en volumen)	ASTM D1796 - 97
% Carbón Conradson	ASTM D189

Fuente: NTP 900.050-2022, ANEXO B, Tabla B – Métodos de ensayo recomendados

ANEXO 15: Alfa de Cronbach

Tabla 42: Coeficiente de alfa de Cronbach

Ítems	porcentaje de adición	CBR al 95% C3 (Penetración 0.1")	CBR AL 100% C3 (Penetración 0.1")	CBR AL 95% C6 (Penetración 0.1")	CBR AL 100% C6 (Penetración 0.1")	
1	0%	3.30	4.80	3.30	4.80	16.2
2	1.50%	5.90	9.50	5.90	9.50	30.8
3	2.50%	7.40	9.90	7.40	9.90	34.6
4	3.50%	4.50	9.10	4.50	9.10	27.2
5	4.50%	4.70	8.60	4.70	8.60	26.6
VARIANZA IND		2.418	4.237	2.418	4.237	

NUMERO DE ITEM	5
SUMATORIA DE LAS VAR DE LOS ITEM	13.31
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ITEM	47.25
ALFA DE CROMBACH	0.90
	0.90

Rangos	Magnitudes
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Fuente: Elaborado por el investigador