



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr.

Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Alamo Martínez, Arturo Cesar (orcid.org/0000-0003-3702-1430)

Llanca Nieto, Crispolo (orcid.org/0009-0004-3621-0269)

ASESOR:

Mg. Poma Gonzalez, Carla Griselle (orcid.org/0000-0001-5486-7302)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

HUARAZ – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, POMA GONZALEZ CARLA GRISELLE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024", cuyos autores son LLANCA NIETO CRISPOLO, ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, 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.

HUARAZ, 16 de Agosto del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|---|
| POMA GONZALEZ CARLA GRISELLE DNI: 41342758 ORCID: 0000-0001-5486-7302 | Firmado electrónicamente por: CGPOMAP el 16-08- 2024 23:01:18 |

Código documento Trilce: TRI - 0861008

Declaratoria de originalidad del autor(es)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LLANCA NIETO CRISPOLO, ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos 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 asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|--|
| ARTURO CESAR ALAMO MARTINEZ DNI: 43271974 ORCID: 0000-0003-3702-1430 | Firmado electrónicamente por: ACALAMOMAR el 16-08-2024 16:24:57 |
| CRISPOLO LLANCA NIETO DNI: 07261699 ORCID: 0009-0004-3621-0269 | Firmado electrónicamente por: CLLANCAN el 16-08-2024 11:20:29 |

Código documento Trilce: TRI - 0861009

Dedicatoria

Este trabajo especialmente dedicado a mis padres, quienes me supieron orientar con temple y firmeza a culminar esta etapa maravillosa de mi formación académica profesional

En agradecimiento a mis hermanos que depositaron su confianza y me apoyaron para culminar exitosamente este proceso de estudio.

ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR

A mis dos hijas que son mis dos brazos y a Vilma, quienes con amor y sacrificio han sido mi mayor apoyo en cada paso que doy hacia mis sueños profesionales. Gracias por estar siempre a mi lado, impulsándome a seguir creciendo y avanzando juntos en este camino de la vida.

LLANCA NIETO CRISPOLO

Agradecimiento

Agradecer a Dios todo poderoso por brindarme la sabiduría necesaria para vencer los obstáculos que se interpuso en mi camino durante el proceso de mi formación académica profesional, siempre lo agradeceré eternamente.

Brindar un agradecimiento sincero a toda mi familia en especial a mis padres que supieron orientarme con temple y firmeza en mi formación académica.

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo, los docentes y aquellos miembros de la institución por apoyarme durante esta etapa de mi formación académica profesional, gracias.

ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR

Agradezco sinceramente a la Universidad César Vallejo por darme la confianza de realizar esta investigación. De la misma manera agradezco a mis asesores y profesores por su sincero apoyo moral y orientación, así como a mis compañeros de estudio por su colaboración y motivación. También quiero reconocer a mi familia por su incondicional apoyo y comprensión durante este proceso. Sin su ayuda, este trabajo no habría sido posible

LLANCA NIETO CRISPOLO

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Carátula..... | i |
| Declaratoria de autenticidad del asesor | ii |
| Declaratoria de originalidad del autor(es)..... | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento | v |
| Índice de contenidos | vi |
| Índice de tablas | vii |
| Índice de imagen | viii |
| Índice de gráficas | ix |
| Resumen..... | x |
| Abstract..... | xi |
| I.INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.METODOLOGÍA | 15 |
| III.RESULTADOS..... | 19 |
| IV.DISCUSIÓN | 50 |
| V.CONCLUSIONES | 53 |
| VI.RECOMENDACIONES..... | 54 |
| REFERENCIAS..... | 55 |
| ANEXOS..... | 58 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Análisis granulométrico de suelo por tamizado----- | 19 |
| Tabla 2: Determinación del Limite Liquido:----- | 21 |
| Tabla 3: Datos de laboratorio Para determinar Limite Plástico ----- | 22 |
| Tabla 4: Resumen de Limites de Consistencia ----- | 22 |
| Tabla 5: Cálculo de la Humedad ideal, densidad seca y peso unitario seco compactada ----- | 23 |
| Tabla 6: Determinación de peso específico de agregados gruesos ----- | 25 |
| Tabla 7: Compactación ----- | 26 |
| Tabla 8: Inversión (saturación) ----- | 27 |
| Tabla 9: Penetración ----- | 28 |
| Tabla 10: Resumen de conteo y clasificación vehicular ----- | 31 |
| Tabla 11: Periodo de diseño----- | 32 |
| Tabla 12: cálculo de Carga de Eje Simple Equivalente (ESAL) ----- | 34 |
| Tabla 13: Niveles de confiabilidad ----- | 35 |
| Tabla 14: Desviación estándar Normal----- | 35 |
| Tabla 15: Tiempo que tarda el agua en ser evacuada ----- | 39 |
| Tabla 16: Coeficiente de drenaje----- | 39 |
| Tabla 17: Valores de coeficiente de transmisión de carga ----- | 40 |
| Tabla 18: Tabla de cálculo de espesor de pavimento por Método PCA----- | 43 |
| Tabla 19: Tabla de comparación de los métodos de diseño ----- | 47 |

Índice de imagen

| | |
|---|----|
| Imagen 1: Monograma para determinar el módulo reacción compuesto de la subrasante suponiendo una profundidad infinita _____ | 37 |
| Imagen 2: Cálculo de espesor de pavimento mediante monograma de _____ | 42 |

Índice de gráficas

| | |
|--|----|
| Gráfica 1: Granulométrico de suelos por tamizado | 19 |
| Gráfica 2: Relación Humedad densidad..... | 24 |
| Gráfica 3: Método de Compactación | 26 |
| Gráfica 4: EC de 55 Golpes y EC de 26 golpes | 27 |
| Gráfica 5: 12 golpes | 28 |

Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo proponer un diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, para el año 2024. Es una investigación cuantitativa que recolecta y analiza datos numéricos utilizando métodos estadísticos y matemáticos. El estudio es transversal descriptivo, diseño no experimental observando las características del pavimento rígido y obras de arte en su entorno natural sin manipulación. Con una muestra de 265 ml en el Jr. Arenales de Huaraz, se aplicó la técnica de muestreo por conveniencia. Se compararon dos métodos de diseño de pavimento, AASHTO 93 y PCA 84, para determinar el procedimiento ideal, de calidad y económico. Se concluyó que el método AASHTO 93, da como resultado 0.15 cm de subbase, 0.20cm de losa de rodadura y 0.45 cm de pasadores, la investigación es basado en el desarrollo sostenible, la serviciabilidad y las condiciones del suelo, siendo el más adecuado estructuralmente y rentable económicamente.

Palabras clave: Diseño, pavimento, obras de arte.

Abstract

This research project aims to propose a rigid pavement design and works of art in Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, by the year 2024. It is quantitative research that collects and analyzes numerical data using statistical and mathematical methods. The study is a cross-sectional descriptive, non-experimental design observing the characteristics of rigid pavement and works of art in their natural environment without manipulation. With a sample of 265 ml in Jr. Arenales de Huaraz, the convenience sampling technique was applied. Two pavement design methods, AASHTO 93 and PCA 84, were compared to determine the ideal, quality, and economical procedure. It was concluded that the AASHTO 93 method results in 0.15 cm of subbase, 0.20 cm of tread slab and 0.45 cm of dowels. The research is based on sustainable development, serviceability and soil conditions, being the most appropriate structurally. and economically profitable.

Keywords: Design, pavement, works of art.

I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras construidas con calzadas de rodadura de hormigón hidráulico son determinantes para desarrollarse en los aspectos tecnológicos, cultural y dinamizando la economía de las naciones a nivel mundial, posibilitando un desplazamiento eficaz de individuos y productos, cerrando brechas a las necesidades de los pobladores brindando oportunidad a la educación de calidad, al trabajo y la salud, así fomenta la conexión entre áreas rurales y urbanas. De acuerdo con las estadísticas de entidades internacionales aproximadamente dos mil millones de pobladores residen en regiones con carreteras no asfaltadas, este problema es aún una brecha muy grande en naciones en vías de desarrollo, donde la ausencia de infraestructura pavimentada afecta principalmente a las comunidades rurales y desfavorecidas (Gutiérrez y Varela, 2019). De acuerdo al informe realizado por CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) determina que la falta de redes viales adecuadas representa un obstáculo para la integración territorial tanto entre naciones como dentro de cada país, en América Latina la falta de infraestructuras viales retrasa considerablemente el progreso socioeconómico cultural de una nación. El Banco Mundial ha subrayado la relevancia de las carreteras secundarias en la red vial para garantizar la conectividad y cohesión proporcionando la capacidad de ofrecer asistencia humanitaria y redundancia en situaciones de crisis (Naciones Unidas, 2020).

La ausencia de carreteras asfaltadas en el Perú, representa un desafío significativo que afecta el desarrollo y el bienestar de sus residentes. Los esfuerzos del estado para tener mejores infraestructuras viales de comunicación aún no cubren la demanda del país, porque existen muchas vías sin pavimentar sobre todo en zonas rurales y apartadas. Esta falta de carreteras asfaltadas plantea diversos retos que influyen en la conectividad, la seguridad en el tránsito, el derecho a servicios básicos que requiere el poblador, el crecimiento económico y la salud ambiental en varias regiones del Perú. Es crucial abordar esta problemática de manera integral, dando prioridad a la inversión en infraestructura vial, una planificación adecuada, la cooperación entre los distintos niveles gubernamentales, brindando soluciones que

mejoren la accesibilidad, fomenten el desarrollo equitativo y sostenible en todo el territorio peruano (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2022). Porque se requiere pavimentar las vías nacionales y urbanas en el Perú, más del 84% de las vías nacionales ven la necesidad urgente en invertir en la mejora y rehabilitación de la infraestructura vial del país, esto no solo contribuirá a la integración territorial y el crecimiento económico, sino que también brindará confort, seguridad y bienestar a los pobladores, las autoridades responsables de la administración de las vías locales, se ven limitados en su competencia técnica para llevar a cabo proyectos de infraestructura pública. Se enfrentan a desafíos como la constante rotación de personal y la falta de recursos presupuestarios adecuados para la planificación y elaboración de documentación técnica necesaria (Meza, 2020). Para que se requiere la pavimentación de las vías nacionales y vías urbanas, según el informe del IPE del año 2020, destaca que la falta de vías pavimentadas en las carreteras peruanas y vías urbanas en las ciudades, es un desafío significativo que afecta el progreso económico y social, señala que la falta de vías de acceso inadecuadas, no garantiza la seguridad en el tránsito peatonal y vehicular, no se tiene el acceso adecuado a los servicios esenciales, retrasa al crecimiento económico y la salud ambiental, además resalta que en 2018 el 75% de las carreteras sin pavimentar eran senderos o vías no mejoradas, lo que evidencia el estado precario de las carreteras de tránsito vial en el país. La disparidad en la calidad de las carreteras, con un índice inferior al promedio de la Coalición del Pacífico y la OCDE, subraya la urgencia de mejorar la infraestructura vial para impulsar un desarrollo equitativo y sostenible en todo el territorio peruano (Chereque, 2020). La falta de vías y calles pavimentadas en buen estado, es un problema generalizado en la región de Ancash, generando situaciones de riesgo en el tránsito de personas y vehículos, especialmente en las áreas urbanas. Para resolver este problema, se debe de efectuar evaluaciones permanentes y exhaustivas por parte del estado para mejorar las condiciones ideales de las redes viales urbanas y las vías de nacionales (Méndez,2023). La infraestructura vial en la provincia de Huaraz presenta un deterioro significativo, evidenciado por el agrietamiento longitudinal, transversal y la formación de piel de cocodrilo en numerosas calles y vías. Esta situación no solo

afecta la movilidad de peatones y vehículos, también incrementa el riesgo de accidentes a los peatones y daños en los vehículos generando costos adicionales en el mantenimiento de sus unidades vehiculares. La carencia de calles pavimentadas y/o en mal estado de las vías genera grandes dificultades de accesibilidad a los hospitales, escuelas y comercios, impactando negativamente en el bienestar de vida de los habitantes y en el afianzamiento de la economía de la ciudad (Indeci, Huaraz, 2020). Es crucial la pavimentación de las calles de la provincia de Huaraz, sus distritos y caseríos, proponiéndole como mejor alternativa un diseño de calzada de rodadura de hormigón hidráulico ideal por el tipo de clima lluvioso que tiene la zona sierra de esta parte de Ancash, lo cual garantiza la durabilidad de infraestructura vial (Castro, 2021). La problemática real en el ámbito de esta investigación es la falta de pavimentación del Jr. Arenales que dificultan el tránsito de las unidades vehiculares y peatonales especialmente durante las épocas de lluvia, generando inundaciones y problemas de drenaje debido a la ausencia de un pavimento adecuado y un sistema de drenaje eficiente durante las lluvias provocando inundaciones, En cuanto a la condición de vida, la falta de infraestructura vial limita a tener confort, a la seguridad en el entorno urbano, así como la posibilidad de disfrutar de espacios públicos adecuados.

Ante esta problemática se propone el diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 se presenta como una solución integral brindando una mejora en la infraestructura vial, sino que también transformará el entorno en un espacio seguro, funcional y estéticamente agradable para los habitantes de esta parte de la provincia de Huaraz.

Pregunta general. ¿Cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido y obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024?

Preguntas específicas. ¿Cuáles son las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash,2024? ¿Cuál de los métodos de diseño de pavimento rígido, como AASHTO 93 y la guía de la Portland Cement Association (PCA) es óptimo para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash,2024? ¿Qué obras de arte debe diseñar el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash,2024?

Justificación Social la falta de una carpeta de rodadura de concreto rígido vial en el Jr. Arenales de la ciudad de Huaraz, condiciona al tránsito limitado de peatones y vehículos teniendo un impacto negativo social y económico de los pobladores de esta parte de la ciudad. Al aplicar un diseño óptimo de una carpeta de rodadura de concreto rígido y obras de arte, se mejorará la red vial urbana y se incrementa la economía de la comunidad local.

Justificación Teórica el deterioro y la falta de vías urbanas son desafíos frecuentes que enfrenta la ciudad de Huaraz, lo cual ha propiciado la aparición de problemas relacionados con la seguridad vial, la congestión del tránsito vehicular y condicionando el bienestar de los pobladores, este estudio busca brindar alternativas de solución para el diseño de vías de hormigón hidráulico, para brindar soluciones a los problemas de falta de vías pavimentadas, estableciendo una planificación con condiciones ideales en cuanto a la seguridad vial para los usuarios de esta parte de la ciudad.

Justificación Técnica en Huaraz aún no se ha implementado una aplicación técnica adecuada para el diseño de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico y obras de arte, lo cual nos presenta un problema de deficiencia estructural funcional por falta de componentes como es alcantarillado pluvial, veredas, señalizaciones, rompe muelles y badenes. Al emplear procedimientos de diseño de losas de rodadura de concreto rígido comprobadas y eficientes, como el procedimiento AASHTO-93 y PCA, se garantizará un proyecto de calidad, funcional y duradero de la vía en el Jr. Arenales.

Justificación Metodológica en la ciudad de Huaraz, se observa una carencia en la aplicación de metodologías de diseño de pavimentos rígidos y obras de arte, un limitado conocimiento sobre los métodos más adecuados, por ello es fundamental realizar un proceso sistemático de investigación que incluya el análisis de las condiciones actuales del Jr. Arenales, para determinar el procedimiento de diseño más apropiada para el contexto local y la evaluación de alternativas para optimizar el diseño se ha realizado estudios de topografía, hidrología, tráfico vehicular, estudio de suelos y materiales para obtener datos precisos que permitan un diseño adecuado, posteriormente aplicar técnicas de análisis y simulación, para poder

predecir el comportamiento del pavimento bajo diferentes escenarios de carga y condiciones ambientales.

La justificación ambiental en la ciudad de Huaraz, Ancash, se observa un interés limitado por la protección del medio ambiente natural, esto genera la degradación y contaminación ambiental en la zona, en el presente proyecto radica en su capacidad para mitigar la generación de polvo, residuos sólidos, prevenir inundaciones y erosión del suelo, impulsar el uso eficiente, responsable y sostenido de los recursos del ambiente natural, para poder integrar las obras de arte en el desarrollo del proyecto constructivo de una calzada de rodadura de hormigón hidráulico sostenible, mitigando de forma sostenible la contaminación del impacto ambiental negativo y brindar bienestar a los pobladores del Jr. Arenales.

Objetivo general: Determinar el diseño óptimo de pavimento rígido y obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024.

Objetivos específicos: Primer objetivo. Evaluar las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales de Huaraz, Ancash, 2024.

Segundo objetivo. Diseñar un pavimento rígido óptimo para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. Mediante la aplicación del método AASHTO 93 y la guía de la Portland Cement Association (PCA - 84).

Tercer objetivo. Diseñar las obras de arte del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024.

Según (Viloria 2020) Colombia, tuvo como finalidad plantear un diseño de losa de rodadura de concreto rígido en Malambo, Atlántico, Colombia. Empleando el procedimiento Portland Cement Association PCA-84. El procedimiento es aplicado, cuantitativo, transversal. Concluye, establecer un CBR de diseño del 7.56% para la subrasante sin requerir mejoras, se practicó un estudio de tráfico que determinó un nivel de tráfico NT1 con una duración de 20 años. Emplearon para este estudio el software BS-PCAA, se estableció una calzada de rodadura de 20 cm cumpliendo con los estándares de resistencia a la erosión y fatiga, garantizando la longevidad y eficacia del pavimento. Según (Castro, Castro y Castro, 2020). Ecuador en su artículo de investigación. Tuvo como finalidad emplear el procedimiento AASHTO-93. Cuyo fin es desarrollar la estructura de los niveles de una losa de concreto rígido,

bajo un criterio de serviciabilidad en el diseño. La técnica utilizada es de enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel transversal descriptivo. Concluyendo, que la aplicación del procedimiento AASHTO-93 permite un diseño adecuado de los niveles que conformarán la estructura de la carpeta de rodadura de hormigón hidráulico de 35 cm, una subbase de 22 cm, pasadores de una longitud de 35 cm a cada 30 cm, diámetro del pasador es de $\frac{3}{4}$ pulg alcanzando los parámetros de seguridad, confort y serviciabilidad idóneos para los volúmenes de tránsito actuales y futuros, brindando su funcionalidad durante el tiempo para la que fue construida. Según (Pérez et al. 2020). México, en su artículo científico. Determinó las curvas de compactación según la técnica del Proctor estándar, empleando para esta técnica el equipo giratorio en lugar del método tradicional. El sistema de estudio es de enfoque cuantitativo, tipo experimental, nivel exploratorio, descriptivo. Concluyendo que el equipo giratorio puede proponerse como una técnica alterna al procedimiento convencional para determinar las curvas de compactación Proctor estándar de terrenos de terraplén o subrasante. Sin embargo, identificaron algunos problemas en la precisión de la curva de compactación de terrenos con el equipo giratorio, los cuales deben ser abordados y resueltos específicamente en donde la presión vertical a utilizar para determinar la curva Proctor estándar con el equipo giratorio dependerá del tipo de terreno específico que se esté analizando.

Según (Hernández, Mora y Munguía, 2020) México, en su artículo científico. Cuya finalidad tuvo realizar un estudio de comparación de información de la prueba del proctor estándar utilizando dos variables. La clásica, donde se emplea una sola porción de suelo compactada repetidamente y una variante alterna que utiliza múltiples porciones de terreno, cada una es compactada una sola vez. Su estudio es de tipo cuantitativa, aplicada, exploratoria y descriptiva. La comparativa del proctor estándar clásico con la variante de múltiples cantidades de terreno, la segunda opción generó una disminución aproximada del 1% en los valores de los pesos específicos secos máximos y aumentos en las humedades ideales alrededor del 1.3%. Los resultados distintos obtenidos muestran que la elaboración de los prototipos de terreno en la variante de la prueba del Proctor, donde cada porción se compacta una sola vez, lo que puede generar una ligera desviación en los

resultados en comparación con el método clásico.

Según (Villabón, 2020) Bogotá – Colombia, realizó una investigación de diseño de una estructura ideal, viable económicamente de una calzada de rodadura de hormigón hidráulico para el tramo vial de la carrera 5 con calle 3 en el barrio centro del municipio de Coello, Tolima. El procedimiento empleado para el diseño de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico fue la norma AASHTO 93. La técnica aplicada es cuantitativa, experimental y descriptiva. Conclusión, el diseño de una calzada de rodadura de hormigón hidráulico se empleó la norma AASHTO 93, teniendo como dato el W18, que es el resultado final de la investigación de tráfico de la zona y el valor de CBR fue de 3.4%, siendo determinante para definir la resistencia del terreno con estos datos, se garantizó el valor de K, que representa la intercomunicación entre la subrasante y los materiales de soporte de la placa de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico. Resultando una calzada de rodadura hormigón hidráulico de 15 cm de espesor, con un concreto de módulo de rotura de 4.0 MPa se determina un ancho de 23 cm para la base granular, y un nivel de tránsito NT2 y clase B.

Según (Cónes, 2023). Huancayo en su investigación. Determinó el diseño de una estructura de calzada de rodadura de hormigón hidráulico para la red vial de la comunidad de Pomacocha, Junín, en el año 2021. El procedimiento empleado es cuantitativo de tipo aplicado, con un nivel descriptivo correlacional cuasi experimental. Las referencias concluyentes del estudio determinaron que el diseño estructural de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico se compone de una subbase de 0.20 m de espesor y la calzada de rodadura de hormigón hidráulico de 0.20 m de alto con juntas transversales con separación de 4.20 m, empleando acero de 5/8" y 0.30 m y las juntas longitudinales con una separación de 3.5 m, con el uso de acero de 5/8" y 0.60 m.

Según (Gómez y Rivero, 2019) Trujillo – Huanchaco en su estudio tuvo como objetivo analizar la comparación entre el diseño de una calzada de concreto hidráulico de losa corta y la calzada de concreto hidráulico tradicional. El procedimiento de investigación es aplicada cuantitativa comparativa y descriptiva-correlacional. Para el desarrollo de la calzada de rodadura hormigón hidráulico

tradicional se aplicó el procedimiento AASHTO 93, mientras que para la elaboración de la calzada de rodadura de concreto hidráulico de losas cortas se empleó el procedimiento chileno TCPavements, con el apoyo del software OPTIPAVE2. Los resultados mostraron que la calzada de concreto hidráulico tradicional según la norma (AASHTO 93) requería una calzada de rodadura de hormigón hidráulico de 20 cm de ancho, la subbase de 15 cm. En contraste, la calzada de concreto hidráulico de losa corta (TCP) presentó una calzada de rodadura de concreto de 12 cm de ancho, la subbase de 15 cm, se determinó que la calzada de concreto hidráulico de Losa Corta era más recomendable.

Según (Saldarriaga 2021) estudio realizado en Tumbes, tuvo como fin identificar la estructura ideal para la calzada de rodadura de concreto rígido empleando el procedimiento AASHTO 93 Y PCA. Es de tipo aplicado, diseño no experimental, transeccional, descriptivo. Empleando como referencia 226.42 ml. El procedimiento aplicado es la técnica de la observación, mediante la guía de observacional se obtiene información obtenida de tablas empleados de acuerdo a las normativas vigentes. El producto final es importante en contraste a ambas metodologías empleadas para el diseño. El procedimiento AASHTO 93 establece una calzada de rodadura de hormigón hidráulico de 16 cm, para la norma PCA determina una losa de rodadura de 20 cm. Concluyendo, que el procedimiento AASHTO 93 es el más indicado, siendo económico, eficiente, funcional, estableciendo los espesores ideales de la calzada de rodadura de la vía.

Según (Morquecho, 2021) Piura su estudio tuvo como finalidad diseñar un concreto permeable para ser más eficaz en el drenaje pluvial en las losas de concreto de la Calle Lima en Piura en el año 2021. Cuyo procedimiento utilizado fue tipo aplicada, diseño experimental, estudio cuasi experimental transversal con un enfoque cuantitativo. Para diseñar el concreto permeable, se fabricaron 24 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de longitud, distribuidas en 8 probetas para cada diseño con diferentes proporciones de vacíos y relaciones agua/cemento los cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días y determinó la resistencia óptima. Además, se elaboraron 2 probetas cilíndricas adicionales de 10 cm x 20 cm, con distintas proporciones de vacíos y relaciones agua/cemento, para la prueba de

permeabilidad y se ensayaron a los 28 días. Concluyendo, se planteó diferentes mezclas de concreto permeable para determinar el más óptimo.

Para (Cruz y Cruz 2021) Ancash su estudio propuso el diseño de una calzada de rodadura de hormigón hidráulico y un método de drenaje pluvial para mejorar la carretera del centro poblado de Vista Alegre. La técnica utilizada es aplicada, cuantitativa, descriptiva y no experimental obteniendo un terreno con topografía variada, terreno arcilloso según la norma AASHTO 93 cuenta con un CBR de 55.22% para la subrasante, clasificada excelente, el CBR de 40.20%, la subbase clasificada como bueno, se logró diseño de una calzada de rodadura de hormigón hidráulico empleando la norma AASHTO 93. Concluyendo, 20 cm de espesor para la subbase y 20 cm para la calzada de rodadura de hormigón hidráulico. Además, se planteó el diseño de un sistema de drenaje pluvial cuya magnitud de lluvia es de 55,2 mm/hr con un período de retorno de 25 años, con un tiempo de duración de lluvia de 12 minutos.

(Méndez, 2023) Ancash. Tiene como finalidad evaluar la losa de rodadura de concreto rígido del Jr. Simón Bolívar, en Huaraz, Ancash, 2022, empleando el procedimiento del Índice de Condición del Pavimento (PCI). La investigación fue cuantitativa, aplicada a nivel descriptivo. Como resultado se tuvo un promedio de 50, lo que determina como vía regular según en el procedimiento PCI. En contraste con los resultados determinó que la zona media desde la unidad de muestra 8 hasta la 13, calificó como "malo", mientras que la zona final, desde la unidad de muestra 14 hasta la 17, calificó como bueno. Concluye, que la carpeta de rodadura de hormigón hidráulico presentó 9% ser muy bueno, 44% en estado bueno, 34% en estado regular y 14% en clasificación mala en general se puede decir regular.

Según (Acuña y Figueroa, 2020) en la ciudad de Huaraz, en su investigación tuvo como finalidad diseñar una losa de rodadura de concreto rígido para dinamizar el tránsito de la vía principal del Centro Poblado de Shansha. La metodología es cuantitativa, no experimental de nivel descriptivo. Concluyó, que el proyecto de construir una calzada de rodadura de hormigón hidráulico según la normativa AASHTO

93. determinando que las dimensiones del pavimento consisten en una losa de rodadura de hormigón hidráulico de 0.15m de espesor, con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La subbase está compuesta por material granular de 0.15m de espesor, con un CBR mínimo del 40% al 100% de la máxima densidad seca, los tramos tienen una longitud de 2.25m y un ancho promedio de 2m, con una sección transversal del 2% y bermas de concreto hidráulico inclinadas un 2% hacia un extremo de la losa. Se instalaron juntas longitudinales con dowels de acero corrugado de $\varnothing=1/2"$ de $L=0.66\text{m} @0.76\text{m}$, con una caja de sellado de 10 mm de espesor. Las juntas transversales cuentan con pasadores de acero liso de $\varnothing=1"$ de $L=0.41\text{m} @0.30\text{m}$, y sus cajas de sellado tienen un ancho de 8mm. las juntas están selladas con asfalto líquido.

Según (Torres, 2022) en su investigación, diseño de la losa de hormigón hidráulico con una técnica de drenaje pluvial en la urbanización San Lorenzo, distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo, Lambayeque. empleó un procedimiento mixto, de tipo descriptivo y aplicado, con un diseño no experimental transversal y un nivel explicativo, para abordar la problemática de la urbanización San Lorenzo. Concluyendo que esta investigación es parte de una solución de un problema de falta infraestructura fundamentalmente el drenaje pluvial desarrollado según la normativa técnica, en contraste el proyecto de constructivo de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico es el más adecuado técnicamente y económicamente rentable debido a su durabilidad.

Pavimento rígido tiene como componentes losas de concreto rígido, pudiendo ser simples o armadas, tiene una alta rigidez debido a la naturaleza del concreto y distribuye las cargas de manera más eficiente sobre una superficie de dimensiones más extensas, debido al módulo de elasticidad en comparación con el terreno (Frapial, 2022).

La subrasante es una capa de estrato que complementa las estructuras del diseño de una carretera, orientada a soportar a la losa de rodadura de hormigón hidráulico. La propiedad ideal de la subrasante es fundamental debiendo ser resistente a la expansión y contracción por acción de la humedad. El proyecto de construcción de la calzada de rodadura de concreto se basa en determinar la carga de diseño por

rueda a la capacidad de la subrasante, que actúa como la cimentación del pavimento.

La subbase es la capa de estrato que forma parte de la estructura de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico, cuyo final es de resistir, transferir y distribuir de forma equivalente las cargas aplicadas a la superficie de la calzada de rodadura, empleado también como capa de drenaje y control de ascenso capilar del agua.

La losa también llamada superficie de la calzada de rodadura, es la estructura superior de la estructura de la calzada de rodadura del concreto rígido, construida con hormigón hidráulico. Cuya característica es resistente y un alto módulo de elasticidad, la calzada se basa en su capacidad portante en sí misma, más que en la capacidad de la subrasante, debido que no emplea una capa de base. (UNAM, 2020).

Según las normas del MTC - EG - 2013 afirmado del estrato, es la capa compactada con material granular, con la cantidad apropiada de estratos finos cohesivos, que sirve como calzada de rodadura en vías no pavimentadas, soportando directamente las cargas del tránsito.

Los ensayos CBR (California Bearing Ratio) y DCP (Dynamic Cone Penetrometer) son comúnmente utilizados para determinar la densidad del terreno superficial en proyectos constructivos de carreteras. Estos ensayos permiten conocer la capacidad de soporte y la resistencia del terreno, siendo importante para determinar la calidad, confort y durabilidad de las infraestructuras viales (Arbianto, Gunarso y Yuono, 2020).

Según (ASTM D1883 – 07 2009) el CBR es una prueba que evalúa la capacidad de soporte del terreno compactado al compararlo con un material de referencia, expresando esta capacidad como un porcentaje de la carga necesaria para penetrar el suelo a profundidades específicas. La humedad del suelo tiene un impacto significativo en el valor del CBR, a mayor humedad, menor será el valor de CBR, ya que el suelo disminuye su capacidad de soporte. Por esta razón, la prueba se efectúa en condiciones controladas de humedad. Un valor de CBR cercano a 0% señala que el terreno tiene una capacidad de soporte muy baja y no sería adecuado

para resistir cargas de tráfico o construcción sin un tratamiento previo para mejorar su resistencia y los CBR próximos al 100% señalan que el suelo exhibe una capacidad de soporte sobresaliente.

Levantamiento topográfico es un insumo fundamental para crear el proyecto geométrico y la estructura de la calzada de rodadura de concreto rígido, ya que permite adaptar la vía al terreno existente y asegurar un adecuado funcionamiento, evitando problemas futuros (Casiano y Príncipe, 2020)

La normativa técnica CE. 010 (2009) la norma AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials) para pavimentos rígidos, es una guía integral de diseño y construcción enfocada en la resistencia y duración de las infraestructuras de pavimento urbano. La norma establece requisitos para los materiales utilizados, como el concreto y los agregados, a fin de asegurar su resistencia y durabilidad. Drenaje define investigar los requisitos críticos para el drenaje, incluyendo la velocidad de achique y la capacidad de absorción del agua del material. Serviciabilidad establecen requisitos para la Serviciabilidad del pavimento, es decir, su capacidad de soportar el tráfico y otros usos sin deteriorarse significativamente, determinando resistencia a la fatiga y la capacidad de recuperación. Análisis estructural define métodos para especificar la fortaleza y durabilidad de la calzada de rodadura de concreto rígido. La técnica de mezcla de concreto consiste en seleccionar los ingredientes idóneos, como el tipo de cemento, agregados, agua y aditivos, determinando la cantidad ideales para producir un concreto de calidad que cumpla con las características requeridas tanto en estado fresco como sólido, esto se determina en los ensayos de laboratorio para encontrar los materiales idóneos y obtener las propiedades requeridas en el diseño del concreto fresco, como trabajabilidad, tiempo de fraguado y cohesión, determinantes para los requisitos de fortaleza a la compresión, durabilidad y otras propiedades especificadas Los principales métodos de ensayo utilizados para evaluar la fortaleza del hormigón hidráulico es la prueba de compresión; siendo uno de los ensayos más comunes para medir la fortaleza a la compresión del hormigón hidráulico. La elaboración de muestras cilíndricas de hormigón hidráulico al ser sometidos a la carga de compresión en una máquina de prueba hasta que fallen. A partir de la

carga máxima soportada, se calcula la resistencia nominal a la compresión, ensayo de esclerometría (Esclerómetro) esta prueba hace una relación entre la dureza superficial del concreto y su resistencia a la compresión. Aunque no hay una relación directa, se pueden definir relaciones empíricas entre la dureza y la resistencia, el ensayo de ultrasonido establece la velocidad de emanación de un pulso ultrasónico a través del concreto permitiendo determinar la uniformidad del concreto, detecta grietas y defectos, el ensayo de permeabilidad al agua ensayo realizado en el laboratorio permite obtener la permeabilidad del concreto relacionado con su calidad y resistencia, la prueba de extracción de núcleos de concreto de muestras cilíndricas de concreto endurecido de la estructura y su posterior ensayo de compresión, es un método para calcular la fortaleza real del concreto en el lugar de trabajo. (instituto de ingeniería – unam, 2016).

Clasificación de pavimentos citamos los siguientes, pavimento flexible es una estructura de superficie de rodadura construida de 2" a 3" de grosor de una capa con material bituminoso, apoyados en la subrasante, sub base y base también llamadas carpetas asfálticas (unifiort, 2019). La calzada de rodadura de hormigón hidráulico se coloca después de la subrasante a una subbase de material granular. Una calzada de rodadura de hormigón hidráulico, puede ser simple o armada, colocada sobre una capa base o subbase. Este tipo de pavimento, caracterizado por la utilización de losas de concreto, se distingue por su consistencia y capacidad de distribución de las cargas sobre una superficie, debido a su mayor módulo de elasticidad en comparación con el suelo que lo soporta. Esto permite una menor presión sobre el lecho de la carretera, lo que mejora la resistencia y duración del pavimento (Frapial. 2022).

Tipo de método para el desarrollo del proyecto de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico se determinó el procedimiento AASHTO 93 siendo la técnica ideal para el proyecto de construcción de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico, basado en la evaluación de la confiabilidad y la resistencia del pavimento, se determina en función a la carga de diseño, la resistencia del concreto y la capacidad de la subrasante (Unam, 2019).

Análisis de la carga de diseño determina la capacidad de trabajo que puede soportar

el pavimento, considerando los indicadores del tráfico, la velocidad y el volumen de unidades vehiculares. Análisis de la fortaleza del concreto evalúa su solidez empleada en la carpeta de rodadura de concreto, considerando factores como la fortaleza a la compresión y la fortaleza a la tracción. Análisis de la capacidad de la subrasante evalúa la capacidad que pueda soportar la carga de diseño, considerando factores como la fortaleza a la compresión y la fortaleza a la tracción. Análisis de la serviciabilidad se evalúa las condiciones de la losa de concreto rígido para satisfacer las necesidades de tráfico y uso, considerando factores como la velocidad y el volumen de vehículos.

El diseño de pavimento rígido es un proceso complejo que requiere un análisis detallado de las condiciones de tráfico, el comportamiento del suelo y las características del material. La correcta implementación de estos diseños asegura la durabilidad y funcionalidad de las infraestructuras viales.

La ingeniería geotécnica es el estudio del comportamiento de los suelos bajo la influencia de fuerzas de carga y de las interacciones suelo-agua. Este conocimiento se aplica al diseño de cimientos, muros de contención, presas de tierra, revestimientos de arcilla y geo sintéticos para contención de desechos. Diseño geométrico del pavimento se determina la geometría del pavimento, incluyendo la anchura y la longitud, considerando factores como la velocidad y el volumen de vehículos. El diseño de la iluminación y señalización se determina considerando factores como la seguridad y la visibilidad. Diseño del drenaje, considerando factores como la capacidad de achique y la fortaleza a la erosión. Diseño de la protección contra la corrosión se establece como medida en prevención contra la corrosión de la calzada de rodadura, estableciendo factores como la fortaleza a la corrosión y la durabilidad. Diseño de la reparación y mantenimiento. La geotecnia es fundamental para la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería, ya que proporciona el conocimiento necesario para comprender y manejar las interacciones entre las estructuras y el terreno en el que se asientan. (Castro, Castro y Castro, 2020). Sistema de alcantarillado pluvial en un pavimento contribuye a mantener la integridad estructural de la vía, evitando daños por erosión y acumulación de agua. Además, mejora las condiciones de seguridad y transitabilidad para los usuarios.

II. METODOLOGÍA

El estudio fue de tipo aplicada, se empleó el procedimiento AASHTO 93 para realizar el diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, lo cual soluciona un problema específico que era la falta de pavimentado, empleando normativas reguladoras vigentes y procesos constructivos exigidos por las normas peruanas. Es un tipo de investigación que propone resolver problemas de practicidad, veracidad y difusión con conocimientos existentes (Canales, Paucar y Juipa, 2017). El enfoque fue cuantitativo, porque se centró en la recolección y el estudio de resultados numéricos, métodos estadísticos y matemáticos para dar respuestas a las problemáticas. para analizar los datos y extraer conclusiones significativas en el diseño del pavimento rígido y obras de arte. Se llama cuantitativo porque se enfoca en fenómenos que pueden ser medidos y analizados a través de técnicas estadísticas (Sánchez, 2019). El nivel de investigación fue transversal descriptivo, donde muestra una aproximación donde se observa y se recolecta datos en un momento específico o en un periodo corto. El diseño investigación fue no experimental, donde determinamos la variable principal que es Pavimento rígido y obras de arte, donde no ha sido manipulado por el investigador intencionalmente, se determina observar los caracteres y propiedades en su entorno natural para su análisis sin injerencia directa a los datos obtenidos. El estudio no experimental se centra en la observar las características y propiedades en su entorno natural, sin la manipulación directa del investigador, no se manipulan las variables ni se crea una situación, sino que se estudian situaciones ya existentes (Condori, 2020).

Variable principal: pavimento rígido y obras de arte.

El pavimento rígido Es una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada y está elaborado por diferentes estructuras, como la losa de calzada de concreto rígido, fundida sobre una base o directamente sobre una subrasante con la capacidad de distribuir los esfuerzos al suelo, siendo una estructura muy resistente en su proceso constructivo, se debe de enfatizar la cantidad idónea de concreto hidráulico. Su

elaboración de la infraestructura cuenta características como la fortaleza a las cargas distribuidas y concentradas, solidez a la acción de las cargas, resistencia a la absorción, uniformidad longitudinal, transversal, durabilidad y economía (Ibáñez y Mendoza, 2021). La operacionalización de variables del estudio implica el procedimiento de cómo se medirá un concepto teórico en la práctica, transformando ideas abstractas en variables concretas y cuantificables (Espinoza y Eudaldo, 2019). Población, en esta investigación se consideró el total del recorrido del Jr. Arenales en la Provincia de Huaraz, Ancash de una dimensión total de 265.00 ml. La población se determina como un conjunto de colectivos que comparten características comunes y es el centro de atención en una investigación científica, es crucial en el proceso de investigación porque permite extender la información de una muestra a la totalidad de la población o universo (Condori, 2020). La muestra se consideró parte de la longitud total del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, que conforman una longitud de 265.00 ml. Una muestra es una parte de población que contiene todas las características claves del universo, lo que permite que los resultados sean aplicables y proporciona el tamaño mediante procedimientos aleatorios y probabilísticos para minimizar la influencia de sesgos y garantizar la objetividad de los resultados (Díaz De León, 2020). En los criterios de inclusión se determina la vía sin pavimento de una longitud total de 265.00 ml. del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. Criterio de exclusión se excluyó las vías con pavimento que cuenta con una longitud de 195.00 ml total del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. Método de muestreo empleado fue el muestreo no probabilístico a conveniencia del investigador. Este método se emplea cuando es complicado acceder a la lista completa de la población de estudio o cuando la población de interés es un grupo muy particular y específico, lo que dificulta obtener un listado exhaustivo de todos sus miembros (Herrera y Jimy, 2022). Técnica de Observación se realizó observaciones y toma de datos en campo como el flujo vehicular, descripción topográfica del terreno y las condiciones climatológicas en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. utilizando el instrumento la ficha técnica de campo, formatos establecidos en el Manual de Carreteras sección de Suelos y Pavimentos del (MTC).

Técnica de análisis documental este proceso implicó identificar, consultar en referencias bibliográficas y otras fuentes que pudieran ser factibles para los propósitos del estudio. A partir de estas fuentes documentales, tales como libros, revistas, informes, manuales, normas técnicas y tesis, se recopiló la información sobre las cualidades mecánicas, físicas y químicas del terreno, ensayos de laboratorio, planos de diseño, informes de mantenimiento y registros de flujo vehicular. Utilizando como instrumento Tablas y formatos técnicos normados en el Manual de Carreteras sección Suelos y Pavimentos (MTC) y en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para ensayos de laboratorio tablas y formatos técnicos establecidos en los lineamientos para la ejecución del proyecto de vías urbanas (CE 010 - MVCS). Métodos para el estudio de datos empleado fue el uso de tablas de frecuencia para organizar y resumir los datos encontrados en campo y laboratorio del estudio de suelo. Se utilizaron gráficos como histogramas, diagramas de barras y diagramas circulares para visualizar y comparar los resultados obtenidos. Se estableció el uso de las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y de dispersión (desviación estándar, varianza) para describir las características de la información obtenida en el laboratorio. Se usó Sistemas de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar datos georreferenciados como mapas de ubicación y topografía del Jr. Arenales. Se utilizó Microsoft Excel, estadístico básico y SPSS con los cuales se procesó datos numéricos tomados de laboratorio, campo, conteo vehicular (ESAL), desviación estándar. Aspectos Éticos, la información compartida por personas involucradas en la investigación deben de brindar información real y consentida para participar en el estudio. Esto incluye una comprensión clara de los objetivos, métodos y posibles riesgos involucrados. Los datos recopilados deben mantenerse confidenciales y no ser compartidos sin el consentimiento explícito de los participantes. No maleficencia la investigación, no debe causar daño físico, emocional o psicológico a las personas involucradas. Es importante asegurarse de que los métodos utilizados no impliquen riesgos significativos para la seguridad de los participantes. La beneficencia adicionada a la investigación tiene beneficios para la ciudadanía en general y no solo para los investigadores, esta investigación determina el diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales pretende

dinamizar la transitabilidad y seguridad de la vía y hay transparencia en la presentación de los resultados y en la comunicación con los participantes y la comunidad. La justicia de la selección de personas debe ser equitativa y no discriminatoria, en este caso, la investigación debe involucrar a todos los usuarios de la vía, sin distinción de género, edad, etnia, etc. A todos los participantes se les brinda información precisa y concisa recopilada de los resultados del estudio.

III. RESULTADOS

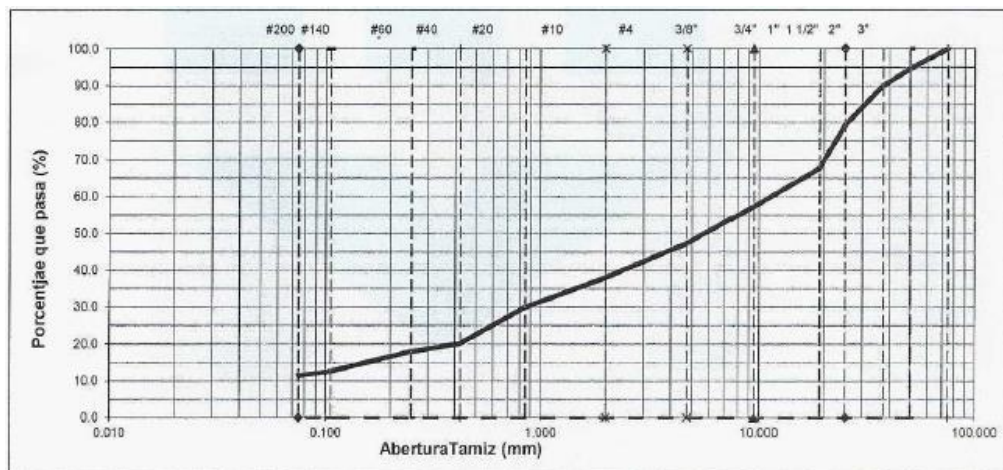
3.1. Resultados N° 01: para el primer objetivo específico. Evaluar las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. Se determinó el % de estrato que pasa por diferentes tamices

Tabla 1: Análisis granulométrico de suelo por tamizado

| Abertura de Tamices | | Retenido en cada tamiz | | Porcentaje acumulado | |
|---------------------|-------|------------------------|-------|----------------------|----------|
| ASTM | mm | Masa (gr) | % | Retenido | que pasa |
| 3" | 75 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 2" | 50 | 240.5 | 5.39 | 5.4 | 94.6 |
| 1 1/2" | 37.5 | 207.3 | 4.65 | 10 | 90 |
| 1" | 25 | 474.9 | 10.65 | 20.7 | 79.3 |
| 3/4" | 19 | 520.1 | 11.66 | 32.3 | 67.7 |
| 3/8" | 9.5 | 463 | 10.38 | 42.7 | 57.3 |
| #4 | 4.75 | 439.3 | 9.85 | 52.6 | 47.4 |
| #10 | 2 | 416.2 | 9.33 | 61.9 | 38.1 |
| #20 | 0.85 | 27.8 | 8.14 | 70.1 | 29.9 |
| #40 | 0.43 | 33.4 | 9.79 | 79.8 | 20.2 |
| #60 | 0.25 | 7.4 | 2.17 | 82 | 18 |
| #140 | 0.11 | 18 | 5.27 | 87.3 | 12.7 |
| #200 | 0.08 | 4.2 | 1.23 | 88.5 | 11.5 |
| < 200 | fondo | 0.5 | 0.15 | 88.7 | 11.3 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 1: Granulométrico de suelos por tamizado



Fuente: Elaboración propia (referencia MTC E107)

Determinación del Limite Plástico e índice de Plasticidad:

Datos:

$$D_{60(mm)} = 11.999$$

$$D_{30(mm)} = 0.858$$

$$D_{10(mm)} = 0.060$$

Cálculo de coeficiente de uniformidad:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{11.999}{0.060} = 199.983$$

Cálculo de coeficiente de curvatura:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = \frac{(0.858)^2}{0.060 \cdot 11.99} = 1.02$$

La interpretación determina los resultados del estudio granulométrico de un material de suelo, para su uso en la construcción de pavimentos. El porcentaje del estrato que pasa a través de cada tamaño de malla: 3" al 100%, 2" al 94.6%, 1 1/2" al 90%, 1" al 79.30%, 3/4" al 67.7%; 3/8" al 57.30%, #4 al 47.40%, #10 al 38.10%, #20 al 29.90%, #40 al 20.20%, #60 al 18%, #140 al 12.70% y #200 al 11.50%. El porcentaje del estrato retenido en cada tamaño de malla: 3" al 0%, 2" al 5.40%, 1 1/2" al 10%, 1" al 20.70%, 3/4" al 32.30%; 3/8" al 42.70%, #4 al 52.60%, #10 al 61.90%, #20 al 70.10%, #40 al 79.80%, #60 al 82%, #140 al 87.30% y #200 al 88.5%.

Composición de la muestra obtenida%:

Grava 52.6, arena 35.90, finos 11.20

Mitad de Fracción Gruesa = 44.30

Tabla 2: Determinación del Limite Liquido:

| | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| N° de Golpes | 15 | 24 | 34 |
| P. Suelo Húmedo + Rec | 30.08 | 30.49 | 50.16 |
| P. Suelo Seco + Rec | 27.20 | 27.59 | 47.04 |
| Peso del Recipiente | 16.73 | 16.66 | 35.06 |
| Peso Suelo Seco | 10.47 | 10.93 | 11.98 |
| Peso del Agua | 2.88 | 2.90 | 3.12 |
| C. de Humedad % | 27.51 | 26.53 | 26.04 |

Fuente: Elaboración propia (referencia MTC E110)

Cálculo de Limite de Liquido:

Datos:

W_{sh} : Peso Suelo Húmedo + Rec

W_{ss} : Peso Suelo Seco + Rec

W_{rec} : peso del recipiente

$$LL = \frac{W_w}{W_s} = \frac{(W_{sh}) - (W_{ss})}{(W_{ss}) - W_{rec}} * 100\%$$

$$LL_{15 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{30.08 - 27.20}{27.20 - 16.73} * 100\% = 27.51\%$$

$$LL_{24 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{30.49 - 27.59}{27.59 - 16.66} * 100\% = 26.53\%$$

$$LL_{34 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{50.16 - 47.04}{47.04 - 35.06} * 100\% = 26.04\%$$

$$LL = \frac{LL_{15 \text{ golpes}} + LL_{24 \text{ golpes}} + LL_{34 \text{ golpes}}}{3} = \frac{27.51 + 26.53 + 26.04}{3} = 27\%$$

Cálculo de Limite de Plasticidad:

Tabla 3: Datos de laboratorio Para determinar Limite Plástico

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| P. Suelo Húmedo +Rec. | 21.97 | 27.76 |
| P. Suelo Seco + Rec. | 20.15 | 25.91 |
| Peso del Recipiente | 10.53 | 16.14 |
| Peso Suelo Seco | 9.62 | 9.77 |
| Peso del agua | 1.82 | 1.85 |
| C. de Humedad % | 18.92 | 18.94 |

Fuente: MTC E111

$$LP = \frac{C, de Humedad + C. humedad 2}{2} = \frac{18.92 + 18.94}{2} = 19\%$$

Cálculo de Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP = 27\% - 19\% = 8\%$$

Tabla 4: Resumen de Limites de Consistencia

| Límites de Consistencia | Límite |
|-------------------------|--------|
| Límite de Líquido | 27 |
| Límite de plasticidad | 19 |
| Índice de Plasticidad | 8 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación el resultado proporcionado muestra los límites de consistencia de un material, que se refieren a la resistencia del material a deformarse bajo diferentes condiciones de carga como. Límite de Líquido igual a 27 indica que el material puede ser deformado sin resistencia aparente, similar a un líquido, hasta una carga de 27. Límite de Plasticidad igual a 19 es la carga a la que el estrato comienza a deformarse plásticamente, es decir, se deforma permanentemente sin recuperar su forma original. En este caso, la carga es de 19. Índice de Plasticidad igual a 8 lo que sugiere que el material es relativamente plástico.

Determinación de Humedad promedio en % = 10%

SUCS GW-GC, significa GW: Grava bien graduada y GC, Grava arcillosa. Es indicador de que el suelo está compuesto principalmente por grava, con una pequeña fracción de arena y finos (arcilla o limo) que le confieren características intermedias entre una grava bien graduada y una grava arcillosa.

En resumen, el suelo analizado se clasifica como un material granular de buena calidad, ideal para ser empleado como subrasante en el proceso constructivo de pavimentos según el sistema AASHTO, grava bien graduada con arcilla y arena según el sistema SUCS.

Determinación de compactación de suelos en el laboratorio empleando una energía modificada (Proctor Modificado) 2700 kN-m/m³ – 56000 pies-lb/pie² (MTC E115)

Tabla 5: Cálculo de la Humedad ideal, densidad seca y peso unitario seco compactada

| | | | | | | |
|---|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Masa suelo Húmedo +recipiente | gr | 297.35 | 340.08 | 334.81 | 314.30 | 308.21 |
| Masa del suelo seco + recipiente | gr | 292.02 | 326.31 | 313.66 | 286.14 | 275.30 |
| Masa del recipiente | gr | 29.76 | 30.80 | 30.49 | 30.92 | 30.22 |
| Masa del agua | gr | 5.33 | 13.77 | 21.15 | 28.16 | 32.91 |
| Masa del suelo seco | gr | 262.26 | 295.51 | 283.17 | 255.22 | 245.08 |
| Contenido de Humedad | % | 2. | 4.7 | 7.5 | 11.0 | 13.4 |
| Densidad seca compactada | Gr/cm ³ | 1.94 | 2.06 | 2.11 | 2.06 | 1.93 |
| Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm ³) | | | | | | 2.11 |
| Peso Unitario Seco Compactado (kN/m ³) | | | | | | 20.70 |
| Humedad óptima (%) | | | | | | 8.0 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de humedad Optima en (%):

Análisis de los Datos

1. Cálculo del Contenido de Humedad para Cada Muestra: Utilizando la masa de agua y la masa del suelo seco, se obtienen los siguientes contenidos de humedad:

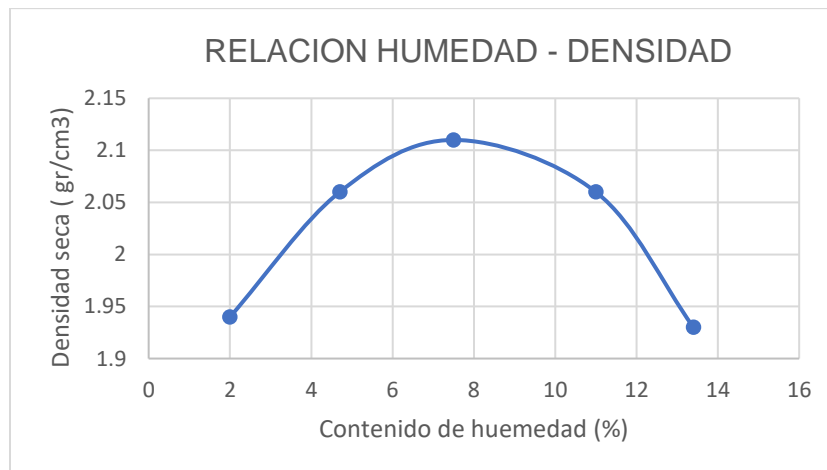
- Muestra 1:
 - Masa de agua: 5.33 g
 - Masa del suelo seco: 262.26 g
 - GWC: $(5.33/262.26) \times 100 \approx 2.03\%$ ($262.26/333.33 \times 100 \approx 2.03\%$)
- Muestra 2:
 - Masa de agua: 13.77 g

- Masa del suelo seco: 295.51 g
- GWC: $(13.77/295.51) \times 100 \approx 4.66\%$ $(295.51/13.77) \times 100 \approx 4.66\%$
- Muestra 3:
 - Masa de agua: 21.15 g
 - Masa del suelo seco: 283.17 g
 - GWC: $(21.15/283.17) \times 100 \approx 7.47\%$ $(283.17/21.15) \times 100 \approx 7.47\%$
- Muestra 4:
 - Masa de agua: 28.16 g
 - Masa del suelo seco: 255.22 g
 - GWC: $(28.16/255.22) \times 100 \approx 11.02\%$ $(255.22/28.16) \times 100 \approx 11.02\%$
- Muestra 5:
 - Masa de agua: 32.91 g
 - Masa del suelo seco: 245.08 g
 - GWC: $(32.91/245.08) \times 100 \approx 13.41\%$ $(245.08/32.91) \times 100 \approx 13.41\%$

- Muestra 1: 2.03%
- Muestra 2: 4.66%
- Muestra 3: 7.47%
- Muestra 4: 11.02%
- Muestra 5: 13.41%

$$\text{Humedad Optimo} = \frac{2.03+4.66+7.47+11.02+13.41}{5} = 7.781 \approx 8\%$$

Gráfica 2: Relación Humedad densidad



Fuente: Elaboración propia

Interpretación la consistencia seca compactada máxima (2.11 g/cm³) indica que, mediante un proceso de compactación adecuado, el material puede alcanzar una consistencia seca máxima de 2.11 g/cm³. Peso Seco Compactado (20.70 kN/m³): determina el peso por unidad de volumen del material compactado en seco.

Tabla 6: Determinación de peso específico de agregados gruesos

| Agregado | Grueso (M1) | Grueso (M2) |
|---|-------------|-------------|
| Tamaño máximo de la muestra | 3" | 3" |
| Tipo de frasco utilizado | Cesta | Cesta |
| Masa del frasco dentro del agua (gr) (A) | 881.85 | 881.85 |
| Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B) | 2028.15 | 2064.8 |
| Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C) | 2143.06 | 2167.84 |
| Masa de la muestra seca (gr) (D) | 2013.8 | 2051 |
| Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E) | 1261.21 | 1285.99 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD = D/(B-E)) | 2.63 | 2.63 |
| Gravedad específica Promedio (OD) | 2.63 | |
| Densidad (OD) (kg/cm ³) | 2620 | |
| Densidad relativa (Gravedad específica) (SSD=B/(B-E)) | 2.64 | 2.65 |
| Gravedad Específico Promedio OD | 2.65 | |
| Densidad (SSD) (kg/cm ³) | 2640 | |
| Densidad Relativo Aparente Gea = D/ (D -E) | 2.68 | 2.68 |
| Gravedad Específico Aparente Promedio, Gea | 2.68 | |
| Densidad Aparente (kg/m ³) | 2670 | |
| Absorción, Ab = ((B - D) /D) x100, % | 0.71 | 0.67 |
| Absorción Promedio (Ab)% | 0.69 | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación estas propiedades son importantes para caracterizar el material y determinar su idoneidad para el diseño de pavimento rígido en el Jr. Arenales, Huaraz, estas propiedades permiten optimizar el diseño y la calidad de los materiales utilizados en proyectos de infraestructura.

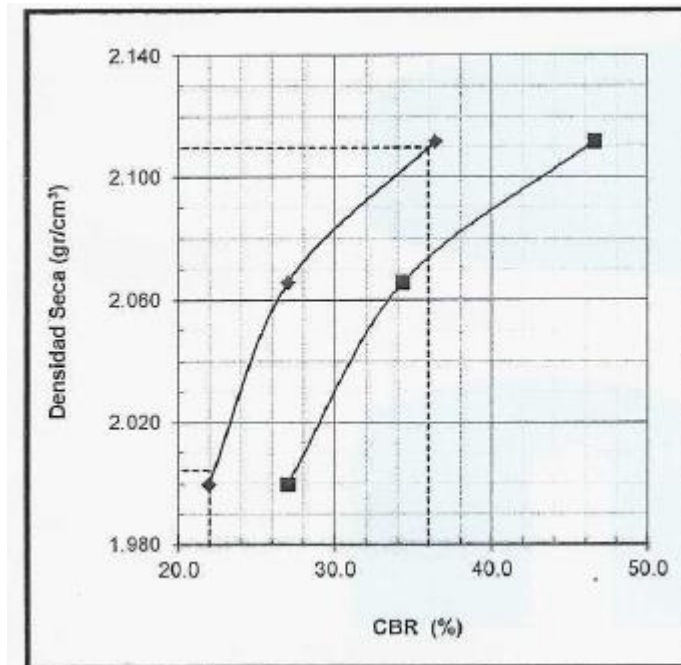
Determinación de CBR (Relación de soporte de California) de Suelos Compactados en el Laboratorio (MTC E 132).

Tabla 7: Compactación

| MOLDE | 1 | 2 | 3 | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Altura Molde mm. | 124 | 120 | 120 | | | |
| N° Capas | 5 | 5 | 5 | | | |
| N° Golpe x Capa | 12 | 26 | 55 | | | |
| Cond. Muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| P. Húm. + Molde | 12795.70 | 12888.70 | 12753.40 | 12887.50 | 12622.90 | 12840.20 |
| Peso Molde (gr) | 7929.80 | 7929.80 | 7994.10 | 7994.10 | 8042.90 | 8042.90 |
| Peso Húmedo (gr) | 4865.90 | 4958.90 | 4759.30 | 4893.40 | 4580.00 | 4797.30 |
| Vol. Molde (cc) | 2134.30 | 2134.30 | 2123.10 | 2123.10 | 2125.70 | 2125.70 |
| Densidad H.(gr/cc) | 2.28 | 2.32 | 2.24 | 2.30 | 2.15 | 2.26 |
| Contenido de Humedad | | | | | | |
| P. Húmedo + recipiente | 276.88 | 307.98 | 277.72 | 282.30 | 287.95 | 308.17 |
| Peso Seco + recipiente | 258.74 | 286.44 | 258.33 | 262.39 | 269.44 | 284.55 |
| Peso del recipiente | 30.98 | 30.47 | 30.88 | 30.77 | 30.67 | 30.38 |
| Peso del Agua (gr) | 18.14 | 21.54 | 19.39 | 19.91 | 18.51 | 23.62 |
| Peso del suelo seco (g) | 227.76 | 255.97 | 227.45 | 231.62 | 238.77 | 254.17 |
| Cont. Humedad (%) | 7.96% | 8.42% | 8.52% | 8.60% | 7.75% | 9.29% |
| Cont. Hum. Prom. | 7.96% | 8.42% | 8.52% | 8.60% | 7.75% | 9.29% |
| Densidad unitario seco (g/cm3) | 2.11 | 2.14 | 2.07 | 2.12 | 2.00 | 2.06 |
| Datos del ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.11 gr/cm3 C.H.O. = 8.00% | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3: Método de Compactación



Fuente: Elaboración propia (referencia ASTM D1557)

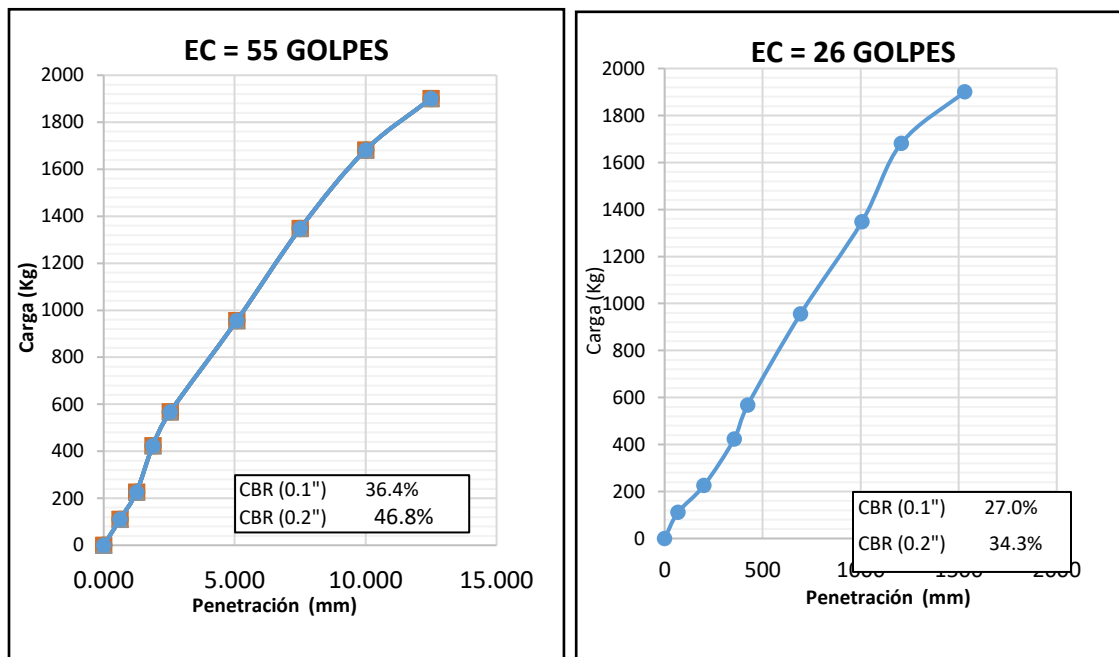
Interpretación de contenido de humedad promedio para doce golpes no saturado 7.96% y saturado 8.42%, para 26 golpes no saturado 8.52% y saturado 8.602%, para 55 golpes no saturado es 7.75% y saturado de 9.29%. densidad unitario seco para 12 golpes no saturado es 2.11 y saturado 2.14; para 26 golpes no saturado es 2.07 y saturado 2.12, para 55 golpes no saturado 2.00 y saturado 2.06, peso unitario es igual a 2.11gr/cm³ y C.H.O = 8.00%.

Tabla 8: Inversión (saturación)

| Fecha | Tiempo | Dial | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
|------------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 21/05/2024 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| 22/05/2024 | 24 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.001 | 0.025 | 0.00 |
| 23/05/2024 | 48 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 |
| 24/05/2024 | 72 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.003 | 0.050 | 0.10 |
| 25/05/2024 | 96 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.003 | 0.003 | 0.00 | 0.003 | 0.003 | 0.10 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4: EC de 55 Golpes y EC de 26 golpes



Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración propia

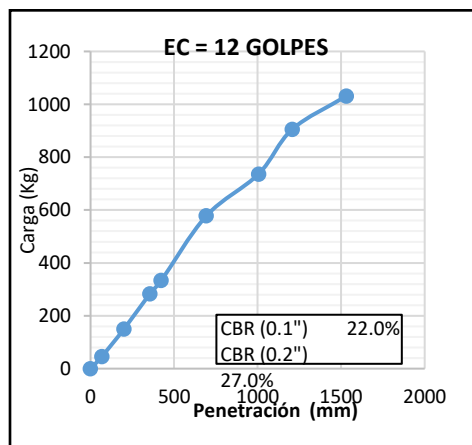
Interpretación: El 21/05/2024 (tiempo: 0 horas) todas las mediciones de expansión son 0 mm y 0 %, indicando que no hubo expansión inicial, 22/05/2024 (tiempo: 24 horas) se observó una expansión mínima de 0.001 mm (0.025%) en todos los diales, 23/05/2024 (tiempo: 48 horas) el "Dial A" mantiene una expansión de 0.001 mm, mientras que el "Dial B" y el "Dial C" registran 0.002 mm, 24/05/2024 (tiempo 72 horas) la expansión en "Dial A" y "Dial B" se mantiene en 0.002 mm. "Dial C" muestra un aumento a 0.003 mm, 25/05/2024 (tiempo: 96 horas) Dial A" sigue en 0.002 mm, pero "Dial B" y "Dial C" muestran una expansión de 0.003 mm.

Tabla 9: Penetración

| Penetración | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|------------|--------|------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|--------|------------|----|
| Sobrecarga de Penetración = 4.54 Kg | | | | | | | | | | | | | |
| Penetración (mm) | CARGA STAND. | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | |
| 0.625 | | 24 | 110.9 | | | 12 | 67.8 | | | 6 | 46.2 | | |
| 1.250 | | 56 | 226 | | | 49 | 200.8 | | | 35 | 150.5 | | |
| 1.875 | | 11 | 423.7 | | | 82 | 355.4 | | | 72 | 283.5 | | |
| 2.540 | 70.31 | 121 | 567.5 | 502.7 | 36.4 | 111 | 423.7 | 372.8 | 27.00 | 88 | 333.8 | 303.5 | 22 |
| 5.080 | 105.46 | 259 | 955.8 | 965.6 | 46.6 | 186 | 693.3 | 711 | 34.30 | 154 | 578.3 | 559.3 | 27 |
| 7.500 | | 368 | 1347.7 | | | 273 | 1006 | | | 198 | 736.5 | | |
| 10.000 | | 461 | 1682 | | | 354 | 1207 | | | 245 | 905.5 | | |
| 12.500 | | 522 | 1901.3 | | | 419 | 1531 | | | 280 | 1031.3 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 5: 12 golpes



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De penetración Inicial (0.000 mm) al inicio, sin carga aplicada, la

penetración es 0 mm en todos los moldes, penetración pequeña (0.625 mm) en una penetración de 0.625 mm, la carga aplicada varía entre los moldes molde 1: 110.9 kg molde 2: 67.8 kg, molde 3: 46.2 kg y las cargas aplicadas indican que los moldes 1, 2 y 3 responden de manera diferente a la misma penetración, incremento de penetración (1.250 mm a 2.540 mm) medida que la penetración aumenta, también lo hacen las cargas aplicadas, para 1.250 mm de penetración molde 1: 226 kg, molde 2: 200.8 kg, molde 3: 150.5 kg, para 2.540 mm de penetración molde 1: 567.5 kg, molde 2: 423.7 kg, molde 3: 333.8 kg. Las cargas corregidas muestran cómo cada molde requiere diferentes fuerzas para alcanzar la misma profundidad de penetración, lo que puede indicar variaciones en la estructura interna o la resistencia del material.

Relación de soporte de California (C.B.R) (MTC E 132 – 2000)

Procedimiento de Compactación : ASTM D1557

Cálculo de CBR:

Relación de soporte de California (C.B.R) (MTC E 132 – 2000)

Procedimiento de Compactación : ASTM D1557

| | |
|---|------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1": 35.9 | 0.2": 46 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1": 22.0 | 0.2": 27.1 |

Datos:

Máxima Densidad Seca (γ_{dmax}): 2.11 g/cm³ (100% M.D.S.)

Densidad Seca al 95% de M.D.S.: 2.00 g/cm³ (95% de 2.11 g/cm³)

Óptimo Contenido de Humedad: 8%

Paso 1: Determinación de la Carga de Penetración

- Preparar muestras del suelo compactado al 100% y 95% de M.D.S.
- Aplicar una carga a un pistón de penetración y medir la carga necesaria para penetrar a profundidades específicas (usualmente 0.1 y 0.2 pulgadas).

Para 100% M.D.S.: $P=359 \text{ kg}$ $P = 359 \text{ kg}$

Para 95% M.D.S.: $P=220 \text{ kg}$ $P = 220 \text{ kg}$

La fórmula para calcular el CBR es:

$$CBR = \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \times 100$$

dónde:

- P es la carga de penetración del suelo en kg.
- P_{ref} es la carga de penetración del material de referencia (generalmente 1000 kg para suelos granulares).

Cálculo del CBR al 100% M.D.S.

$$CBR_{100\%} = \left(\frac{359}{1000} \right) \times 100 = 35.9\% \quad CBR_{100\%} = \left(\frac{1000}{359} \right) \times 100 = 35.9\%$$

Cálculo del CBR al 95% M.D.S.

$$CBR_{95\%} = \left(\frac{220}{1000} \right) \times 100 = 22.0\% \quad CBR_{95\%} = \left(\frac{1000}{220} \right) \times 100 = 22.0\%$$

Conclusión

Interpretación: Los valores de CBR calculados reflejan la capacidad de soporte del suelo a diferentes niveles de compactación. El CBR al 100% de M.D.S. es generalmente más alto que al 95% debido a la mayor densidad y menor deformación bajo carga. Estos resultados son cruciales para el diseño de pavimentos y la evaluación de la capacidad de soporte del suelo.

- 3.2. Resultados N° 02 para el segundo objetivo específico: Diseñar un pavimento rígido óptimo para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, mediante la aplicación del método AASHTO 93 y PCA.

Resumen de conteo y clasificación vehicular (Norma AASHTO 93)

Tabla 10: Resumen de conteo y clasificación vehicular

| Sent . | Vehículos Ligeros | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMIRAILER | | | | TOTAL | % |
|------------|-------------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|------------|----------|---------|----------|------------|-------|
| | Auto s | Moto lineal | Moto taxi | Micr os | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2 S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| E | 233 | 320 | 80 | 11 | 20 | 0 | 90 | 17 | 2 | 13 | 5 | | 5 | 796 | 49.4% |
| S | 229 | 343 | 72 | 3 | 21 | 0 | 100 | 19 | 2 | 7 | 16 | | 3 | 815 | 50.6% |
| TOTAL | 462 | 663 | 152 | 14 | 41 | 0 | 190 | 36 | 4 | 20 | 21 | | 8 | 1611 | |
| % | 28.68% | 41.15% | 9.44% | 0.87% | 2.55% | 0.00% | 11.79% | 2.23% | 0.25% | 1.24% | 1.30% | | 0.50% | 100.00% | |
| IMDs | 66 | 94.71428571 | 21.71429 | 2 | 5.85714 | 0 | 27.1429 | 5.14286 | 0.57143 | 2.85714 | 3 | | 1.14286 | 230.143 | |
| K | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | |
| IMDa | 66 | 94.71428571 | 21.71429 | 2 | 5.85714 | 0 | 27.1429 | 5.14286 | 0.57143 | 2.85714 | 3 | | 1.14286 | 230.143 | |
| IMD | 66 | 95 | 22 | 2 | 7 | 2 | 27 | 4 | 1 | 3 | 3 | | 1 | 233 | |

Fuente: Norma AASHTO 93

Interpretación: El total de vehículos contabilizados fue de 1611, con una distribución casi uniforme entre el sentido Este (49.4%) y el sentido Sur (50.6%). Los vehículos ligeros, compuestos por autos, motos lineales y moto taxis, representan el 79.27% del total de vehículos, siendo las motos lineales el tipo de vehículo más frecuente con un 41.15%. Los buses y camiones unitarios (2E y 3E) suman el 16.57% del total, mientras que los semitrailers (2S1/2S2, 2S3, 3S1/3S2 y >=3S3) representan solo el 3.04%.

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) total es de 233 vehículos, siendo los autos, motos lineales y moto taxis los que tienen los valores más altos con 66, 95 y 22 vehículos por día, respectivamente.

En resumen, el tráfico en la zona de estudio está dominado por vehículos ligeros, especialmente motos lineales, con una presencia significativa de buses y camiones unitarios. Esta información es útil para poder diseñar y brindar el mantenimiento de la red vial, así como para planificar el tránsito vehicular en la región.

Cálculo de ESAL Para Pavimento rígido (Norma AASHTO 93)

a) Periodo de Diseño

T = 20 (según recomendación Técnica)

Tabla 11: Periodo de diseño

| TIPO DE CARRETERA | PERIODO DE DISEÑO |
|---|-------------------|
| Urbana con altos volúmenes de tránsito | 30 - 50 años |
| Interurbana con altos volúmenes de tránsito | 20 - 50 años |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15 - 25 años |
| Revestidas con bajos volúmenes de tránsito | 10 - 20 años |

Fuente: MTC – 2018

b) Espesor de Pavimento

| ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL |
|------------------------------------|
| Po = 4.5 para pavimentos rígidos |
| Po = 4.2 para pavimentos flexibles |

c) Índice de Serviabilidad

| ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL |
|---|
| Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes |
| Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor |

Po = 4.5 Pt = 2.0; $\Delta PSI = Po - Pt = 4.5 - 2.0 = 2.5$

d) Factor de distribución por dirección

| Número de carriles en ambas direcciones | LD 10 |
|---|-------|
| 2 | 0.50 |
| 4 | 0.45 |
| 6 o más | 0.40 |

d= 0.50 (Factor de distribución de ida y vuelta)

e) Factor de distribución por carril

| Nº DE CARRIL EN CADA SENTIDO | PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO |
|------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 - 100 |
| 3 | 60 - 80 |
| 4 o más | 50 - 75 |

L = 1; W18 = 100%

f) Código de eje cargado

| | |
|--------|------------|
| L2 = 1 | eje simple |
| L2 = 2 | eje tándem |
| L2 = 3 | eje tridem |

L2 = Tipo de eje en contacto en pavimento

Cálculo del ESAL (Carga de Eje Simple Equivalente) para pavimento rígido AASHTO 93

Datos:

T = 20 años,

Espesor = 200mm,

Pt = 2 (Serviciabilidad final),

D = 0.5 Factor de dirección ida y vuelta

L = 1 un carril en ambos sentidos, W18 = 100%

ESAL = ni = (no)ⁱ (G) (D) (L) (365) (Y)

Tabla 12: cálculo de Carga de Eje Simple Equivalente (ESAL)

| Tipo de Vehículo | VEHÍCULOS LIGEROS | | | | | | | | BUS | | | | CAMIONES UNITARIOS | | | | | | SEMITRAILER | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-------------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|
| | Autos | | Moto lineal | | Moto taxi | | Micros | | 2E | | 3E | | 2E | | 3E | | 4E | | 2S1/2S2 | | | 2S3 | | | 3S1/3S2 | | | >=3S3 | | |
| | dela nte. | pos t. | dela nte. | pos t. | dela nte. | pos t. | dela nte. | pos t. | dela nte. | post . | dela nte. | pos t. | dela nte. | post . | dela nte. | pos t. | dela nte. | pos t. | dela nte. | cen tro. | pos t. | dela nte. | cen tro. | pos t. | dela nte. | cen tro. | pos t. | dela nte. | cen tro. | pos t. |
| CARGA | 1 | 0.8 | 0.25 | 0.1 | 0.38 | 0.2 | 2 | 3 | 7 | 11 | 7 | 16 | 7 | 11 | 7 | 18 | 7 | 23 | 7 | 11 | 18 | 7 | 11 | 25 | 7 | 18 | 18 | 7 | 18 | 25 |
| Lx (kips) | 2.20 | 1.7 | 0.55 | 0.3 | 0.83 | 0.6 | 4.41 | 6.6 | 15.4 | 24. | 15.4 | 35. | 15.4 | 24. | 15.4 | 39. | 15.4 | 50. | 15.4 | 24. | 39. | 15.4 | 24. | 55. | 15.4 | 39. | 39. | 15.4 | 39. | 55. |
| no | 66 | 66 | 95 | 95 | 22 | 22 | 2 | 2 | 7 | 7 | 2 | 2 | 27 | 27 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| r% | 0.04 | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | 0.04 | 0.0 | | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gt | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | 0.0 | 0.07 | |
| L2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| B18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bx | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| log(Wt x/Wt) | 3.57 | 3.8 | 5.02 | 5.2 | 4.68 | 4.9 | 2.51 | 1.8 | 0.29 | 0.5 | 0.29 | 0.3 | 0.29 | 0.5 | 0.29 | 0.5 | 0.29 | 0.5 | 0.29 | 0.5 | 0.5 | 0.29 | 0.5 | 0.6 | 0.29 | 0.5 | 0.5 | 0.29 | 0.5 | 0.6 |
| G = Wt/Wt x | 0.00 | 0.0 | 9E-06 | 6E-06 | 2E-05 | 1E-05 | 0.00 | 0.0 | 0.51 | 3.7 | 0.51 | 2.3 | 0.51 | 3.7 | 0.51 | 3.8 | 0.51 | 3.3 | 0.51 | 3.7 | 3.8 | 0.51 | 3.7 | 4.7 | 0.51 | 3.8 | 3.8 | 0.51 | 3.8 | 4.7 |
| G Y | 31.3 | 31. | 29.7 | 29. | 26.8 | 26. | 26.8 | 26. | 26.8 | 26. | 26.8 | 26. | 26.8 | 26. | 31.3 | 31. | 29.7 | 29. | 26.8 | 26. | 26. | 26.8 | 26. | 26. | 26.8 | 26. | 26. | 26.8 | 26. | 26. |
| ESAL | 101. | 51. | 4.85 | 2.9 | 2.22 | 1.2 | 29.6 | 143 | 175 | 128 | 502 | 227 | 678 | 493 | 117 | 891 | 278 | 180 | 754 | 548 | 572 | 754 | 548 | 703 | 0 | 0 | 0 | 251 | 190 | 234 |
| PARCIAL | 337.629552 | | | | | | | | 173455.6028 | | | | 683508.9768 | | | | | | 297437.2605 | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 1154739.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: MTC - EG - 2013

Interpretación: Los cálculos del Eje Equivalente Estándar (ESAL) para todo tipo de unidades vehiculares que circulan por la vía, Vehículos Ligeros: Autos, motos lineales y moto taxis representan la mayor parte del ESAL total con 337,629, Buses y Camiones Unitarios: Estos vehículos suman 683,508.98, Semitrailers este tipo de vehículos pesados contribuyen con 297,437.26, total acumulado es de 1,154,739.47, dato necesario para el diseño estructural del pavimento.

En resumen, la tabla refleja un análisis detallado de la carga de tráfico en términos de ESAL, considerando la composición vehicular y las características de carga de cada tipo de unidad vehicular.

-Determinación de confiabilidad y Desviación estándar

a) Confiabilidad

Tabla 13: Niveles de confiabilidad

| TIPO DE CARRETERA | NIVELES DE CONFIABILIDAD (R) | |
|--------------------|------------------------------|-----------|
| | Suburbanas | Rurales |
| Autopista Regional | 85 - 99.9 | 80 - 99.9 |
| Troncales | 80 - 99 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 50 - 80 |

Fuente: Guía AASHTO

R = 80%

b) Desviación Estándar Normal

Tabla 14: Desviación estándar Normal

| DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD | | |
|---|--------|--------|
| CONFIABILIDAD R (%) | (ZR) | (So) |
| 50 | 0.000 | 0.35 |
| 60 | -0.253 | 0.35 |
| 70 | -0.524 | 0.34 |
| 75 | -0.647 | 0.34 |
| 80 | -0.841 | 0.32 |
| 85 | -1.037 | 0.32 |
| 90 | -1.282 | 0.31 |
| 91 | -1.340 | 0.31 |
| 92 | -1.405 | 0.30 |
| 93 | -1.476 | 0.30 |
| 94 | -1.555 | 0.30 |
| 95 | -1.645 | 0.30 |
| 96 | -1.751 | 0.29 |
| 97 | -1.881 | 0.29 |

| | | |
|-------|--------|------|
| 98 | -2.054 | 0.29 |
| 99 | -2.327 | 0.29 |
| 99.9 | -3.090 | 0.29 |
| 99.99 | -3.750 | 0.29 |

Fuente: Manual de carreteras MTC - EG - 2013

Desviación estándar combinado $ZR = -0.841$

Error estándar combinado $So = 0.32$

Interpretación: El valor de ZR de -0.841 corresponde a un nivel confiable del 80% según la tabla de "Desviación Estándar Normal" esto significa que existe una probabilidad del 80% de que el diseño del pavimento soporte las cargas de tráfico durante el proceso de diseño y un valor de (So) igual a 0.32 indica que se ha asumido una variabilidad relativamente baja en los datos, lo que implica que se tiene un buen control sobre los caracteres que determinan el diseño del pavimento.

Determinación del módulo de reacción efectiva de la subrasante(K) con Monograma

a) Método Empírico o Mecanístico

Dato: $CBR = 22.0\%$

Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555(CBR)^{0.64} = 18473.17 \text{ psi} = 127.46 \text{ MPa}$$

Ecuación Kentucky:

Regresión Exponencial

$$MR = 1910(CBR)^{0.68} = 15627.186 \text{ psi} = 107.83 \text{ Mpa}$$

Regresión Polinómica 2° para $CBR < 55\%$

$$MR = -7.5 CBR^2 + 800 CBR + 1820$$

$$MR = -7.5 22^2 + 800 * 22 + 1820 = 16230 \text{ psi} = 111.99 \text{ Mpa}$$

Mínimo ME = 107.83 Mpa

Datos del suelo de fundación:

$CBR = 22\%$

Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$MR = 2555(\text{CBR})^{0.64} = 18473.17 \text{ psi} = 127.46 \text{ Mpa}$$

Ecuación de After Van Til (Regresión Exponencial)

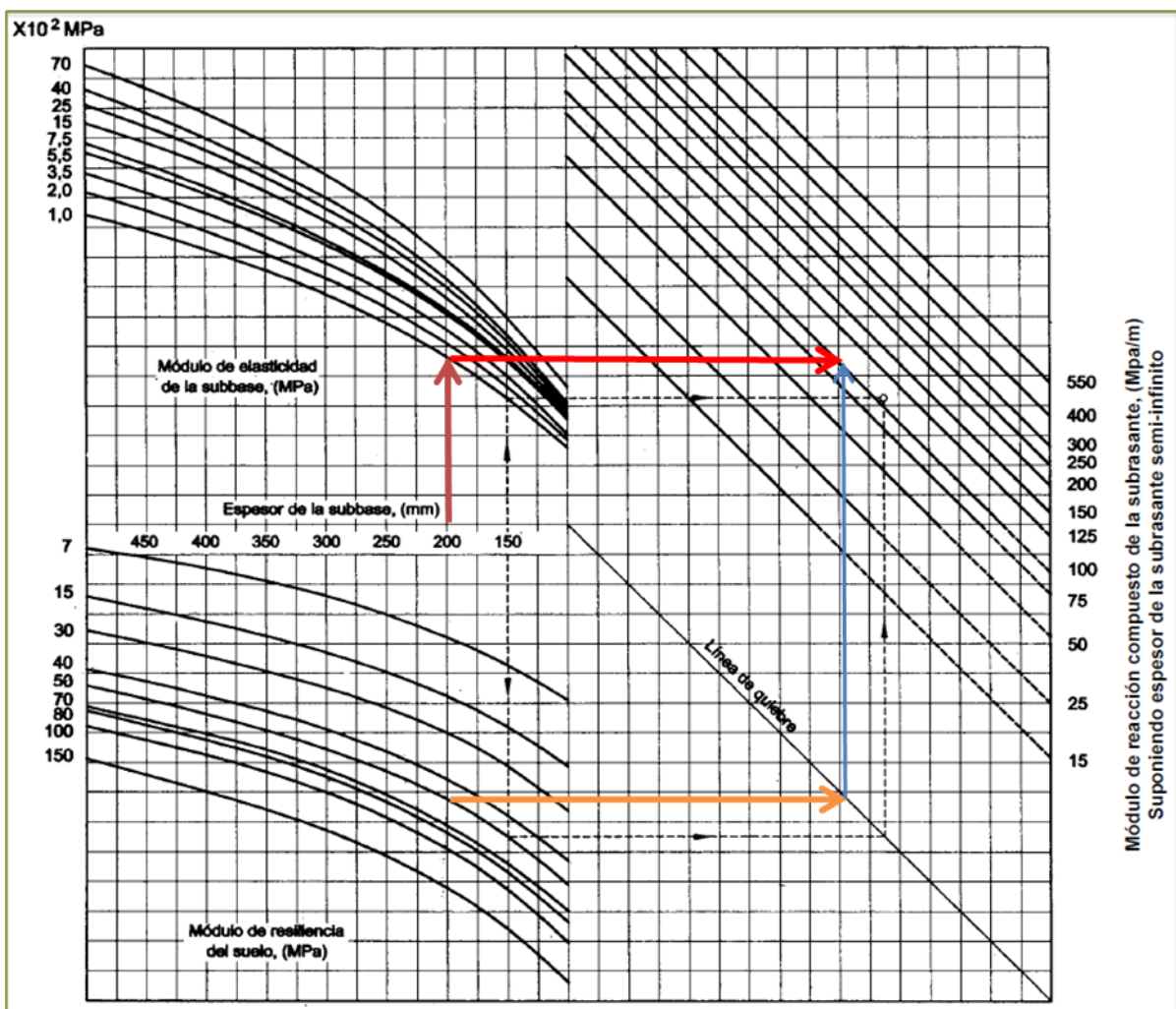
$$MR = 5490 (\text{CBR})^{0.30}$$

$$MR = 5490(22)^{0.30} = 13877.1 \text{ psi} = 95.75 \text{ Mpa}$$

Mínimo MR = 95.75 Mpa;

Determinación por medio de Monograma de (K)

Imagen 1: Monograma para determinar el módulo reacción compuesto de la subrasante suponiendo una profundidad infinita



Fuente: Norma CE 010 basado en AASHTO 93

Interpretación: Se estimó un grosor de la subbase como información preliminar y luego

se obtuvo el módulo de resiliente y elasticidad de fundación y de la subbase correspondiente, con estos datos se proyectó con flechas el módulo de reacción compuesto

El módulo de Reacción Compuesto de la subrasante (K) = 80 Mpa/m

b) Norma AASHTO 93

Espesor de subbase: $E_{sb} = 20 \text{ cm}$

Datos de la subbase:

si $CBR \leq 10$

$$K = 2.55 + 52.5 \cdot \log(CBR)$$

si $CBR > 10$

$$K = 46 + 9.08 \cdot (\log(CBR))^{4.34}$$

$$K_{sb} = 46 + 9.08 \cdot (\log(22\%))^{4.34} = 78.59 \text{ Mpa/m}$$

Datos del suelo de fundación:

si $CBR \leq 10$

$$K = 2.55 + 52.5 \cdot \log(CBR)$$

si $CBR > 10$

$$K = 46 + 9.08 \cdot (\log(CBR))^{4.34}$$

$$K_f = 46 + 9.08 \cdot (\log(22\%))^{4.34} = 78.59 \text{ Mpa/m}$$

$$K = \left(1 + \frac{E_{sb}}{38}\right)^2 \left(\left(\frac{K_{sb}}{K_f}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{0.5} * K_f$$

$$K = \left(1 + \frac{20}{38}\right)^2 \left(\left(\frac{78.59}{78.59}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{0.5} * 78.59 = 80 \text{ Mpa/m}$$

Cálculo de espesor de subbase (Esb)

$$K = \left(1 + \frac{E_{sb}}{38}\right)^2 * \left(\left(\frac{K_{sb}}{K_f}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{0.5} * K_f$$

Datos:

$$K_{sb} = 78.59 \text{ Mpa/m}$$

$$K_f = 78.59 \text{ Mpa/m}$$

$$K = 80 \text{ Mpa/m}$$

Despejando Esb de la fórmula:

$$80 = (1 + \text{Esb}/38)^2 * ((78.59/78.59) ^ (2/3)) ^{0.5} * 78.59$$

$$80 = (1 + \text{Esb}/38)^2 * 78.59$$

$$(1 + \text{Esb}/38)^2 = 80/78.59$$

$$1 + \text{Esb}/38 = \sqrt{(80/78.59)}$$

$$\text{Esb}/38 = \sqrt{(80/78.59)} - 1$$

$$\text{Esb} = 38 * (\sqrt{(80/78.59)} - 1)$$

$$\text{Esb} \approx 15 \text{ cm}$$

El espesor de la subrasante (Esb) requerido es de aproximadamente 15 cm.

Determinación de la pérdida de Serviciabilidad

a) Pérdida de Serviciabilidad

| ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL |
|------------------------------------|
| Po = 4.5 para pavimentos rígidos |
| Po = 4.2 para pavimentos flexibles |

| ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL |
|---|
| Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes |
| Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor |

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t = 2.5$$

b) Drenaje

Tabla 15: Tiempo que tarda el agua en ser evacuada

| CALIDAD DEL DRENAJE | TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA |
|---------------------|--|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Mediano | 1 semana |
| Malo | 1 mes |
| Muy malo | el agua no evacua |

Fuente: AASHTO 93

Tabla 16: Coeficiente de drenaje

| Calidad del drenaje | Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación | | | |
|---------------------|--|-----------|------------|-------------|
| | Menos de 1% | 1 % - 5 % | 5 % - 25 % | más del 25% |
| | | | | |

| | | | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|------|
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Mediano | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Malo | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: Norma técnica CE 010, base AASHTO 93

Coefficiente de drenaje (cd) = 0.90

c) Coeficiente de transmisión de carga

Tabla 17: Valores de coeficiente de transmisión de carga

| Tipo de Pavimento | Hombro | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | Elemento de transmisión de carga | | | |
| | Con. Asfáltico | | Con. Hidráulico | |
| | SI | NO | SI | NO |
| No reforzado o reforzado con juntas | 3.2 | 3.8 - 4.4 | 2.5 - 3.1 | 3.6 - 4.2 |
| Reforzado continuo | 2.9 - 3.2 | ---- | 2.3 - 2.9 | ---- |

Fuente: Norma técnica CE 010

$$J = 2.5$$

d) Módulo de elasticidad del concreto

Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$EC = 57000(f'c)^{0.5}$$

$$EC = 57000(210)^{0.5} = 3115170 \text{ psi} = 21494.7 \text{ Mpa}$$

e) Módulo de rotura del concreto

$$S'c = 8 - 100(f'c)^{0.5} = 8 - 100(2100)^{0.5} = 546.5 \text{ psi} = 3.77 \text{ Mpa}$$

3.2.5 Determinación del espesor de pavimento con la fórmula AASHTO 93

$$\log_{10} W_{82} = z_r S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) *$$

$$\log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}}} \right)$$

Datos:

$$K = 80 \text{ MPa/m}$$

$$S_o = 0.32$$

$$E_c = 21495 \text{ MPa}$$

$$R = 80\%$$

$$S'_c = M_r = 3.77 \text{ MPa}$$

$$P_t = 2.0$$

$$J = 2.5$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

$$C_d = 0.90$$

$$W_{80} = 7.44 \times 10^6$$

$$D = ?$$

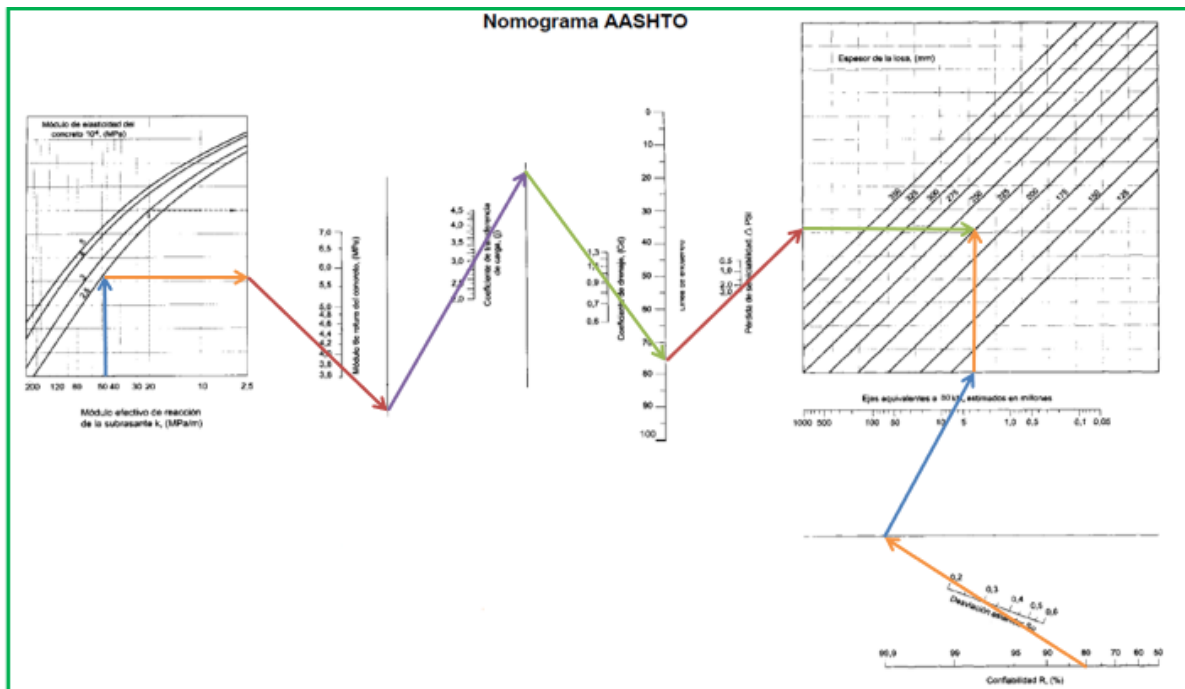
Solución:

$$\log_{10}(7.44 \times 10^6) = -0.841 * 0.32 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 \frac{\log_{10}\left(\frac{2.5}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}}$$

$$(4.22 - 0.32(2.0)) * \log_{10}\left(\frac{3.77 * 0.90 * (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * 3 * (0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(\frac{21495}{88.81})^{0.25}})}\right)$$

$$D = 185.00 = 200\text{mm}$$

Imagen 2: Cálculo de espesor de pavimento mediante monograma de AASHTO 93



Fuente: Elaboración propia en base del monograma de AASHTO 93

Interpretación: El monograma determina también 200 mm el grosor del pavimento como muestra los trazos en la imagen

Cálculo del Diámetro de los Pasadores

Según la ecuación AASHTO 93, el diámetro de los pasadores (D) se calcula como:

$$D = 0.75 * (0.8 * D)^{0.75}$$

$$D = 0.75 * (0.8 * 200)^{0.75}$$

$$D = 0.75 * (160)^{0.75}$$

$$D = 0.75 * 40.32$$

$$D = 30.24 \text{ mm}$$

Diámetro recomendado 30.24 mm (aproximadamente 1.19 pulgadas o 1.25 pulgadas), el diámetro se calculó en función del espesor de la calzada de rodadura de concreto rígido y las cargas de tráfico obtenidos.

Por lo tanto, el diámetro recomendado para los pasadores es de 30.24 mm.

Cálculo del espaciamiento de los pasadores en el pavimento rígido

El espaciamiento de los pasadores (S) se calcula como:

$$S = 300 + 0.26 * (D - 38)$$

$$S = 300 + 0.26 * (30.24 - 38)$$

$$S = 300 + 0.26 * (-7.76)$$

$$S = 300 - 2.02$$

$$S = 297.98 \text{ mm}$$

-Resultado de diseño de pavimento rígido por el Método PCA (Portland Cement Association)

Datos:

Tipo de Vía: Jirón Arenales

Número de carril: 1

Bermas de Hormigón: No

Tipo de Subbase: granular

Periodo de diseño: 20 años

Tipo de distribución de Cargas: Mediana

% camiones que circulan sobre el pavimento rígido: 2.00 (Método PCA considera 2%)

T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos): 230.14 (vehículos /día)

Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico: 1.2%

Tasa de crecimiento anual: 1.2%

Factor de distribución por carril: 1

Factor direccional: 50%

Tráfico de diseño: 11637

Tabla 18: Tabla de cálculo de espesor de pavimento por Método PCA

| PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|--|---------------------|
| Valor CBR subrasante: 22 % | | | Módulo k de subrasante: 82.3 MPa/m 303.5 pci | | Espesor losa de Hormigón: 23.7 cm | |
| Módulo k combinado: 94.6 MPa/m 349.1 pci | | | Módulo de rotura: 3.77 Mpa 546.8 pci | | | |
| Varianza de resistencia: 15% (Método considera 15%) | | | | | Espesor subbase: 15.0 cm | |
| Carga por eje (Ton) | Corrección carga por LSF | Repeticiones en el periodo de diseño | Análisis por fatiga | | Análisis por erosión | |
| | | | Repeticiones admisibles | Acumulación de fatiga | Repeticiones admisibles | Acumulación erosión |
| EJES SENCILLOS | | | | | | |
| Esfuerzo equivalente: 1.2 MPa | | | 168.3 psi | | | |
| Relación de esfuerzos: 0.308 | | | | | | |
| 15.4 | 18.5 | - | 5122 | 0.0% | 750387 | 0.0% |
| 14.5 | 17.4 | - | 14260 | 0.0% | 1067728 | 0.0% |
| 13.6 | 16.3 | - | 39852 | 0.0% | 1564807 | 0.0% |
| 12.7 | 15.3 | - | 111839 | 0.0% | 2379153 | 0.0% |
| 11.8 | 14.2 | 1 | 372223 | 0.0% | 3792620 | 0.0% |
| 10.9 | 13.1 | 19 | 2556286 | 0.0% | 6444336 | 0.0% |
| 10.0 | 12.0 | 30 | Ilimitadas | | 12004366 | 0.0% |
| 9.1 | 10.9 | 77 | Ilimitadas | | 25887352 | 0.0% |
| 8.2 | 9.8 | 193 | Ilimitadas | | 73732919 | 0.0% |
| 7.3 | 8.7 | 278 | Ilimitadas | | 468235372 | 0.0% |
| 6.4 | 7.6 | 556 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 5.4 | 6.5 | 1,359 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 4.5 | 5.4 | 1,661 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 3.6 | 4.4 | 2,718 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 2.7 | 3.3 | - | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 1.8 | 2.2 | - | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| EJES TANDEM | | | | | | |
| Esfuerzo equivalente: 1.0 MPa | | | 143.5 psi | | | |
| Relación de esfuerzos: 0.262 | | | | | | |
| 27.2 | 32.7 | - | 634286 | 0.0% | 690653 | 0.0% |
| 25.4 | 30.5 | - | 4298190 | 0.0% | 1030765 | 0.0% |
| 23.6 | 28.3 | - | Ilimitadas | | 1598501 | 0.0% |
| 21.8 | 26.2 | - | Ilimitadas | | 2604256 | 0.0% |
| 20.0 | 24.0 | 13 | Ilimitadas | | 4534248 | 0.0% |
| 18.2 | 21.8 | 90 | Ilimitadas | | 8686724 | 0.0% |
| 16.3 | 19.6 | 451 | Ilimitadas | | 19383572 | 0.0% |
| 14.5 | 17.4 | 637 | Ilimitadas | | 57885143 | 0.0% |
| 12.7 | 15.3 | 517 | Ilimitadas | | 408875843 | 0.0% |
| 10.9 | 13.1 | 358 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 9.1 | 10.9 | 524 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 7.3 | 8.7 | 689 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 5.4 | 6.5 | 1,061 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 3.6 | 4.4 | 547 | Ilimitadas | | Ilimitadas | |
| 1.8 | 2.2 | - | Ilimitadas | | Ilimitadas | |

| | | | |
|-----------------|------|------------------|------|
| Total, Fatiga = | 0.0% | Total, Erosión = | 0.0% |
|-----------------|------|------------------|------|

Fuente: Método PCA

Interpretación: El cálculo de grosor de la losa de concreto rígido por el procedimiento PCA se deduce algunas operaciones: El módulo de reacción combinado (k) se calcula a partir del módulo de reacción de la subrasante (k1) y el espesor de la subbase (D2):

$$k = k1 + (1000 * D2) / (1 + 0.00194 * D2^2 * (k1)^{0.77}) \text{ Donde:}$$

k1 = Módulo de reacción de la subrasante (303.5 pci)

D2 = Espesor de la subbase (5.9 pulgadas = 15.0 cm)

$$k = 303.5 + (1000 * 5.9) / (1 + 0.00194 * 5.9^2 * (303.5)^{0.77})$$

$$k = 349.1 \text{ pci}$$

se determinó con la siguiente fórmula el espesor del pavimento

$$D = [Z_r * S_o * (\Delta \text{PSI}) / (0.75 * C_d * J * (S'_c)^{0.5} * (D^{0.75} - 1))]^{1/0.75}$$

$$D = [(-1.645) * 0.35 * (4.5 - 2.5) / (0.75 * 1.0 * 3.2 * (546.8)^{0.5} * (26,144)^{0.0444} - 1)]^{1/0.75}$$

$$D = 9.33 \text{ pulgadas} = 23.7 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

3.2.3 Diseño del Sistema de Pasadores (Dowels) para Pavimento Rígido por Método PCA

Datos:

Módulo de reacción combinado (k) = 349.1 pci

Espesor del pavimento (D) = 23.7 cm (9.33 pulgadas)

Según el procedimiento de la Portland Cement Association (PCA) para el diseño de pavimentos rígidos, se procede a calcular el sistema de pasadores (dowels) de la siguiente manera:

1. Determinación del Diámetro de los Pasadores

De acuerdo a las recomendaciones del método PCA, para un espesor de la calzada

de rodadura de 23.7 cm (9.33 pulgadas), se selecciona un diámetro de pasador de 32 mm (1.25 pulgadas).

-Cálculo de la Longitud de los Pasadores

La longitud de los pasadores se calcula en función del espesor de la calzada de rodadura de concreto según el procedimiento PCA, la longitud de los pasadores debe ser de 0.75 a 1.5 veces el espesor de la losa.

Longitud de los pasadores = $0.75 * 23.7 \text{ cm} = 17.8 \text{ cm}$ (7 pulgadas)

Determinación del Espaciamiento de los Pasadores

El espaciamiento entre los pasadores se define en función del espesor de la calzada de rodadura de concreto y la carga por eje. Para un espesor de losa de 23.7 cm (9.33 pulgadas) y un módulo de reacción combinado (k) de 349.1 pci, el espaciamiento recomendado es de 300 mm (12 pulgadas).

Cálculo de la Profundidad de Inserción de los Pasadores

La profundidad de inserción de los pasadores en la calzada de rodadura de concreto se calcula en función del espesor de la losa. Según el procedimiento PCA, la profundidad de inserción debe ser de 0.5 a 0.67 veces el espesor de la losa.

Se realizó un análisis comparativo basado en el espesor de la losa y el módulo de reacción para determinar estadísticamente cuál método es el más adecuado. Para esto, se calculó el estadístico de contraste utilizando la diferencia en espesores y módulos de reacción, aplicando la prueba t.

El análisis mostró que el método AASHTO 93 requiere un espesor menor de losa y cumple con los requisitos normativos, lo que sugiere su adecuación para el diseño de pavimentos en este contexto. Sin embargo, el método PCA proporciona un soporte más robusto, beneficioso en situaciones de tráfico extremadamente pesado.

el estadístico t calculado resultó significativo (comparado con un valor crítico de t en una tabla de distribución t), se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1), indicando que AASHTO 93 es el método más adecuado.

Tabla 19: Tabla de comparación de los métodos de diseño

| CUADOR DE ESPESOR DE PAVIMENTO | | |
|--------------------------------|------------------|--------------------|
| | Método AASHTO 93 | Método PCA 84 |
| Espesor de sub base | 0.15 cm | D2= 15.0 cm |
| espesor de pavimento | D=200mm | D= 23.7 cm = 25 cm |
| longitud de pasadores | 30.24 cm | 17.8 cm |
| Diámetro de pasadores | 1. pulgada | 1.5 pulgadas |
| | | |

Fuente: Elaboración propia

3.3.Resultado de Diseño de obras de arte del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash,2024.

Cálculo del Área Hidráulica (A)

- Fórmula de Continuidad:

$$Q = A \times V$$

Donde:

- Q = Caudal (2.5 m³/s)
- A = Área hidráulica (m²)
- V = Velocidad del flujo (m/s)

Estimamos una velocidad promedio de flujo en el conducto. La velocidad típica en alcantarillas pluviales puede variar entre 1.0 m/s y 3.0 m/s dependiendo de la pendiente y la rugosidad del material.

Resolviendo para el área hidráulica:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Si tomamos una velocidad promedio $V = 1.5 \text{ m/s}$, entonces:

$$A = \frac{2.5 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m/s}} \approx 1.67 \text{ m}^2$$

Determinación de las Dimensiones del Conducto la sección transversal de una

alcantarilla rectangular es $A=B \times H = B \times H$, donde B es el ancho y H la altura.

Para simplificar, supondremos que el ancho y la altura son iguales, es decir,

$$B = H = H = H.$$

Por lo tanto, tenemos:

$$B \times H = B^2 = 1.67 \text{ m}^2$$

resolviendo para B y H :

$$B = H = \sqrt{1.67} \approx 1.29 \text{ m}$$

si prefieres que el ancho y la altura sean diferentes, puedes decidir cuál dimensión será mayor según las condiciones del terreno o la infraestructura existente. Por ejemplo, si decides que

$$H = 1.2 \text{ m}$$

Entonces:
$$B = \frac{1.67 \text{ m}^2}{1.2 \text{ m}} \approx 1.39 \text{ m}$$

Verificación de Velocidad
$$V = \frac{Q}{B \times H}$$

Con $B = 1.29 \text{ m}$ y $H = 1.29 \text{ m}$:

$$V = \frac{2.5 \text{ m}^3/\text{s}}{1.29 \times 1.29} \approx 1.5 \text{ m/s}$$

Datos Generales

$$A = 1.40 \text{ m}$$

$$H = 1.30$$

$$S = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Peralte mínimo} = (S + 3.05) / 30 = 0.12 \text{ m}$$

$$\text{Peralte adoptado} = 0.20 \text{ m}$$

Cargas sobre la Losa Superior (Tapa de Alcantarilla)

$$\text{WD1} = 480.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{P1} = 7265 \text{ kg}$$

$$\text{E} = 0.91 \text{ m}$$

$$\sigma = 15896 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{WL1} = 14530.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Cd} = 15010.00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pa} = 700 \text{ kg/m}$$

Diseño de la Losa Superior (Puente Losa)

$$\text{Mu} = 3862.89 \text{ kg-m}$$

$$\text{Al (sentido principal)} = 6\Phi 1/2" @ 0.08 \text{ m}$$

$$\text{At (sentido distribución)} = 6\Phi 3/8" @ 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Act} = 5\Phi 3/8" @ 0.20 \text{ m}$$

Diseño de Paredes Laterales y Losa Inferior

$$\text{Mu} = 3285.64 \text{ kg-m}$$

$$\text{Alp} = \Phi 1/2" @ 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Atp} = \Phi 3/8" @ 0.33 \text{ m}$$

$$\text{Mu} = 4407.58 \text{ kg-m}$$

$$\text{Ali} = \Phi 1/2" @ 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Ati} = \Phi 3/8" @ 0.33 \text{ m}$$

IV. DISCUSIÓN

1. (Cruz y Cruz, 2021) empleando el procedimiento AASHTO 93 diseñaron una losa de rodadura de concreto rígido, en donde clasificaron el suelo como gravoso, arcilloso y finos, con un CBR de 55.22% contenido de humedad 8% y composición de la muestra 65% grava, 25% arena y 10% finos, por otro lado, en la presente investigación se obtuvieron resultados diferentes el CBR mínimo fue de 22% y el máximo de 35.90%, la composición del suelo era de 52.60% grava, 35.90% arena y 11.5% finos. No obstante, el suelo analizado en este estudio se clasifica como un material granular de buena calidad, adecuado para ser empleado como subrasante en la construcción de la calzada de rodadura de concreto rígido según el procedimiento AASHTO 93. Específicamente, se trata de una grava bien graduada con arcilla y arena de acuerdo a la norma SUCS.
2. (Cónes, 2020) empleando el procedimiento AASHTO 93 diseñó una calzada de rodadura de hormigón hidráulico y obtuvo los siguientes resultados, subbase de 20 cm de ancho, calzada de concreto hidráulico de 20 cm de espesor, juntas transversales con una separación de 3.5 m, pasadores de acero liso de 5/8" con distribuidos cada 30 cm, y juntas longitudinales con una separación de 4.20 m, utilizando pasadores de acero liso de 5/8" cada 0.60 m, por otro lado, en el estudio para el desarrollo del proyecto de la calzada de rodadura de concreto rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024 también se empleó el procedimiento AASHTO 93 en esta investigación, se determinó un diseño de subbase de 15 cm siendo menor a los 20 cm reportados por Cónes, esto representa una mejor calidad de suelo encontrado en el Jr. Arenales en contraste con el estudio de Cónes, no obstante la calzada de rodadura de concreto rígido tuvo un espesor de 20 cm, coincidiendo con el diseño de Cónes, además, las juntas longitudinales en el Jr. Arenales se separaron cada 4.00 m, mientras que las transversales tuvieron una separación de 2.40 m. Esto difiere del estudio de Cónes, probablemente debido a que el Jr. Arenales tiene una sección vial más angosta de 4.8 m. En cuanto a los pasadores, calculados en la investigación del Jr. Arenales resultaron ser de acero liso de 1" con una

longitud de 60 cm y un espaciamiento cada 30 cm. Si bien el espaciamiento coincide con Cónes, la longitud de los pasadores es mayor, si bien existen algunas diferencias en los diseños, ambos estudios utilizaron el procedimiento AASHTO 93 y cumplieron con los requerimientos técnicos para el diseño de pavimentos rígidos.

Según los estudios comparativos realizados por el procedimiento AASHTO 93 tiende a arrojar espesores de la calzada de rodadura de concreto rígidos menores en comparación a la norma PCA 84 para el diseño de pavimentos. Por ejemplo, en el estudio de Saldarriaga (2021), se estableció un espesor de losa de 16 cm utilizando AASHTO 93, mientras que con PCA se obtuvo 20 cm, en el diseño de pavimento para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024 al aplicar AASHTO 93 se obtuvo una losa de 20 cm, mientras que con PCA el espesor resultó en 23.7 cm, esto concuerda con la tendencia general de que AASHTO 93 arroja diseños más económicos con menores espesores de losa. En contraste se debe de considerar que la norma PCA realiza un análisis más detallado de fatiga y erosión de la losa a lo largo de su vida útil, aunque AASHTO 93 resulta más económico en la construcción inicial, PCA puede garantizar un mejor desempeño y durabilidad del pavimento a largo plazo.

3. (Torres, 2022) su estudio tuvo como fin diseñar un sistema de achique pluvial rectangular de hormigón hidráulico armado cuyas dimensiones son 1.20 m x 1.20 m, acero longitudinal de 1/2" y transversal de 3/8", un espesor de 20 cm en la tapa, fondo y paredes laterales, un hormigón hidráulico de $f'c = 210$ kg/cm². El caudal de diseño para este sistema fue de 0.80 m³/s. El presente estudio determinó un dimensionamiento de 1.10 m x 1.10 m, con un espesor de muro de 15 cm, esto representa un diseño más compacto en comparación con el estudio de Torres (2022), probablemente debido a que el caudal estimado para esta investigación es menor, de 0.25 m³/s. En cuanto a la estructura de acero, tanto en este estudio como en el de Torres (2022), se utilizó acero de 1/2" para las barras longitudinales y 3/8" para las transversales en la tapa, fondo y muros laterales. Por lo tanto, en este aspecto los diseños coinciden, si bien existen algunas diferencias en las dimensiones del sistema de drenaje pluvial,

ambos estudios emplearon un diseño de concreto armado con características similares en cuanto al tipo y diámetro de acero utilizado.

V. CONCLUSIONES

1. Las pruebas practicadas en laboratorio de mecánica de suelos practicados en el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, indican que el suelo presenta características geotécnicas óptimas para el diseño de la calzada de rodadura de concreto rígido y obras de arte. El valor de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) es de 35.9%, y al 95% de MDS es de 22.0%, lo cual cumple ampliamente con el valor mínimo de 6% requerido por el MTC para garantizar el soporte ideal para la estructuración del pavimento.
2. El diseño de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, realizado mediante el procedimiento AASHTO 93, cumple satisfactoriamente con las exigencias y requisitos exigidos por la normativa Peruana CE.010 (Pavimentos Urbanos). Los resultados encontrados son, el módulo de reacción de la subrasante ($k = 80 \text{ MPa/m}$), la fortaleza a la flexión del concreto ($S'c = 3.77 \text{ MPa}$), el espesor de losa ($D = 200 \text{ mm}$) y el tráfico de diseño ($W80 = 7.44 \times 10^6$ ejes equivalentes), se encuentran dentro de los rangos y especificaciones técnicas requeridas por la normativa peruana. Esto garantiza que el desarrollo del proyecto del pavimento rígido propuesto brindará un desempeño adecuado y una vida útil prolongada, cumpliendo con las normativas reguladoras de calidad, confort y seguridad requeridos.
3. El diseño del alcantarillado rectangular pluvial de concreto cumple satisfactoriamente con las exigencias requeridas por las normas técnicas peruanas CE.040 (Drenaje pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones) y CE.010 (Pavimentos Urbanos). Los momentos máximos de diseño obtenidos para la losa superior (4066.20 kg-m), las paredes laterales (3285.64 kg-m) y la losa inferior (4407.58 kg-m) indican que la estructura tiene la resistencia adecuada para soportar las cargas verticales y horizontales para ello acero longitudinal $\Phi 1/2" @ 0.08 \text{ m}$ y acero transversal $\Phi 3/8" @ 0.15 \text{ m}$ para la losa superior, así como el acero longitudinal $\Phi 1/2" @ 0.05 \text{ m}$ y acero transversal $\Phi 3/8" @ 0.33 \text{ m}$ para las paredes laterales y la losa inferior, garantiza la resistencia y estabilidad estructural del alcantarillado.

VI. RECOMENDACIONES

1. En referencia a los datos recopilados para el estudio, se sugiere emplear los valores de CBR del 35.9% al 100% MDS y 22.0% al 95% MDS como parámetros de diseño, ya que estos superan ampliamente el mínimo de 6% requerido por el MTC. Asimismo, se deberá realizar pruebas de control de calidad durante el proceso de construcción de la obra, a fin de verificar que los materiales y procesos constructivos se ajusten a lo establecido en el diseño y las normas técnicas aplicables, tales como la E.050 Suelos y Cimentaciones, CE.010 Pavimentos Urbanos y E.060 Concreto Armado.
2. El dimensionamiento estructural de la calzada de rodadura de hormigón hidráulico, se recomienda emplear los valores de módulo de reacción de la subrasante ($k = 80 \text{ MPa/m}$) la fortaleza a la flexión del concreto ($S'c = 3.77 \text{ MPa}$) obtenidos en el diseño. Además, se considera adecuado un grosor de losa (D) de 200 mm, ya que este valor se encuentra dentro de los rangos especificados en la normativa peruana y garantiza la resistencia adecuada a las cargas de tráfico previstas ($W80 = 7.44 \times 10^6$ ejes equivalentes).
3. Por último, se sugiere realizar un análisis hídrico detallado, lo cual permitirá determinar con mayor precisión el caudal de diseño que debe soportar el alcantarillado, considerando factores como la intensidad de lluvia, el área de drenaje y los coeficientes de escorrentía. Esto contribuirá a asegurar un diseño adecuado y eficiente del sistema de drenaje pluvial.
4. El procedimiento AASHTO 93 generalmente es recomendable porque presenta ahorro significativo en el proceso constructivo con espesores menores que el PCA 84. Por ende, es crucial tener presente que el PCA sea complementario al diseño realizado por AASHTO, por que realiza análisis más exhaustivos sobre la fatiga y erosión que experimentará el concreto rígido durante el periodo de trabajo que fue diseñado.

REFERENCIAS

1. ACUÑA, Y. y FIGUEROA, Y., 2020. *Diseño Estructural De Un Pavimento Rígido Para La Calle Principal Del Centro Poblado De Shansha-Huaraz-Áncash, 2019* [en línea]. Huaraz: Universidad César Vallejo. [consulta: 4 julio 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49408>.
2. ARBIANTO, R., GUNARSO, Y. y YUONO, T., 2021. Comparación del valor del coeficiente de soporte de California (CBR) basado en el ensayo de penetración de cono (CPT) y el penetró metro de cono dinámico (DCP). *21 de octubre, 2021*,
3. ASTM D1883 - 07, 2009. Métodos de Ensayos de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. [en línea], DOI 10.1520/D0698-07E01. Disponible en: www.astm.org,
4. CANALES, M., PAUCAR, W. y JUIPA, N., 2017. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN PARA INGENIERÍAS BASADO EN LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. . S.l.: Perú.
5. CASIANO, C. y PRINCIPE, M., 2020. Propuesta de Diseño Geométrico para un Pavimento Rígido del tramo 0+000 – 2+500 de la Carretera Llanganuco – Yungay – Áncash – 2020. . Huaraz:
6. CASTRO, E., 2021. *Diseño de la infraestructura vial con pavimento rígido para la transitabilidad en Las Lomas - Huanchac - Huaraz, 2021* [en línea]. Huaraz: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85870>.
7. CASTRO, M., CASTRO, L. y CASTRO, P., 2020. Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. *Pol. Con. (Edición núm. 49)* [en línea], vol. 5, no. 09, DOI 10.23857/pc.v5i9.1717. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.
8. CHEREQUE, B., 2020. *El Impacto de la Infraestructura Vial sobre la Educación Rural* [en línea]. Lima - Perú: UNIVERSIDAD DEL PACIFICO. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2668>.
9. CONDORI, P., 2020. Universo, población y muestra. S.l.:
10. CÓNES, R., 2023. *Diseño Estructural de Pavimento rígido para Infraestructura Vial- Comunidad Pomacocha Junín - 2021* [en línea]. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/5431>.
11. CRUZ, H. y CRUZ, L., 2021. *Mejoramiento de la trocha carrozable con el diseño de pavimento rígido y sistema de drenaje pluvial en Vista Alegre, Ancash, 2021*. [en línea]. HUARAZ: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82590>.
12. DÍAZ DE LEÓN, T., 2020. Material Didáctico: Sólo Visión (Proyectables) Título: Población y Muestra. México:
13. ESPINOZA; EUDALDO, 2019. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. segunda parte.,
14. GÓMEZ, Wi. y RIVERO, B., 2019. *Análisis comparativo del Diseño de Pavimento Rígido de Losa Corta y el pavimento rígido tradicional en la zona el trópico, distrito de Huanchaco, Trujillo- la Libertad* [en línea]. S.l.: TRUJILLO. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7095>.
15. GUTIÉRREZ, M. y VARELA, F., 2017. «PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS». MADRID: UNIVERSIDAD POLITECNICO DE MADRID.
16. HERNÁNDEZ, J., MORA, R. y MUNGUÍA, E., 2020. DETERMINACIÓN DE LAS DIFERENCIAS EN LOS RESULTADOS DE DOS PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR. *Revista Espacio I+D Innovación más Desarrollo*

- [en línea], vol. IX, no. 24, ISSN 20076703. DOI 10.31644/IMASD.24. 2020.a08. Disponible en: <https://www.espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/236/759>.
17. HERRERA JIMY, 2022. Diseño de un pavimento rígido de alta resistencia inicial para la puesta de servicio del Aeropuerto de Chachapoyas, Amazonas 2022. Lima:
 18. IBAÑEZ, F. y MENDOZA, M., 2021. *Diseño de pavimento rígido para vías urbanas locales de la ciudad de Sandía, Región Puno, 2020* [en línea]. Puno: Universidad Privado de Trujillo. [consulta: 25 junio 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/4/browse?value=Mendoza+Flores%2C+Miguel+%C3%81ngel&type=author>.
 19. INDECI y HUARAZ, 2020. Plan de Prevención ante desastres: Usos del Suelo y Medidas de Mitigación. [en línea]. Huaraz: [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/232>.
 20. MÉNDEZ, R., 2023. *Evaluación del pavimento rígido en el Jr. Simón Bolívar, distrito y provincia de Huaraz, Departamento Ancash, aplicando Método (PCI)*. HUARAZ: UNIVERISDAD CESAR VALLEJO.
 21. MENDEZ, R., 2023. *Evaluación del pavimento rígido en el Jr. Simón Bolívar, distrito y provincia de Huaraz, Departamento Ancash, aplicando Método (PCI)* [en línea]. Huaraz: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: 23 junio 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/118517>.
 22. MEZA, C., 2020. *Análisis comparativo de fallas en las vías no pavimentadas con las metodologías de mantenimiento o conservación vial (MTC) y Unsurfaced Road Maintenance Management (URMM) para calificación de índice de condición en la Provincia y Departamento de Pasco - 2019* [en línea]. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1794>.
 23. MORQUENCHO, A., 2021. *Diseño de un concreto permeable para mejorar el drenaje pluvial en pavimentos de la Calle Lima – Piura 2021*. [en línea]. Piura: s.n. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84540>.
 24. MTC, 2013. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. [en línea]. S.l.: [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf.
 25. MTC, 2022. Anuario Estadístico 2022. [en línea]. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/4239770-anuario-estadistico-2022>.
 26. NORMA TÉCNICA CE.010, 2009. Norma técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos. [en línea]. Lima: Disponible en: www.construccion.org/icg@icgmail.org.
 27. PÉREZ, G., 2020. Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial. [en línea], [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45781-caminos-rurales-vias-claves-la-produccion-la-conectividad-desarrollo-territorial>.
 28. PÉREZ, N., GARNICA, P., BAUTISTA. LUIS y ORTIZ, J., 2020. *Determinación de la curva de compactación Proctor estándar de suelos de terraplén o subrasante usando el equipo giratorio* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt604.pdf>.
 29. SALDARRIAGA, J., 2021. *Diseño de Pavimento Rígido Aplicando Los Métodos AASHTO 93 y PCA, calle Los Diamantes y Pedro Ruiz Gallo - Tumbes - 2021* [en línea]. Tumbes: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82956/Saldarriaga_SJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

30. SÁNCHEZ, F., 2019. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria* [en línea], [consulta: 7 julio 2024]. ISSN 2223-2516. DOI 10.19083/ridu.2019.644. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_serial&pid=2223-2516&lng=es&nrm=iso.
31. TORRES, M., 2022. *Diseño del pavimento con sistema de drenaje pluvial en la urbanización San Lorenzo, distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo-Lambayeque* [en línea]. Chiclayo: s.n. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>.
32. UNAM, 2019. *Diseño de Pavimentos Rígidos*. [en línea]. MEXICO: [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>.
33. VILLABÓN, A., 2020. *Diseño de la estructura de un pavimento rígido para el segmento vial de la carrera 3 con calle 6 del municipio de Coello Tolima*. [en línea]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44789/VILLABONABELLOAN DRESFELIPE2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
34. VILORIA, L., 2020. *Diseño de la Estructura de Pavimento Rígido para la Vía Ubicada en la carrera 8 entre las calles 4 y 10 del municipio de Malambo, Atlántico*. [en línea]. BOGOTA: s.n. [consulta: 7 julio 2024]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38498>.

NEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables o tabla de categorización

Tabla de operacionalización de variables

| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | TÉCNICAS DE INSTRUMENTO | ESCALA DE MEDICIÓN |
|-----------------------------|--|---|---|---|--|---------------------------|
| pavimento rígido | Estructura vial compuesta por losas de concreto de cemento Portland, colocadas sobre una base o subbase, caracterizada por su alta rigidez, capacidad de distribución de cargas y durabilidad, adecuada para tráfico intenso (Villabón, 2020). | Proceso de selección y configuración de las capas que componen un pavimento rígido (losa de concreto, base y subbase), utilizando el método AASHTO 93. Se medirá mediante las fórmulas y procedimientos de diseño de la norma AASHTO 1993, considerando factores como el tráfico esperado (ESAL), confiabilidad y módulo de reacción de la subrasante.) | Estudio topográfico | Plano topográfico | Técnicas de Observación - Análisis documentario | Razón |
| | | | - Características geotécnicas del suelo | Granulometría de a la muestra. CBR (California Bearing Ratio) | | |
| | | | - Cálculo de tráfico | Conteo vehicular. Clasificación de tipos de eje | | |
| | | | - Diseño de pavimento | - Espesor de subbase y base - Espesor de pavimento - Cálculo de pasadores | | |


Tabla de matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | |
|---|--|--|----------------------------------|--|--|
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | METODOLOGÍA | INSTRUMENTO |
| Problema principal | Objetivo general | Hipótesis general | Variable | | |
| ¿Cuál es el diseño óptimo de pavimento rígido y obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024? | Determinar el diseño óptimo de pavimento rígido y obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. | El diseño del pavimento rígido y obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024 es óptimo. | pavimento rígido y obras de arte | Tipo: Aplicada Enfoque | Técnicas de Observación y Técnica de análisis documental |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipótesis específicas | | Enfoque: cuantitativo | |
| ¿Cuáles son las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales de Huaraz, Ancash, 2024? | Evaluar las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales de Huaraz, Ancash, 2024 | Las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales de Huaraz, Ancash, 2024, son óptimas para el diseño del pavimento rígido y obras de arte. | | Nivel: Transversal Descriptivo | |
| ¿Cuál de los métodos de diseño de pavimento rígido, como AASHTO 93 y la guía de la Portland Cement Association (PCA), es óptimo para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024? | Diseñar un pavimento rígido óptimo para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. Mediante la aplicación del método AASHTO 93 y la guía de la Portland Cement Association (PCA) | el método AASHTO 93 es el más adecuado para el diseño de pavimento rígido para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024, comparado con el método PCA. | | Diseño de investigación: No experimental | |
| ¿Qué obras de arte debe diseñar el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024? | Diseñar las obras de arte del Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024. | El diseño de obras de arte para el Jr. Arenales, Huaraz, Ancash, 2024 son las más adecuadas y cumple con las normas técnicas | | Población: las tres cuadras del jirón Arenales | |

Anexo 2

Formato de Conteo Vehicular día 1

| UBICACIÓN | | CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR | | | | | | | | | | | | | FECHA: 24/05/2024 | | UBICACION: | |
|-------------------|---------|---|-------------|-----------|--------|-------|-------|--------------------|-------|-------|------------|-----|---------|-------|-------------------|--------|------------|--|
| PROYECTO TESIS: | | C-1 Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMIRAILER | | | | TOTAL | % | | |
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | | | |
| 0-1 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.2% | | |
| 1-2 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.9% | | |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.1% | | |
| 2-3 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.9% | | |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.1% | | |
| 3-4 | E | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.0% | | |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% | | |
| 4-5 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.2% | | |
| 5-6 | E | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | 7 | 6.8% | | |
| | S | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 6-7 | E | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.1% | | |
| 7-8 | E | 0 | 6 | 2 | | 1 | 0 | | | | | | 1 | | 10 | 9.7% | | |
| | S | 0 | 7 | 1 | | | | 0 | | | | | 1 | | 9 | 9.5% | | |
| 8-9 | E | 5 | 3 | | | | | | | | | | | | 8 | 7.8% | | |
| | S | 3 | 2 | | | | 0 | | | | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 9-10 | E | 4 | 3 | | | | | | 0 | 1 | | | | | 8 | 7.8% | | |
| | S | 5 | 1 | 2 | | | | | 1 | | | | | | 9 | 9.5% | | |
| 10-11 | E | 1 | 2 | | | | | | 0 | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.2% | | |
| 11-12 | E | 0 | 3 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 1.1% | | |
| | S | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% | | |
| 12-13 | E | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | 2 | 1.9% | | |
| | S | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | 6 | 6.3% | | |
| 13-14 | E | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | 5 | 4.9% | | |
| | S | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 14-15 | E | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | 3.9% | | |
| | S | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 4.2% | | |
| 15-16 | E | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 4.2% | | |
| 16-17 | E | 1 | 3 | | | | | | | 1 | | | | | 5 | 4.9% | | |
| | S | 1 | 3 | | | | | | | 1 | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 17-18 | E | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 5 | 4.9% | | |
| | S | 1 | 3 | | | | | | | 1 | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 18-19 | E | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | 6 | 5.8% | | |
| | S | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | 5 | 5.3% | | |
| 19-20 | E | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 5.8% | | |
| | S | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 6.3% | | |
| 20-21 | E | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | 5 | 4.9% | | |
| | S | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | 4.2% | | |
| 21-22 | E | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 | 4.9% | | |
| | S | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 4.2% | | |
| 22-23 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 2.9% | | |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% | | |
| 23-24 | E | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.0% | | |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% | | |
| Parcial | E | 96 | 37 | 4 | | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | | | 1 | | 103 | 100.0% | | |
| | S | 48 | 37 | 4 | | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | | | 1 | | 95 | 100.0% | | |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 104 | 74 | 8 | | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | | | 2 | | 198 | | | |
| | | 52.53% | 37.37% | 4.04% | | 1.01% | 0.00% | 1.01% | 2.02% | 1.01% | | | 1.01% | | 100.0% | | | |


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Moisés Arcadio Paucar Sánchez
 CIP. 119828
 ING. CIVIL

Formato de Conteo Vehicular día 2

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN

C-1

FECHA:


25/05/2024

UBICACION:

PROYECTO TESIS:

Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMITRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------------|-------|---------|-------|-------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| 1-2 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 2-3 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 3-4 | E | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.3% |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.3% |
| 4-5 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| 5-6 | E | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | 6 | 7.5% |
| | S | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 | 6.3% |
| 6-7 | E | 2 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | 4 | 5.0% |
| | S | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| 7-8 | E | 1 | 6 | 2 | | 1 | | | | | | 1 | | | 11 | 13.8% |
| | S | 1 | 7 | 1 | | | | 0 | | | | 1 | | | 10 | 12.7% |
| 8-9 | E | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 9-10 | E | 2 | 3 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 7 | 8.8% |
| | S | 2 | 1 | 2 | | | | 1 | | | | | | | 6 | 7.6% |
| 10-11 | E | 1 | 2 | | | | | 0 | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| 11-12 | E | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 0 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1.3% |
| 12-13 | E | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% |
| | S | 0 | 3 | | | 1 | | | | | | | | | 4 | 5.1% |
| 13-14 | E | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| | S | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 14-15 | E | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1.3% |
| | S | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 15-16 | E | 0 | 1 | | | | | 0 | | | | | | | 1 | 1.3% |
| | S | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 5.1% |
| 16-17 | E | 2 | 3 | | | | | | 1 | | | | | | 6 | 7.5% |
| | S | 1 | 3 | | | | | | 1 | | | | | | 5 | 6.3% |
| 17-18 | E | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 5 | 6.3% |
| | S | 2 | 3 | | | | | 1 | | | | | | | 6 | 7.6% |
| 18-19 | E | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | 6 | 7.5% |
| | S | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| 19-20 | E | 0 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 3 | 3.8% |
| | S | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 7.6% |
| 20-21 | E | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 5.0% |
| | S | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1.3% |
| 21-22 | E | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% |
| | S | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| 22-23 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.3% |
| 23-24 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.5% |
| Parcial | E | 33 | 37 | 4 | | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | | 1 | | | 80 | 100.0% |
| | S | 32 | 37 | 4 | | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | | 1 | | | 79 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 65 | 74 | 8 | | 2 | 0 | 1 | 5 | 2 | | 2 | | | 159 | |
| | | 32.83% | 37.37% | 4.04% | | 1.01% | 0.00% | 0.51% | 2.53% | 1.01% | | 1.01% | | | 80.3% | |



 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Moisés Arcadio Paucar Sánchez
 CIP. 119828
 ING. CIVIL

Formato de Conteo Vehicular día 3

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN: C-1 PROYECTO TESIS: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024
 FECHA: 26/05/2024 UBICACION:

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMTRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|----|--------------------|-------|-------|------------|-----|---------|-------|--------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 4 | 2 | | | | | | | | | | | | 6 | 4.4% |
| | S | 7 | 1 | | | | | | | | | | | | 8 | 5.4% |
| 1-2 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 2.2% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.3% |
| 2-3 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.3% |
| 3-4 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 2.2% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.3% |
| 4-5 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 2 | | | | | | | 1 | | | | | | 3 | 2.0% |
| 5-6 | E | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | 2.9% |
| | S | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.0% |
| 6-7 | E | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.2% |
| | S | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | 2.7% |
| 7-8 | E | 3 | 5 | | | 1 | 1 | | 0 | | | | | 1 | 11 | 8.1% |
| | S | 3 | 3 | 1 | | | 2 | | 0 | | | | | | 9 | 6.0% |
| 8-9 | E | 4 | 2 | | | | | | | | | | | | 6 | 4.4% |
| | S | 4 | 1 | | | | | | 0 | | | | | | 5 | 3.4% |
| 9-10 | E | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 0.7% |
| | S | 0 | 4 | | | | | | 1 | 1 | | | | | 6 | 4.0% |
| 10-11 | E | 0 | 5 | | | | 1 | | 1 | | | | | | 7 | 5.1% |
| | S | 0 | 3 | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 2.7% |
| 11-12 | E | 1 | 4 | | | | 1 | | | | | | | | 6 | 4.4% |
| | S | 1 | 5 | 1 | | | | | 1 | | | | | | 8 | 5.4% |
| 12-13 | E | 2 | 5 | | | | | | 0 | | | | | | 7 | 5.1% |
| | S | 2 | 4 | | | | | | 0 | | | | | | 6 | 4.0% |
| 13-14 | E | 2 | 10 | | | | 1 | | | | | | | | 13 | 9.6% |
| | S | 4 | 12 | | | | | | 0 | | | | | | 16 | 10.7% |
| 14-15 | E | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | 4 | 2.9% |
| | S | 1 | 5 | | | | 1 | | | | | | | | 7 | 4.7% |
| 15-16 | E | 0 | 7 | | | | | | 1 | | | | | | 8 | 5.9% |
| | S | 0 | 8 | | | | 1 | | | | | | | | 9 | 6.0% |
| 16-17 | E | 0 | 6 | | | | 1 | | | | | | | | 7 | 5.1% |
| | S | 2 | 3 | | | | | | 0 | | | | | | 5 | 3.4% |
| 17-18 | E | 2 | 3 | | | | | | 0 | | | | | | 5 | 3.7% |
| | S | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | 7 | 4.7% |
| 18-19 | E | 4 | 8 | 1 | | | | | 0 | | | | | | 13 | 9.6% |
| | S | 5 | 8 | | | | | | 1 | | | | | | 14 | 9.4% |
| 19-20 | E | 1 | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 5 | 3.7% |
| | S | 1 | 3 | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | | 7 | 4.7% |
| 20-21 | E | 0 | 8 | 1 | | | | | | | | | | | 9 | 6.6% |
| | S | 0 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 4.0% |
| 21-22 | E | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 4.0% |
| 22-23 | E | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | 5 | 3.7% |
| | S | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | 7 | 4.7% |
| 23-24 | E | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | 2.9% |
| | S | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.0% |
| Parcial | E | 42 | 76 | 8 | 1 | 6 | | | 2 | 0 | | | | 1 | 136 | 100.0% |
| | S | 50 | 79 | 8 | 0 | 5 | | | 5 | 1 | | | | 1 | 149 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 92 | 155 | 16 | 1 | 11 | | | 7 | 1 | | | | 2 | 285 | |
| | | 32.28% | 54.39% | 5.61% | 0.35% | 3.86% | | | 2.46% | 0.35% | | | | 0.70% | 100.0% | |


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Moisés Arcadio Paucar Sánchez
 CIP. 119828
 ING. CIVIL

Formato de Conteo Vehicular día 4

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN: C-1 FECHA: 27/05/2024 UBICACION:

PROYECTO TESIS: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMITRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|----|--------------------|-------|----|-------------|-----|---------|-------|-------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 4 | 3.0% |
| | S | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.6% |
| 1-2 | E | 3 | | | | | | 2 | | | | | | | 5 | 3.8% |
| | S | 2 | | | | | | | 1 | | | | | | 3 | 2.3% |
| 2-3 | E | 3 | | | | | | 3 | | | | | | | 6 | 4.5% |
| | S | 1 | 1 | | | | | 3 | | | 1 | | | | 6 | 4.7% |
| 3-4 | E | 0 | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 0.8% |
| | S | 0 | | | | | | 2 | | | | | | | 2 | 1.6% |
| 4-5 | E | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | 3 | 2.3% |
| 5-6 | E | 3 | 1 | | | | | | | | 2 | | | | 6 | 4.5% |
| | S | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | | | | 4 | 3.1% |
| 6-7 | E | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 1.6% |
| 7-8 | E | 0 | 5 | | 1 | 1 | | 0 | | | | | | 1 | 8 | 6.1% |
| | S | 0 | 3 | 1 | | 2 | | 1 | | | | | | | 7 | 5.4% |
| 8-9 | E | 2 | 2 | | | | | | | | 1 | | | | 5 | 3.8% |
| | S | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 4 | 3.1% |
| 9-10 | E | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 0 | 4 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 6 | 4.7% |
| 10-11 | E | 2 | 5 | | | 1 | | 1 | | | | | | | 9 | 6.8% |
| | S | 0 | 3 | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 3.1% |
| 11-12 | E | 0 | 4 | | | 1 | | | | | | | | | 5 | 3.8% |
| | S | 0 | 5 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 7 | 5.4% |
| 12-13 | E | 0 | 5 | | | | | 0 | | | | | | | 5 | 3.8% |
| | S | 0 | 4 | | | | | 0 | | | | | | | 4 | 3.1% |
| 13-14 | E | 0 | 10 | | | 1 | | | | | | | | | 11 | 8.3% |
| | S | 0 | 12 | | | | | 0 | | | | | | | 12 | 9.3% |
| 14-15 | E | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.3% |
| | S | 2 | 5 | | | 1 | | | | | | | | | 8 | 6.2% |
| 15-16 | E | 3 | 7 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 12 | 9.1% |
| | S | 1 | 8 | | | 1 | | | | | | | | | 10 | 7.8% |
| 16-17 | E | 2 | 6 | | | 1 | | | | | | | | 2 | 11 | 8.3% |
| | S | 0 | 3 | | | | | 0 | | | | | | | 3 | 2.3% |
| 17-18 | E | 0 | 3 | | | | | 0 | | | | | | | 3 | 2.3% |
| | S | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 5 | 3.9% |
| 18-19 | E | 0 | 8 | 1 | | | | 0 | | | | | | | 9 | 6.8% |
| | S | 1 | 8 | | | | | 1 | | | | | | | 10 | 7.8% |
| 19-20 | E | 0 | 2 | 1 | | 1 | | | | | | | | | 4 | 3.0% |
| | S | 2 | 3 | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | 8 | 6.2% |
| 20-21 | E | 1 | 8 | 1 | | | | | | | | | | | 10 | 7.6% |
| | S | 1 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | 7 | 5.4% |
| 21-22 | E | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 1.5% |
| | S | 0 | 3 | 1 | | | | | | | 1 | | | | 5 | 3.9% |
| 22-23 | E | 0 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | 4 | 3.0% |
| | S | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | 5 | 3.9% |
| 23-24 | E | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 3 | 2.3% |
| | S | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.6% |
| Parcial | E | 26 | 76 | 8 | 1 | 6 | | 7 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 | 132 | 100.0% |
| | S | 19 | 79 | 8 | 0 | 5 | | 12 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 129 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 45 | 155 | 16 | 1 | 11 | | 19 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 4 | 261 | |
| | | 15.79% | 54.39% | 5.61% | 0.35% | 3.86% | | 6.67% | 1.40% | | | | | | 1.40% | 89.5% |

Formato de Conteo Vehicular día 5

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN: C-1 PROYECTO TESIS: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 FECHA: 28/05/2024 UBICACION:

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMITRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|----|--------------------|-------|-------|-------------|-------|---------|-------|--------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | 3 | 1.8% |
| | S | 2 | 1 | | | | | 3 | 1 | | | | | | 7 | 4.3% |
| 1-2 | E | 0 | | | | | | 5 | 1 | | 1 | | | | 7 | 4.2% |
| | S | 1 | | | | | | 4 | 1 | | | | | | 6 | 3.7% |
| 2-3 | E | 2 | | | | | | 2 | 2 | | | | | | 6 | 3.6% |
| | S | 1 | 1 | | | | | 4 | 1 | | | | | | 7 | 4.3% |
| 3-4 | E | 0 | | | | | | 5 | 5 | | | | | | 10 | 6.0% |
| | S | 0 | | | | | | 5 | | | | | | | 5 | 3.1% |
| 4-5 | E | 0 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 0.6% |
| | S | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | 3 | 1.9% |
| 5-6 | E | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 0.6% |
| | S | 1 | 2 | | | | | 2 | | | | | | | 5 | 3.1% |
| 6-7 | E | 3 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 5 | 3.0% |
| | S | 2 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | 5 | 3.1% |
| 7-8 | E | 3 | 5 | | 1 | 1 | | 4 | | | | | | 1 | 15 | 9.0% |
| | S | 1 | 3 | 1 | | 2 | | 1 | | | | | | | 8 | 5.0% |
| 8-9 | E | 0 | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 1.2% |
| | S | 0 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | 1.2% |
| 9-10 | E | 4 | 1 | | | | | | | | | | | | 5 | 3.0% |
| | S | 1 | 4 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 7 | 4.3% |
| 10-11 | E | 1 | 5 | | | 1 | | 1 | | | | | | | 8 | 4.8% |
| | S | 2 | 3 | | | | | | | | | | 1 | | 6 | 3.7% |
| 11-12 | E | 0 | 4 | | | 1 | | | | | | | | | 5 | 3.0% |
| | S | 0 | 5 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 7 | 4.3% |
| 12-13 | E | 2 | 5 | | | | | 3 | | | | | | | 10 | 6.0% |
| | S | 2 | 4 | | | | | 3 | | | 1 | | | | 10 | 6.2% |
| 13-14 | E | 1 | 10 | | | 1 | | | | | | | | | 12 | 7.2% |
| | S | 2 | 12 | | | | | 2 | | | | | | | 16 | 9.9% |
| 14-15 | E | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | 5 | 3.0% |
| | S | 3 | 5 | | | 1 | | | | | | | | | 9 | 5.6% |
| 15-16 | E | 3 | 7 | | | | | 1 | | | | | | | 11 | 6.6% |
| | S | 1 | 8 | | | 1 | | | | | | | | | 10 | 6.2% |
| 16-17 | E | 1 | 6 | | | 1 | | | | | | | | | 8 | 4.8% |
| | S | 0 | 3 | | | | | 1 | | | | | | | 4 | 2.5% |
| 17-18 | E | 0 | 3 | | | | | 1 | | | | | | | 4 | 2.4% |
| | S | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | 6 | 3.7% |
| 18-19 | E | 2 | 8 | 1 | | | | 5 | | | 1 | | | | 17 | 10.2% |
| | S | 0 | 8 | | | | | 1 | | | | | | | 9 | 5.6% |
| 19-20 | E | 0 | 2 | 1 | | 1 | | | | | | | | | 4 | 2.4% |
| | S | 0 | 3 | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | 6 | 3.7% |
| 20-21 | E | 0 | 8 | 1 | | | | | | | | | | | 9 | 5.4% |
| | S | 0 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 3.7% |
| 21-22 | E | 0 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 3 | 1.8% |
| | S | 1 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 5 | 3.1% |
| 22-23 | E | 2 | 1 | 3 | | | | 2 | | | | | | | 8 | 4.8% |
| | S | 1 | 2 | 2 | | | | 3 | | | 1 | | | | 9 | 5.6% |
| 23-24 | E | 1 | 1 | 1 | | | | 4 | | | | | | | 7 | 4.2% |
| | S | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 3 | 1.9% |
| Parcial | E | 28 | 76 | 8 | 1 | 6 | | 35 | 8 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 166 | 100.0% |
| | S | 26 | 79 | 8 | 0 | 5 | | 35 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 161 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 54 | 155 | 16 | 1 | 11 | | 70 | 13 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 327 | |
| | | 18.96% | 54.39% | 5.61% | 0.35% | 3.86% | | 24.56% | 4.96% | 0.00% | 1.79% | 0.00% | 0.00% | 0.70% | 114.7% | |


Formato de Conteo Vehicular día 6

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN: C-1 FECHA: 29/05/2024 UBICACION:

PROYECTO TESIS: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMTRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|----|--------------------|-------|-------|------------|-------|---------|-------|--------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 3 | | | | | | | | | | | | | 3 | 3.1% |
| | S | 2 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 4 | 3.5% |
| 1-2 | E | 2 | | | | | | | | | 1 | | | | 3 | 3.1% |
| | S | 2 | | | | | | 1 | | | | 1 | | | 4 | 3.5% |
| 2-3 | E | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | 3 | 3.1% |
| | S | 1 | | 1 | | | | 2 | 1 | | | | | | 5 | 4.4% |
| 3-4 | E | 3 | | 2 | | | | | | | | 1 | | | 6 | 6.3% |
| | S | 3 | | | | | | 2 | | | | | | | 5 | 4.4% |
| 4-5 | E | 3 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | 6 | 6.3% |
| | S | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.8% |
| 5-6 | E | 2 | | 2 | | | | 3 | 1 | | | | | | 8 | 8.3% |
| | S | 3 | | | | | | | | | | 11 | | | 14 | 12.3% |
| 6-7 | E | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | 5 | 5.2% |
| | S | 3 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | 7 | 6.1% |
| 7-8 | E | 2 | | 1 | | | | | | | 1 | | | | 4 | 4.2% |
| | S | 1 | | 3 | | | | 1 | 1 | | | | | | 6 | 5.3% |
| 8-9 | E | 1 | | 4 | | | | | | | | | | | 5 | 5.2% |
| | S | 1 | 1 | 5 | | | | 1 | | | | | | | 8 | 7.0% |
| 9-10 | E | 0 | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1.0% |
| | S | 0 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 3 | 2.6% |
| 10-11 | E | 0 | | 2 | | | | 2 | | | | | | | 4 | 4.2% |
| | S | 0 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | 3.5% |
| 11-12 | E | 1 | | | | | | 4 | | | | | | | 5 | 5.2% |
| | S | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% |
| 12-13 | E | 1 | 1 | | | | | 3 | | | | | | | 5 | 5.2% |
| | S | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 0.9% |
| 13-14 | E | 0 | | 1 | | | | 2 | | | | | | | 3 | 3.1% |
| | S | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 1.8% |
| 14-15 | E | 0 | | 3 | | | | | | | | | | | 3 | 3.1% |
| | S | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | | 5 | 4.4% |
| 15-16 | E | 0 | | | | | | 2 | | | | | | | 2 | 2.1% |
| | S | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.6% |
| 16-17 | E | 3 | 2 | | | | | 1 | | | | | | | 6 | 6.3% |
| | S | 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | 3 | 2.6% |
| 17-18 | E | 1 | | 2 | 1 | | | | 1 | | | | | | 5 | 5.2% |
| | S | 2 | | 4 | | | | 5 | | | | 1 | | | 12 | 10.5% |
| 18-19 | E | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1.0% |
| | S | 0 | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | 2.6% |
| 19-20 | E | 1 | 1 | | | | | 2 | | | | | | | 4 | 4.2% |
| | S | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | 4 | 3.5% |
| 20-21 | E | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 3 | 3.1% |
| | S | 2 | 1 | | | | | 3 | 1 | | | | | | 7 | 6.1% |
| 21-22 | E | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.1% |
| | S | 2 | 1 | | | | | 4 | | | | | | | 7 | 6.1% |
| 22-23 | E | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | 3 | 3.1% |
| | S | 2 | | | | | | 2 | | | | | | | 4 | 3.5% |
| 23-24 | E | 1 | | | | | | 4 | 1 | | | | | | 6 | 6.3% |
| | S | 0 | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 0.9% |
| Parcial | E | 29 | 9 | 24 | 2 | 0 | | 23 | 3 | 0 | 3 | 3 | | | 96 | 100.0% |
| | S | 32 | 16 | 20 | 0 | 0 | | 25 | 6 | 0 | 1 | 14 | | | 114 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 61 | 25 | 44 | 2 | 0 | | 48 | 9 | 0 | 4 | 17 | | | 210 | |
| | | 29.05% | 11.90% | 20.95% | 0.95% | 0.00% | | 22.86% | 4.29% | 0.00% | 1.90% | 8.10% | | | 100.0% | |

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 Moisés Arcadio Paucar Sánchez
 CIP. 119828
 ING. CIVIL

Formato de Conteo Vehicular día 7

CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

UBICACIÓN: C-1 PROYECTO: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 FECHA: 30/05/2024 UBICACION:

| Hora | Sentido | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMITRAILER | | | | TOTAL | % |
|-------------------|---------|-------------------|-------------|-----------|--------|-------|----|--------------------|-------|-------|-------------|-----|---------|-------|-------|--------|
| | | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >=3S3 | | |
| 0-1 | E | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.2% |
| | S | 0 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1.1% |
| 1-2 | E | 2 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | 4 | 4.8% |
| | S | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 2.3% |
| 2-3 | E | 1 | | 2 | | | | 1 | | | | | | | 4 | 4.8% |
| | S | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 2.3% |
| 3-4 | E | 1 | | 2 | | | | 2 | | | | | | | 5 | 6.0% |
| | S | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% |
| 4-5 | E | 0 | 1 | 2 | | | | 3 | | | | | | | 6 | 7.2% |
| | S | 2 | | | 1 | | | | | | | | | | 3 | 3.4% |
| 5-6 | E | 1 | | 2 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | 6 | 7.2% |
| | S | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% |
| 6-7 | E | 0 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | 4 | 4.8% |
| | S | 2 | 1 | 1 | 2 | | | 4 | | | | | | | 10 | 11.4% |
| 7-8 | E | 0 | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | 3 | 3.6% |
| | S | 0 | | 3 | | | | | | | | | | | 3 | 3.4% |
| 8-9 | E | 0 | | 4 | 2 | | | | | | | | | | 6 | 7.2% |
| | S | 1 | 1 | 5 | | 1 | | 4 | | | | | | | 12 | 13.6% |
| 9-10 | E | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 2 | 1 | 1 | | | | 2 | | | | | | | 6 | 6.8% |
| 10-11 | E | 3 | | 2 | 1 | | | 3 | | | | | | | 9 | 10.8% |
| | S | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 6 | 6.8% |
| 11-12 | E | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 0 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1.1% |
| 12-13 | E | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1.2% |
| | S | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 2.3% |
| 13-14 | E | 0 | | 1 | | | | 2 | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 4 | 4.5% |
| 14-15 | E | 0 | | 3 | | | | | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 0 | 1 | | | 1 | | 2 | | | 1 | | | | 5 | 5.7% |
| 15-16 | E | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.0% |
| | S | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% |
| 16-17 | E | 1 | 2 | | | | | 2 | | | | | | | 5 | 6.0% |
| | S | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | 4 | 4.5% |
| 17-18 | E | 0 | | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | | 4 | 4.8% |
| | S | 0 | | 4 | | | | | | | | | | | 4 | 4.5% |
| 18-19 | E | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 2.4% |
| | S | 1 | 3 | | | | | 3 | | | | | | | 7 | 8.0% |
| 19-20 | E | 0 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | 2.4% |
| | S | 0 | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1.1% |
| 20-21 | E | 0 | 1 | | | | | 2 | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 0 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | 2 | 2.3% |
| 21-22 | E | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | 4.8% |
| | S | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 4 | 4.5% |
| 22-23 | E | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | 3 | 3.6% |
| | S | 3 | | | | 1 | | 2 | | | | | | | 6 | 6.8% |
| 23-24 | E | 1 | | | | | | 2 | | 1 | | | 1 | | 5 | 6.0% |
| | S | 0 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1.1% |
| Parcial | E | 19 | 9 | 24 | 6 | 0 | | 22 | | | 3 | | | | 83 | 107.2% |
| | S | 22 | 16 | 20 | 3 | 4 | 0 | 21 | 0 | 0 | 2 | 0 | | | 88 | 100.0% |
| TOTAL AMBOS SENT. | | 41 | 25 | 44 | 9 | 4 | | 43 | 0 | 2 | 5 | 0 | | | 171 | |
| | | 19.52% | 11.90% | 20.95% | 4.29% | 1.90% | | 20.48% | 0.00% | 0.95% | 2.38% | | | | 82.4% | |

Anexo 3. Estudio de Mecánica de Suelos



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
 (MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° **V-010-2024**

| | | | |
|---------------|---|------------------|------------|
| Proyecto : | Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | Fecha : | mayo 2024 |
| Solicitante : | Alamo Martínez, Arturo Cesar, Lenca Nieto, Crispola | Muestreado por : | Interesado |
| Lugar : | Huaraz - Huaraz - Ancash | Técnico : | -- |

| DATOS DE LA MUESTRA | Progresiva | km 00+500 |
|--|-----------------|---------------------------------------|
| | Materia | Subrasante |
| Muestra | | msb-1 |
| Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3" | 3" | 100.0 |
| | 2" | 94.8 |
| | 1 1/2" | 90.9 |
| | 1" | 79.3 |
| | 3/4" | 67.7 |
| | 3/8" | 57.3 |
| | # 4 | 47.4 |
| | # 10 | 38.1 |
| | # 20 | 29.8 |
| | # 40 | 20.2 |
| # 60 | 16.8 | |
| # 100 | 12.7 | |
| # 200 | 11.5 | |
| Coef. de Uniformidad Cu | | 199.99 |
| Coef. de Curvatura Cc | | 1.82 |
| Porcentaje de Material | Grava | 62.6 |
| | Arena | 35.9 |
| | Finos | 11.5 |
| Módulo de Fracción Gruesa | | 44.3 |
| Límites de | L.L. | 27 |
| | L.P. | 19 |
| Consistencia | L.P. | 8 |
| Humedad Natural (%) | | 10 |
| Índice de Grupo | IG - LL | -3.17 |
| | IG - IP | 9.07 |
| | Índice de Grupo | 0 |
| Clasificación AASTHO | | A-2-4(II) |
| Clasificación SUCS | | GW-GC |
| Descripción | | Grava bien graduada con arena y arena |


 Colegio de Ingenieros del Perú
 Ing. Ego Segura Silla Vergara
 C.O.P. N° 42992

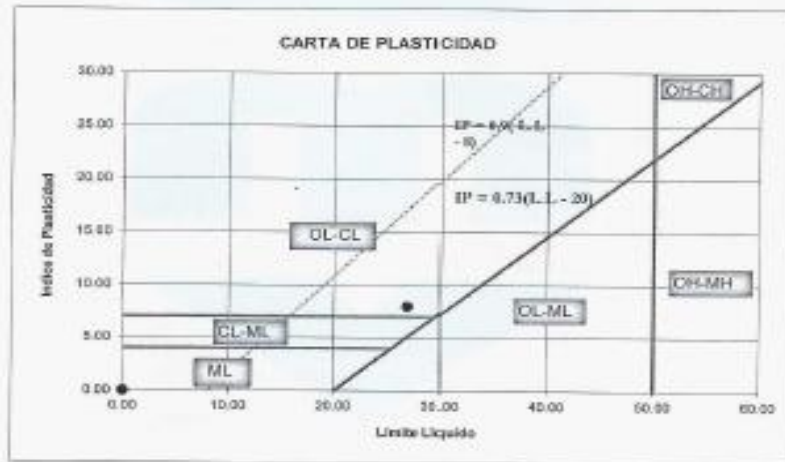


HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-010-2024**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

| | | |
|---------------------|---|-----------------------------|
| Proyecto | : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | |
| Solicitante | : Alamo Martínez, Arturo Cesar/Uanca Nieto, Criapolo | Fecha : mayo 2024 |
| Lugar | : Huaraz - Huaraz - Ancash | Muestreado por : Interesado |
| DATOS DE LA MUESTRA | | |
| Calicota | : C-1 | Material : Subrasante |
| | Progresiva : km 00+580 | Profundidad : mob-1 |
| | Muestra : mob-1 | Técnico : -/- |




Ing. Efraim Alberto Milla Velasco
Ingeniero Civil
A.E.C. CIP N° 42332



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(MTC E 108)

Solicitud N° **V-010-2024**

Proyecto : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024
Solicitante : Alamo Martínez, Arturo Cesar/Llano Nieto, Crispolo Fecha : mayo 2024
Lugar : Huaraz - Huaraz - Ancash Muestreado por : Interesado
Técnico : ...

DATOS DE LA MUESTRA
Progresiva : km 00+580 Material : Subrasante
Calicata : C-1 Muestra : mab-1 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

| DESCRIPCIÓN | | | M - 1 | M - 2 |
|-------------------------------------|---|------|-----------|--------|
| Peso Suelo Húmedo + Contenedor | g | Movs | 291.79 | 302.19 |
| Peso Suelo Seco + Contenedor | g | Mos | 267.62 | 278.13 |
| Peso Contenedor | g | Mo | 30.49 | 30.80 |
| Peso Partículas Sólidas (Ms-Mos-Mo) | g | Ms | 237.13 | 247.33 |
| Peso del Agua (Mw-Movs-Mos) | g | Mw | 24.17 | 24.06 |
| Contenido de Humedad (w=Mw/Ms) | % | w | 10.19 | 9.73 |
| Humedad Promedio (%) | | | 10 | |

CALLE DEL COMERCIO N° 1000
CALLE AGUIRRE N° 1000
HUARAZ, ANCASH
TEL: 053 210 42332



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
 (MTC E 107)

Solicitud N° V-010-2024

Proyecto : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el J. Arevalo, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024
 Solicita : Alamo Martínez, Arturo Casaelizanca Niño, Crispólo
 Lugar : Huaraz - Huaraz - Ancash
 Fecha : mayo 2024
 Muestreado por : interesado
 Técnico : ...

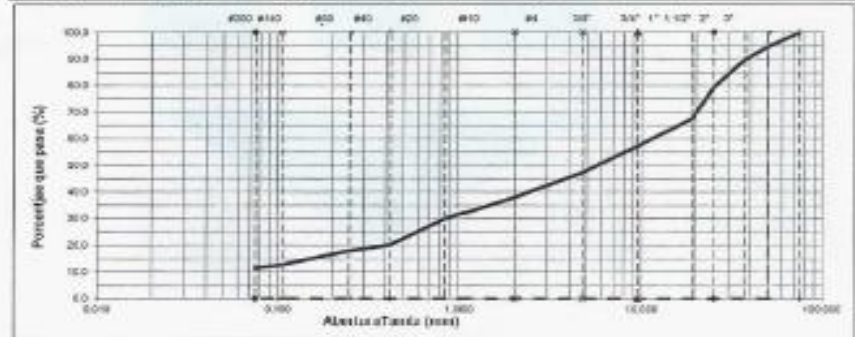
DATOS DE LA MUESTRA

Calicota : C-1
 Progresiva : km 00+580
 Muestra : msb-1
 Material : Subbase
 Tamaño Máximo : 3"

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Masa Inicial Seca (g) = 4480.00 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (g) = 130.8
 Masa Lavada y Seca (gr) = 3984.31 Masa de Material Grosso (g) = 2761.30
 Masa Retenido 3"(g) = 0.90 % que pasa N° 200 = 11.48

| Abertura de Tamizos | | RETENIDO EN CADA TAMIZ | | PORCENTAJE ACUMULADO | |
|---------------------|--------|------------------------|-------|----------------------|----------|
| ASTM | mm | Masa (g) | % | Retenido | Que pasa |
| 8" | 76.200 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 243.50 | 5.39 | 5.4 | 94.6 |
| 1 1/2" | 37.500 | 227.20 | 4.95 | 10.0 | 90.0 |
| 1" | 25.000 | 474.80 | 10.59 | 20.7 | 79.3 |
| 3/4" | 19.000 | 520.10 | 11.60 | 32.3 | 67.7 |
| 3/8" | 9.500 | 493.00 | 10.98 | 42.7 | 57.3 |
| #4 | 4.750 | 439.20 | 9.85 | 52.5 | 47.4 |
| #10 | 2.000 | 416.20 | 9.35 | 61.9 | 38.1 |
| #20 | 0.850 | 27.80 | 0.62 | 62.5 | 37.5 |
| #40 | 0.425 | 23.40 | 0.52 | 63.0 | 37.0 |
| #60 | 0.250 | 7.40 | 0.17 | 63.2 | 36.8 |
| #140 | 0.106 | 16.00 | 0.36 | 63.6 | 36.4 |
| #200 | 0.075 | 4.20 | 0.09 | 63.7 | 36.3 |
| #200 | Fondo | 0.50 | 0.11 | 63.8 | 36.2 |



| | | | | | |
|---------|------|---------|------|--------------------|--------|
| % GRAVA | 52.6 | % Grava | 32.3 | D60 (mm) = | 11.929 |
| | | % Fina | 20.2 | D30 (mm) = | 0.656 |
| % ARENA | 39.9 | % Grava | 9.3 | D10 (mm) = | 0.080 |
| | | % Medio | 17.9 | Coef. Unif. (Cu) = | 100.99 |
| % FINOS | 11.5 | % Fina | 9.7 | Coef. Conc. (Cc) = | 1.02 |

Ing. Arturo Casaelizanca Niño
 C.R.C. N° 12432



**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
DE LOS SUELOS
(MTC E 110 y MTC E 111)**

| | | | |
|----------------------------|--|------------------------|---|
| | | Solicitud N° | V-010-2024 |
| Proyecto | : Proyecto de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | | |
| Solicitante | : Alamo Martínez, Arturo Cesar/Llanca Nieto, Crispino | | Fecha : mayo 2024 |
| Lugar | : Huaraz - Huaraz - Ancash | | Muestreado por : Interesado Técnicos : -/- |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| Calicata | : C-1 | Progresiva : km 00+550 | Muestra : mat-1 |
| | | Materia: Subrasante | Profundidad : 0.00 - 1.50 m |

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, MTC E110

| | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|
| N° de golpes | 15 | 24 | 34 |
| P. Suelo Húmedo+Rec. | 30.08 | 30.48 | 30.16 |
| P. Suelo Seco+Rec. | 27.20 | 27.58 | 27.04 |
| Peso del Recipiente | 16.73 | 16.66 | 16.06 |
| Peso Suelo Seco | 10.47 | 10.93 | 11.98 |
| Peso del Agua | 2.88 | 2.60 | 3.12 |
| C. de Humedad % | 27.51 | 25.53 | 26.04 |



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, MTC E111

| | | |
|----------------------|-------|-------|
| P. Suelo Húmedo+Rec. | 21.97 | 27.78 |
| P. Suelo Seco+Rec. | 20.16 | 26.91 |
| Peso del Recipiente | 10.53 | 16.14 |
| Peso Suelo Seco | 9.62 | 9.77 |
| Peso del Agua | 1.02 | 1.05 |
| C. de Humedad % | 16.92 | 18.94 |

| | |
|----------------------|----|
| Límite Líquido = | 27 |
| Límite Plástico = | 19 |
| Índice Plasticidad = | 8 |

Ing. Elmer Velasco Viqueza
INGENIERO CIVIL
MTC (D.F. N° 42994)



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
 (2 700 kN-mm² - 56 000 pie-lb/pie²)
 (MTC E115)

Solicitud N° **V-010-2024**

Proyecto : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024
 Fecha : mayo 2024
 Solicitado : Alamo Martínez, Arturo Cesar/Lanca Nieto, Cristóbal
 Muestreado por : Interesado
 Lugar : Huaraz - Huaraz - Ancash
 Técnico : *[Firma]*

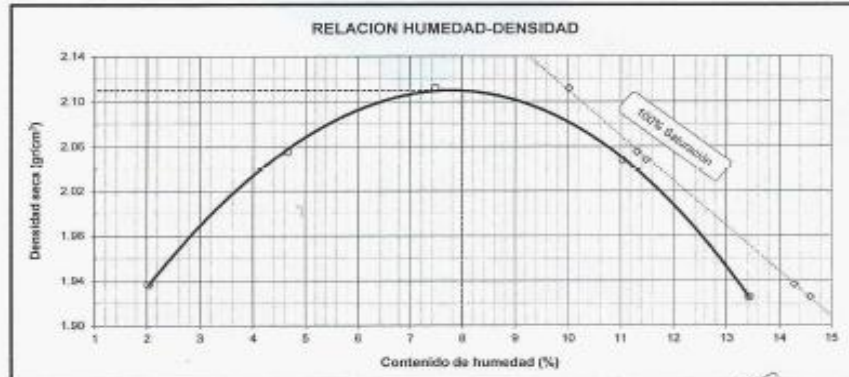
DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : C-1 Muestra : mab-1 Progresiva : km 00+500
 Material : Subrasante Clasif. (SUCS) : GW-GC
 Clasif. (AASHTO) : A-2-4(0)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **C** Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 01
 Píedon: Manual Gravedad Específica (Gs) : 2.63 Tamiz N° : 34"
 Golpes por capa: 56 Capas : Cinco P_c (%) : 32.35

| | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Masa suelo húmedo + molde | gr | 7020.3 | 7391.5 | 7642.7 | 7692.3 | 7461.3 |
| Masa del molde | gr | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4190.1 | 4561.3 | 4812.5 | 4822.1 | 4631.1 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 |
| Densidad húmeda compactada | gr/cm ³ | 1.976 | 2.151 | 2.269 | 2.274 | 2.184 |
| Cálculo Contenido de Humedad | | | | | | |
| Masa del suelo húmedo+ recip. | gr | 297.35 | 340.08 | 334.81 | 314.30 | 308.21 |
| Masa del suelo seco + recipiente | gr | 292.02 | 326.31 | 313.88 | 286.14 | 275.30 |
| Masa del recipiente | gr | 29.76 | 30.80 | 30.49 | 30.92 | 30.22 |
| Masa del agua | gr | 5.33 | 13.77 | 21.15 | 28.16 | 32.91 |
| Masa del suelo seco | gr | 262.26 | 295.51 | 283.17 | 256.22 | 245.08 |
| Contenido de Humedad | % | 2.0 | 4.7 | 7.5 | 11.0 | 13.4 |
| Densidad seca compactada | gr/cm ³ | 1.94 | 2.05 | 2.11 | 2.05 | 1.93 |

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm³) γ_d **2.11**
 Peso Unitario Seco Compactado (kN/m³) γ_s **20.7**
 Humedad Óptima (%) **8.0**



Observaciones:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Ing° Elio Alejandro Milla Vergara
 Profesionalista Civil
 M.O. CIP N° 42932



PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS
MTC 206

Solicitud N° **V-010-2024**

| | | | |
|----------------------------|---|----------------|-----------------|
| Proyecto | : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | Fecha | : mayo 2024 |
| Solicitado | : Alamo Martínez, Arturo CesarLianca Nieto, Crispolo | Muestreado por | : Interesado |
| Lugar | : Huaraz - Huaraz - Ancash | Técnico | : -- |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| Calicata | : C-1 | Progresiva | : km 00+580 |
| Material | : Subrasante | Muestra | : mab-1 |
| | | Profundidad | : 0.00 - 1.50 m |

| Agregado | GRUESO | GRUESO |
|---|---------|---------|
| Tamaño máximo de la muestra | 3" | 3" |
| Tipo de frasco utilizado | Cesta | Cesta |
| Masa del frasco dentro del agua (gr) (A) | 881.85 | 881.85 |
| Masa de la muestra saturada superficialmente seca (gr) (B) | 2028.15 | 2094.80 |
| Masa de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr) (C) | 2143.06 | 2187.84 |
| Masa de la muestra seca (gr) (D) | 2013.80 | 2051.00 |
| Masa de la muestra saturada dentro del agua (gr) (E) | 1261.21 | 1285.99 |
| Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (OD=D/(B-E)) | 2.63 | 2.63 |
| Gravedad Especifica Promedio OD | 2.63 | |
| Densidad (OD) (kg/m ³) | 2620 | |
| Densidad Relativa (Gravedad especifica) (SSD= B/(B-E)) | 2.64 | 2.65 |
| Gravedad Especifico Promedio SSD | 2.65 | |
| Densidad (SSD) (kg/m ³) | 2640 | |
| Densidad Relativa Aparente Gea = D/(D-E) | 2.68 | 2.68 |
| Gravedad Especifico Aparente Promedio, Gea | 2.68 | |
| Densidad Aparente (kg/m ³) | 2670 | |
| Absorción, Ab = ((B - D) / D)x100, % | 0.71 | 0.67 |
| Absorción Promedio (Ab) % | 0.69 | |


COLLEGE OF ENGINEERS
No. 150 Alameda Niza Huaraz
PUNTA BLANCA
CALLE 5ta N. 1202a



EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

CBR (Relación de soporte de California) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
(MTC E 132)

Solicitud N° V-018-2024

Proyecto : Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Areales, Provincia de Huancá, Ancash, 2024
 Fecha de Ensayo : 25-05-24
 Solicitado : Alvaro Huarcas, Arzuo Cesar/Unico Neta, Grupos
 Ilustrado por : Huarcas
 Lugar : Huancá - Huancá - Ancash
 Teléfono : --

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra : msh-1
 Material : Subrasante
 Progresiva : km 50+000
 Class. (LIC-05) : CM-02
 Class. (AASHTO) : A-2-6(5)

PREPARACION DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)

| Compaction | Método | Método: C | | | | | |
|---|--------|---|----------|-----------------|----------|-------------|----------|
| | | 1 | | 2 | | 3 | |
| Capas Nº | | 6 | | 6 | | 6 | |
| Capas por capa Nº | | 25 | | 25 | | 25 | |
| Cantidad de la muestra | | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Sello húmedo (g) | | 12793.7 | 12860.7 | 12753.4 | 12887.5 | 12822.9 | 12940.2 |
| Peso de molde (g) | | 7829.8 | 7829.8 | 7894.1 | 7894.1 | 8042.0 | 8042.0 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 4963.9 | 4950.9 | 4759.3 | 4893.4 | 4780.9 | 4797.2 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2134.3 | 2134.3 | 2123.1 | 2125.1 | 2125.7 | 2125.7 |
| Peso Unitario húmedo (g/cm ³) | | 2.32 | 2.32 | 2.24 | 2.30 | 2.25 | 2.26 |
| | | Contenido de Humedad | | | | | |
| Peso suelo húmedo + recipiente (g) | | 276.06 | 267.90 | 277.72 | 282.30 | 287.95 | 288.17 |
| Peso suelo seco + recipiente (g) | | 266.74 | 266.66 | 268.33 | 282.39 | 283.44 | 284.25 |
| Peso del recipiente (g) | | 30.68 | 30.47 | 30.95 | 30.77 | 30.67 | 30.38 |
| Peso de agua (g) | | 15.14 | 21.24 | 19.30 | 19.01 | 16.51 | 20.22 |
| Peso de suelo seco (g) | | 227.76 | 238.97 | 227.45 | 231.40 | 233.71 | 254.17 |
| Contenido de humedad (%) | | 7.95 | 8.42 | 8.52 | 8.80 | 7.79 | 8.29 |
| Peso Unitario seco (g/cm ³) | | 2.11 | 2.14 | 2.67 | 2.12 | 2.80 | 2.80 |
| Datos del Ensayo Proctor Modificado | | Peso Unitario Seco = 2.11 g/cm ³ | | C.H.O. = 3.00 % | | | |

INMERSION

Sobrecarga de rotación = 4.54 Kg

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|------------|-------|--------|-------|-----------|-----|-------|-----------|-----|-------|-----------|-----|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 21/05/2024 | 11:30 | 8 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0 |
| 20/05/2024 | 11:30 | 24 | 0.001 | 0.023 | 0.0 | 0.001 | 0.025 | 0.0 | 0.001 | 0.025 | 0.0 |
| 23/05/2024 | 11:30 | 40 | 0.001 | 0.023 | 0.0 | 0.002 | 0.050 | 0.0 | 0.002 | 0.050 | 0.0 |
| 24/05/2024 | 11:30 | 72 | 0.002 | 0.046 | 0.0 | 0.002 | 0.040 | 0.0 | 0.003 | 0.075 | 0.1 |
| 26/05/2024 | 11:30 | 80 | 0.002 | 0.046 | 0.0 | 0.002 | 0.050 | 0.0 | 0.003 | 0.075 | 0.1 |

PENETRACION

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | BOLDE M | | | | BOLDE M | | | | BOLDE M | | | |
|-------------------|---------------------------------------|-----------|--------|------------|------|-----------|--------|------------|------|-----------|--------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (mm) | kg | kg | % | Dial (mm) | kg | kg | % | Dial (mm) | kg | kg | % |
| 0.800 | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | |
| 0.875 | | 24 | 110.8 | | | 17 | 81.6 | | | 8 | 48.3 | | |
| 1.250 | | 30 | 128.0 | | | 49 | 240.8 | | | 35 | 151.0 | | |
| 1.875 | | 111 | 420.7 | | | 92 | 380.4 | | | 72 | 283.0 | | |
| 2.540 | 70.31 | 151 | 567.5 | 522.7 | 36.4 | 111 | 423.7 | 372.8 | 27.0 | 85 | 330.8 | 303.8 | 22.9 |
| 3.800 | 105.48 | 209 | 768.8 | 660.0 | 45.8 | 186 | 693.3 | 711.6 | 34.5 | 154 | 620.0 | 588.0 | 27.8 |
| 7.500 | | 368 | 1347.7 | | | 273 | 1008.1 | | | 158 | 730.0 | | |
| 10.000 | | 487 | 1822.0 | | | 354 | 1297.3 | | | 248 | 908.0 | | |
| 12.500 | | 622 | 1801.0 | | | 418 | 1503.8 | | | 288 | 1093.3 | | |

COLEGIADO EN INGENIERIA CIVIL N° 1990
 Ing. Alvaro Huarcas
 Calle 250 - Huancá - Ancash
 Teléfono: 944-931238
 REG. SIP N° 42282



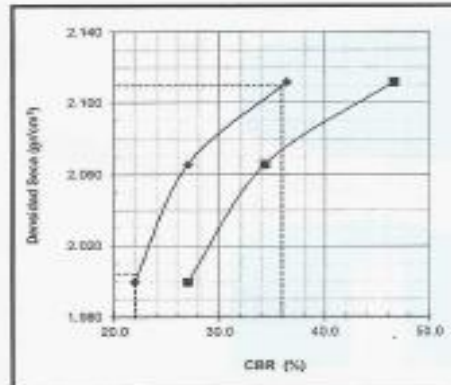
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(MTC E 132-2000)

Solicitud N° V-010-2024

| | | | |
|--------------|---|------------------|------------|
| Proyecto : | Propuesta de Diseño de Pavimento Rígido y Obras de Arte en el Jr. Amalia, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024 | Fecha : | 25/05/2024 |
| Solicitado : | Alamo Martínez, Arturo Cesar/Lianca Nieto, Córcebo | Muestreado por : | Interesado |
| Lugar : | Huaraz - Huaraz - Ancash | Técnico : | - |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|------------|------------|--------------------|-----------|
| Muestra : | mob-1 | Progresiva : | km 00+630 |
| Material : | Subrasante | Clasif. (BUCS) : | |
| | | Clasif. (AASHTO) : | A-2-4(5) |

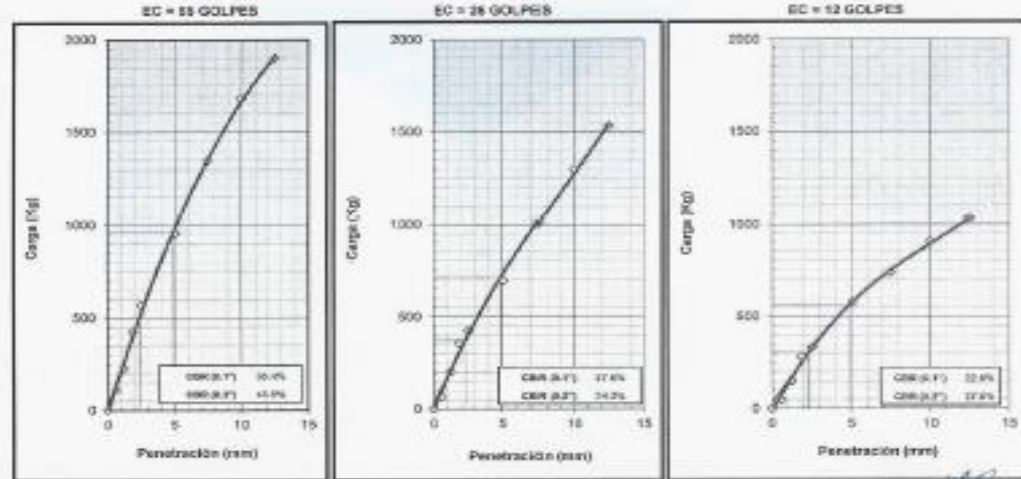


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.11
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.00
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.00

| | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| C.B.R. al 99% de M.D.S. (%) | 6.1" | 35.9 | 0.2" | 46.0 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 6.1" | 32.0 | 0.2" | 27.1 |

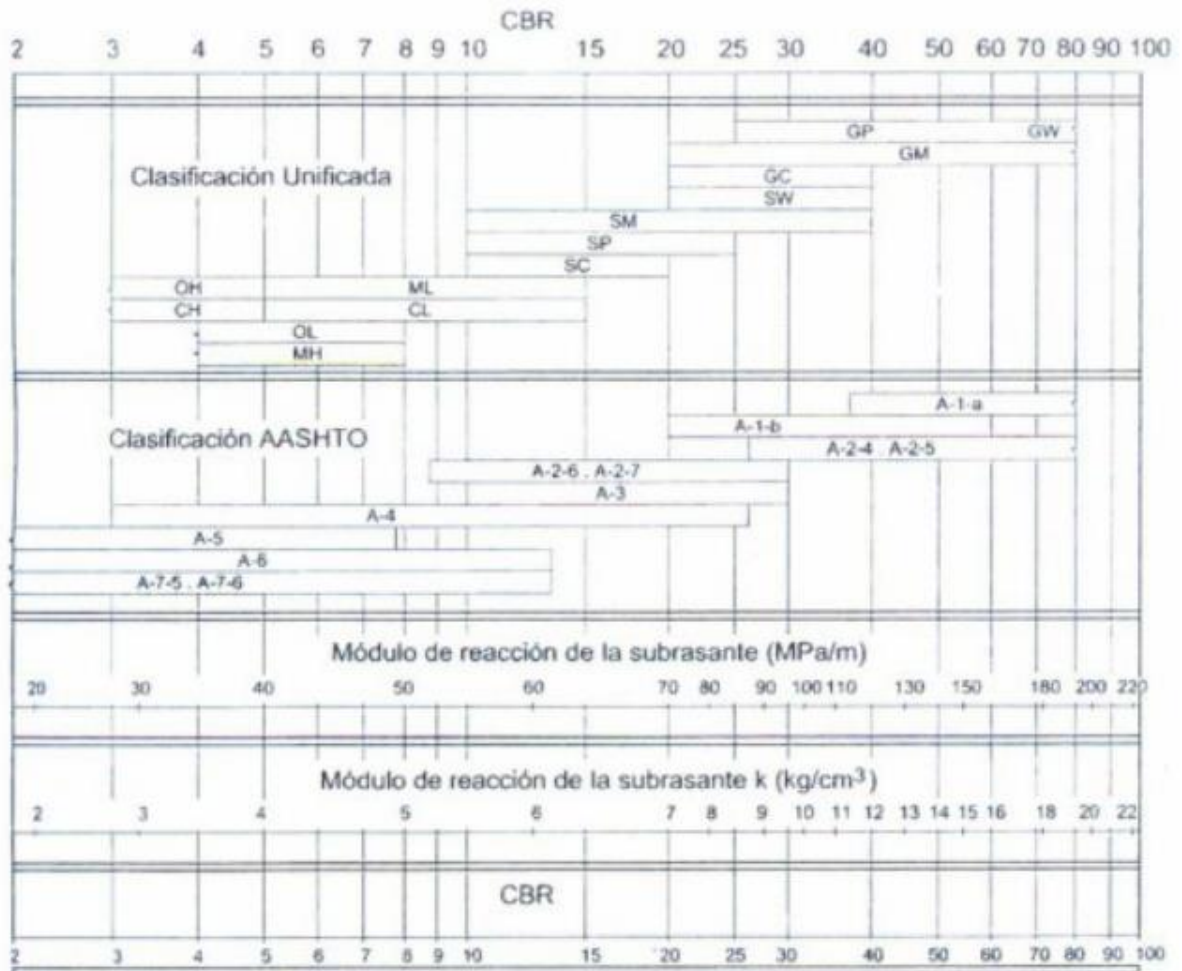
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 99% de la M.D.S. = 35.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 32.0 (%)

OBSERVACIONES:



Ing. Augusto Nieto Negoro
 MTC E 132-2000

Anexo 4. Correlación de los módulos de reacción con el CBR, según el método AASHTO 93.



Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos
 Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie, PCA 1971

Anexo 5. Reporte de similitud en software Turnitin

Informe de tesis: Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024

ÁLAMO MARTÍNEZ, CESAR ARTURO (ORCID:0000-0003-3702)

LLANCA NIETO, CRISPOLO (ORCID: 0000-0003-3438-165X)

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document content is from Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. The thesis title is 'Propuesta de diseño de pavimento rígido y obras de arte en el Jr. Arenales, Provincia de Huaraz, Ancash, 2024'. The authors are listed as ALAMO MARTÍNEZ, ARTURO CESAR (ORCID: 0000-0003-3702) and LLANCA NIETO, CRISPOLO (ORCID: 0000-0003-3438-165X). The advisor is MG. ING. CARLA GRISELLE POMA GONZALEZ (ORCID: 0009-0009-0867-8055). The research line is 'DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL' and the university's social responsibility line is 'CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE'. The location is 'HUARAZ - ANCASH - PERU' and the year is '2024'. The right sidebar shows a 'Resumen de coincidencias' (Summary of Similarities) with a total of 19%. A list of 11 sources is provided with their respective similarity percentages: 1. hdl.handle.net (8%), 2. Entregado a Universidad... (3%), 3. repositorio.uv.edu.pe (2%), 4. Entregado a Escuela S... (1%), 5. repositorio.unasam.edu... (<1%), 6. www.repositorio.unas... (<1%), 7. geotecniamecanicas... (<1%), 8. tesis.uasm.edu.pe (<1%), 9. tesis.unat.edu.pe (<1%), 10. repositorio.unu.edu.pe (<1%), 11. biblioteca.digita.una... (<1%).

Anexo 6. Análisis complementario

Resultados N° 01: para el primer objetivo específico. Evaluar las características geotécnicas del suelo en el Jr. Arenales de Huaraz, Ancash en 2024.

Determinación del contenido de humedad de suelo (MTC E108)

DATOS DE LA MUESTRA

| | | |
|----------|------------------------|----------------------------|
| Calicata | Progresiva: Km: 00+580 | Material: Subrasante |
| C-1 | Muestra: mab_1 | Profundidad: 0.00 – 1.50 m |

MUESTRA (M-1):

Peso suelo húmedo + contenedor: $M_{cws} = 291.79 \text{ gr}$

Peso suelo seco + contenedor: $M_{cs} = 267.62 \text{ gr}$

Peso del contenedor: $M_c = 30.49 \text{ gr}$

Peso partículas sólidas: $M_s = M_{cs} - M_c = 267.62 - 30.49 = 237.13$

Peso del agua: $M_w = M_{cws} - M_{cs} = 291.79 \text{ gr} - 267.62 \text{ gr} = 24.17 \text{ gr}$

Contenido de humedad en (%): $W1 = \frac{M_w}{M_s} * 100 = \frac{24.17}{237.13} * 100 = 10.19\%$

MUESTRA (M-2):

Peso suelo húmedo + contenedor: $M_{cws} = 302.19 \text{ gr}$

Peso suelo seco + contenedor: $M_{cs} = 278.13 \text{ gr}$

Peso del contenedor: $M_c = 30.80 \text{ gr}$

Peso partículas sólidas: $M_s = M_{cs} - M_c = 278.13 \text{ gr} - 30.80 \text{ gr} = 247.33 \text{ gr}$

Peso del agua: $M_w = M_{cws} - M_{cs} = 302.19 \text{ gr} - 278.13 \text{ gr} = 24.06 \text{ gr}$

Contenido de humedad en (%): $W2 = \frac{M_w}{M_s} * 100 = \frac{24.06}{247.33} * 100 = 9.73\%$

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = \frac{W1 + W2}{2} = \frac{10.19\% + 9.73\%}{2} = 10\%$$

Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107)

Tabla: clasificación de suelos

| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | Prefijo |
|---------------|---------|--------------------------|---------|
| Grava | G | Bien graduado | W |
| Arena | S | Pobrementemente graduado | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Baja Plasticidad | L |
| | | Alta Plasticidad | H |

Tabla: malla #200

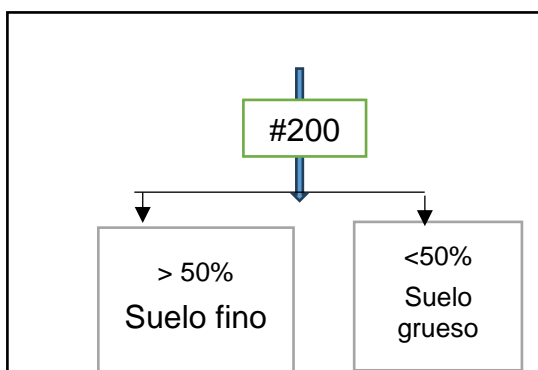


Tabla: malla # 4

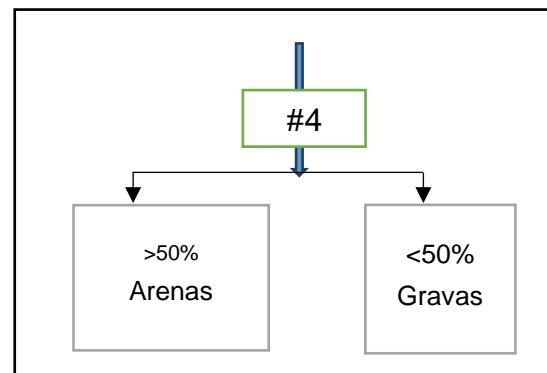


Tabla: condiciones de granulometría

| |
|--------------------------------|
| SW: $Cu > 6; 1 \leq Cc \leq 3$ |
| GW: $Cu > 4; 1 \leq Cc \leq 3$ |

SW: Arena bien graduada

GW: Grava bien Graduada

Cu: Coeficiente de uniformidad

Cc: Coeficiente de curvatura

Tabla: datos de laboratorio del suelo

| N° malla | % retenido acumulado | % Pasa |
|----------|----------------------|--------|
| 4 | 52.60 | 47.40 |
| 40 | 55 | 45 |
| 200 | 88.52 | 11.48 |

$$D60_{(mm)} = 11.999$$

$$D30_{(mm)} = 0.858$$

$$D10_{(mm)} = 0.060$$

Coeficiente Uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{11.999}{0.060} = 199.99$$

Coeficiente de curvatura (Cc):

$$\frac{(D30)^2}{(D10 * D60)} = \frac{(0.858)^2}{(0.060 * 11.999)} = 1.02$$

Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad

Determinación del Límite Líquido, MTC E110

Tabla: Datos de Laboratorio

| | | | |
|--------------|----|----|----|
| N° de Golpes | 15 | 24 | 34 |
|--------------|----|----|----|

| | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| P. Suelo Húmedo + Rec | 30.08 | 30.49 | 50.16 |
| P. Suelo Seco + Rec | 27.20 | 27.59 | 47.04 |
| Peso del Recipiente | 16.73 | 16.66 | 35.06 |
| Peso Suelo Seco | 10.47 | 10.93 | 11.98 |
| Peso del Agua | 2.88 | 2.90 | 3.12 |
| C. de Humedad % | 27.51 | 26.53 | 26.04 |

Fuente: Elaboración Propia

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{(W_{sh}) - (W_{ss})}{(W_{ss}) - W_{rec}} * 100\% = LL$$

Wsh: Peso Suelo Húmedo + Rec

Wsh: Peso Suelo Seco + Rec

Wrec: peso del recipiente

$$LL_{15 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{30.08 - 27.20}{27.20 - 16.73} * 100\% = 27.51\%$$

$$LL_{24 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{30.49 - 27.59}{27.59 - 16.66} * 100\% = 26.53\%$$

$$LL_{34 \text{ golpes}} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{50.16 - 47.04}{47.04 - 35.06} * 100\% = 26.04\%$$

$$LL = \frac{LL_{15 \text{ golpes}} + LL_{24 \text{ golpes}} + LL_{34 \text{ golpes}}}{3} = \frac{27.51 + 26.53 + 26.04}{3} = 27\%$$

Determinación de Limite Plástico, MTC E111

Tabla: Datos de laboratorio de Limite Plástico

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| P. Suelo Húmedo +Rec. | 21.97 | 27.76 |
| P. Suelo Seco + Rec. | 20.15 | 25.91 |
| Peso del Recipiente | 10.53 | 16.14 |
| Peso Suelo Seco | 9.62 | 9.77 |
| Peso del agua | 1.82 | 1.85 |
| C. de Humedad % | 18.92 | 18.94 |

$$LP = \frac{C, de Humedad + C. humedad 2}{2} = \frac{18.92 + 18.94}{2} = 19\%$$

Determinación de Índice de Plasticidad, MTC E111

$$IP = LL - LP = 27\% - 19\% = 8\%$$

Compactación de Suelos en el laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) 2700 kN-m/m³ – 56000 pies-lb/pie² (MTC E115)

Tabla: Datos de peso y volumen de la muestra obtenido en laboratorio

| | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Masa suelo Húmedo + molde | gr | 7020.3 | 7391.5 | 7642.7 | 7652.3 | 7461.3 |
| Masa del molde | gr | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 | 2830.2 |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4190.1 | 4561.3 | 4812.5 | 4822.1 | 4631.1 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 | 2120.5 |
| Densidad Húmeda Compactada | gr/cm ³ | 1.976 | 2.151 | 2.269 | 2.274 | 2.184 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Cálculo de Humedad óptimo, densidad seca y peso unitario seco compactada

| | | | | | | |
|---|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Masa suelo Húmedo + recipiente | gr | 297.35 | 340.08 | 334.81 | 314.30 | 308.21 |
| Masa del suelo seco + recipiente | gr | 292.02 | 326.31 | 313.66 | 286.14 | 275.30 |
| Masa del recipiente | gr | 29.76 | 30.80 | 30.49 | 30.92 | 30.22 |
| Masa del agua | gr | 5.33 | 13.77 | 21.15 | 28.16 | 32.91 |
| Masa del suelo seco | gr | 262.26 | 295.51 | 283.17 | 255.22 | 245.08 |
| Contenido de Humedad | % | 2. | 4.7 | 7.5 | 11.0 | 13.4 |
| Densidad seca compactada | Gr/cm ³ | 1.94 | 2.06 | 2.11 | 2.06 | 1.93 |
| Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm ³) | | | | | | 2.11 |
| Peso Unitario Seco Compactado (kN/m ³) | | | | | | 20.70 |
| Humedad Óptima (%) | | | | | | 8.0 |

Fuente: Elaboración propia

CBR (Relación de soporte de California) de Suelos Compactados en el Laboratorio (MTC E 132)

COMPACTACIÓN

| MOLDE | 1 | 2 | 3 | | | |
|------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Altura Molde mm. | 124 | 120 | 120 | | | |
| N° Capas | 5 | 5 | 5 | | | |
| N°Golp x Capa | 12 | 26 | 55 | | | |
| Cond. Muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |

| | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| P. Húm. + Molde | 12795.70 | 12888.70 | 12753.40 | 12887.50 | 12622.90 | 12840.20 |
| Peso Molde (gr) | 7929.80 | 7929.80 | 7994.10 | 7994.10 | 8042.90 | 8042.90 |
| Peso Húmedo (gr) | 4865.90 | 4958.90 | 4759.30 | 4893.40 | 4580.00 | 4797.30 |
| Vol. Molde (cc) | 2134.30 | 2134.30 | 2123.10 | 2123.10 | 2125.70 | 2125.70 |
| Densidad H.(gr/cc) | 2.28 | 2.32 | 2.24 | 2.30 | 2.15 | 2.26 |
| Contenido de Humedad | | | | | | |
| P. Húmedo + recipiente | 276.88 | 307.98 | 277.72 | 282.30 | 287.95 | 308.17 |
| Peso Seco + recipiente | 258.74 | 286.44 | 258.33 | 262.39 | 269.44 | 284.55 |
| Peso del recipiente | 30.98 | 30.47 | 30.88 | 30.77 | 30.67 | 30.38 |
| Peso del Agua (gr) | 18.14 | 21.54 | 19.39 | 19.91 | 18.51 | 23.62 |
| Peso del suelo seco (g) | 227.76 | 255.97 | 227.45 | 231.62 | 238.77 | 254.17 |
| Cont. Humedad (%) | 7.96% | 8.42% | 8.52% | 8.60% | 7.75% | 9.29% |
| Cont.Hum. Prom. | 7.96% | 8.42% | 8.52% | 8.60% | 7.75% | 9.29% |
| Densidad unitario seco (g/cm3) | 2.11 | 2.14 | 2.07 | 2.12 | 2.00 | 2.06 |
| Datos del ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 2.11 gr/cm3 C.H.O. = 8.00% | | | | | | |

INMERSIÓN

Sobre de saturación = 4.54 Kg

| Fecha | Tiempo | Dial | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
|------------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 21/05/2024 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.00 |
| 22/05/2024 | 24 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.001 | 0.025 | 0.00 |
| 23/05/2024 | 48 | 0.001 | 0.025 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 |
| 24/05/2024 | 72 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.003 | 0.050 | 0.10 |
| 25/05/2024 | 96 | 0.002 | 0.050 | 0.00 | 0.003 | 0.003 | 0.00 | 0.003 | 0.003 | 0.10 |

PENETRACION

Sobre Carga de Penetración = 4.54 Kg

| PENETRACION (mm) | CARGA STAND. | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|------------------|--------------|------------|--------|------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|--------|------------|----|
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % | Dial (div) | kg | kg | % |
| 0.000 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | |
| 0.625 | | 24 | 110.9 | | | 12 | 67.8 | | | 6 | 46.2 | | |
| 1.250 | | 56 | 226 | | | 49 | 200.8 | | | 35 | 150.5 | | |
| 1.875 | | 11 | 423.7 | | | 82 | 355.4 | | | 72 | 283.5 | | |
| 2.540 | 70.31 | 121 | 567.5 | 502.7 | 36.4 | 111 | 423.7 | 372.8 | 27.00 | 88 | 333.8 | 303.5 | 22 |
| 5.080 | 105.46 | 259 | 955.8 | 965.6 | 46.6 | 186 | 693.3 | 711 | 34.30 | 154 | 578.3 | 559.3 | 27 |
| 7.500 | | 368 | 1347.7 | | | 273 | 1006 | | | 198 | 736.5 | | |
| 10.000 | | 461 | 1682 | | | 354 | 1207 | | | 245 | 905.5 | | |
| 12.500 | | 522 | 1901.3 | | | 419 | 1531 | | | 280 | 1031.3 | | |

Relación de soporte de California (C.B.R) (MTC E 132 – 2000)

Método de Compactación

: ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.11
 Optimo Contenido de Humedad : 8.00
 95% Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.00

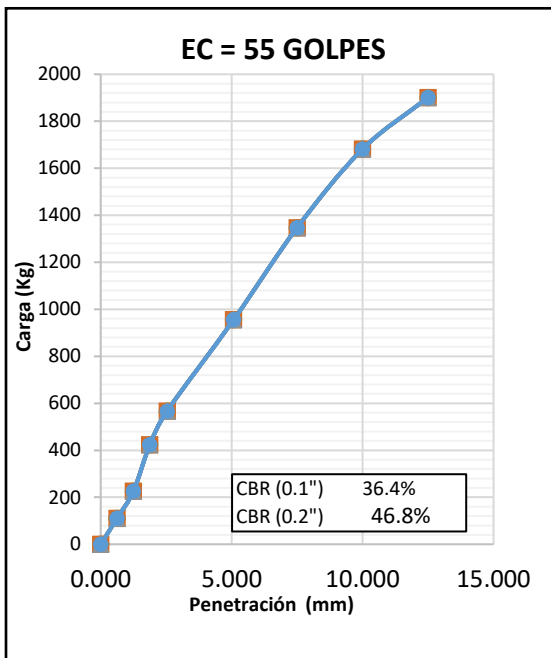
| | | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 35.9 | 0.2" : 46 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 22.0 | 0.2" : 27.1 |

Resultado:

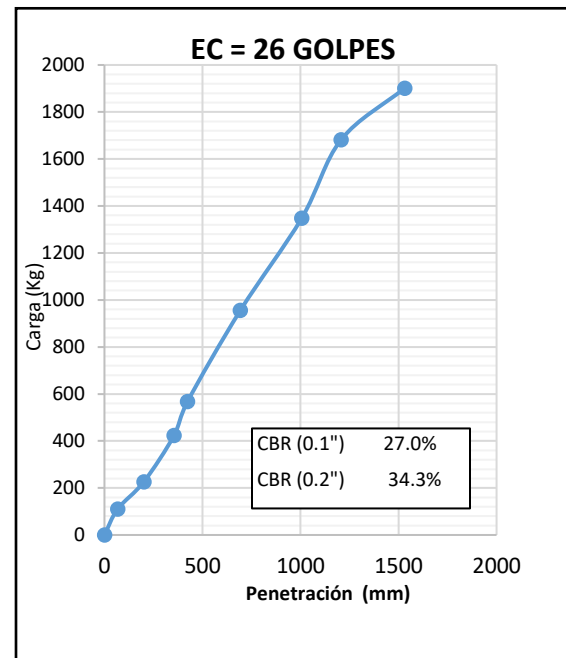
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 35.9 (%)

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 22.0 (%)

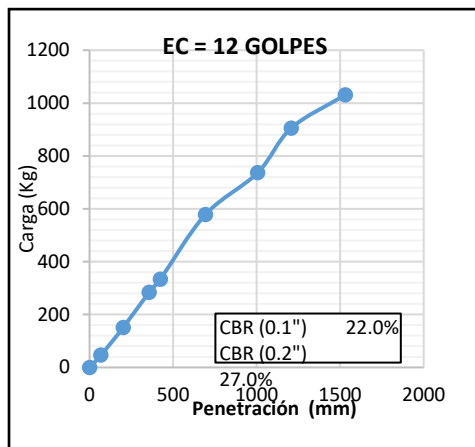
Gráfica: EC de 55 Golpes



Gráfica: EC de 26 golpes



Gráfica: EC = 12 golpes



Fuente: Elaboración propia

Resumen de conteo y clasificación vehicular (METODO AASHTO)

Tabla: Resumen de conteo y clasificación vehicular (MÉTODO AASTHO)

| Sent | VEHICULOS LIGEROS | | | | BUS | | CAMIONES UNITARIOS | | | SEMITRAILER | | | | TOT AL | % |
|------------|-------------------|--------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|------------|--------|
| | Autos | Moto lineal | Moto taxi | Micros | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2 S2 | 2S3 | 3S1/3 S2 | >=3S 3 | | |
| E | 233 | 320 | 80 | 11 | 20 | 0 | 90 | 17 | 2 | 13 | 5 | | 5 | 796 | 49.4 % |
| S | 229 | 343 | 72 | 3 | 21 | 0 | 100 | 19 | 2 | 7 | 16 | | 3 | 815 | 50.6 % |
| TOTAL | 462 | 663 | 152 | 14 | 41 | 0 | 190 | 36 | 4 | 20 | 21 | | 8 | 1611 | |
| % | 28.68 % | 41.15 % | 9.44 % | 0.87 % | 2.55 % | 0.00 % | 11.79 % | 2.23 % | 0.25 % | 1.24 % | 1.30 % | | 0.50 % | 100.0 % | |
| IMDs | 66 | 94.71428 571 | 21.714 29 | 2 | 5.857 14 | 0 | 27.14 29 | 5.142 86 | 0.571 43 | 2.857 14 | 3 | | 1.142 86 | 230.1 43 | |
| K | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | |
| IMDa | 66 | 94.71428 571 | 21.714 29 | 2 | 5.857 14 | 0 | 27.14 29 | 5.142 86 | 0.571 43 | 2.857 14 | 3 | | 1.142 86 | 230.1 43 | |
| IMD | 66 | 95 | 22 | 2 | 7 | 2 | 27 | 4 | 1 | 3 | 3 | | 1 | 233 | |

Fuente: elaboración propia

IMDS = Índice media diaria semanal

IMDA = Índice media diaria anual

K = 1 (Factor de corrección)

$$\text{IMDs} = \frac{\text{Suma total de vehículos}}{7}$$

K= Factor de corrección

$$\text{IMDa} = \text{IMDs} * K$$

Tabla: cálculo de ESAL

| Tipo de Vehículo | VEHICULOS LIGEROS | | | | | | | | BUS | | | | CAMIONES UNITARIOS | | | | | | SEMITRAILER | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|
| | Autos | | Moto lineal | | Moto taxi | | Micros | | 2E | | 3E | | 2E | | 3E | | 4E | | 2S1/2S2 | | | 2S3 | | | 3S1/3S2 | | | >=3S3 | | |
| | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | po st. | del ant. e. | ce ntr. o. | po st. | del ant. e. | ce ntr. o. | po st. | del ant. e. | ce ntr. o. | po st. | del ant. e. | ce ntr. o. | po st. |
| CAR GA | 1 | 8 | 0.2 | 0.18 | 0.3 | 0.28 | 2 | 3 | 7 | 11 | 7 | 16 | 7 | 11 | 7 | 18 | 7 | 23 | 7 | 11 | 18 | 7 | 11 | 25 | 7 | 18 | 18 | 7 | 18 | 25 |
| Lx (kips) | 2.2059 | 7647 | 0.5515 | 3971 | 0.8382 | 6177 | 4.4118 | 6177 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 | 15.441 | 2694 |
| no | 66 | 66 | 95 | 95 | 22 | 22 | 2 | 2 | 7 | 7 | 2 | 2 | 27 | 27 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| r% | 0.045 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Gt | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 |
| L2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| B18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bx | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| log(W _{bt} /W _t) | 3.5704 | 8674 | 5.0266 | 2369 | 4.6863 | 9428 | 2.5198 | 8338 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.366 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.366 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 | 0.2902 | 0.572 |
| G = W _w /W _{tx} | 0.0003 | 0.0003 | 9E-06 | 6E-06 | 2E-05 | 0.0005 | 0.0003 | 0.0003 | 0.5126 | 30.7 | 0.5126 | 32.15 | 0.5126 | 30.7 | 0.5126 | 32.15 | 0.5126 | 30.7 | 0.5126 | 32.15 | 0.5126 | 30.7 | 0.5126 | 32.15 | 0.5126 | 30.7 | 0.5126 | 32.15 | 0.5126 | 32.15 |
| G Y | 31.371 | 31.71 | 29.778 | 29.78 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 | 26.870 |
| ESAL | 101.62 | 101.78 | 4.856 | 9918 | 2.2216 | 2307 | 29.632 | 3.632 | 175.96 | 80.63 | 502.75 | 76.9 | 678.71 | 39.58 | 117.39 | 8.8 | 278.58 | 03.7 | 754.12 | 88.4 | 24.9 | 754.12 | 88.4 | 30.6 | 0 | 0 | 0 | 251.37 | 08.3 | 43.5 |
| PARCIAL | 337.629552 | | | | | | | | 173455.6028 | | | | 683508.9768 | | | | | | 297437.2605 | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 1154739.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Determinación del espesor de pavimento con la formula AASHTO

$$\log_{10} W_{82} = z_r S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) *$$

$$\log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}}} \right)$$

Dónde:

W_{82} = Numero previsto de ejes de 8.2 toneladas métricas a lo largo del periodo de diseño

z_r = Desviación normal estándar

S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = Espesor de pavimento de concreto en milímetros

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = Resistencia media del concreto en (Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)

C_{dx} = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de trasmisión de cargas en las juntas

E_c = Modulo de elasticidad del concreto en (Mpa)

E_c = Modulo de reacción dado en (Mpa/m) de la superficie (base o sub base de la sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

DATOS:

| | | | |
|---------------|------|--------|-------------------------------------|
| $K =$ | 80 | Mpa /m | $S_o = 0.32$ |
| | 2149 | | |
| $E_c =$ | 5 | Mpa | $R = 80 \% \Rightarrow ZR = -0.841$ |
| $S'c = M_r =$ | 3.77 | Mpa | $P_t = 2$ |
| | | | ΔPS |
| $J =$ | 2.5 | | $I = 2.5$ |
| | | | $W80 \quad \times 10$ |
| $C_d =$ | 0.90 | | $= 7.44 \quad ^6$ |

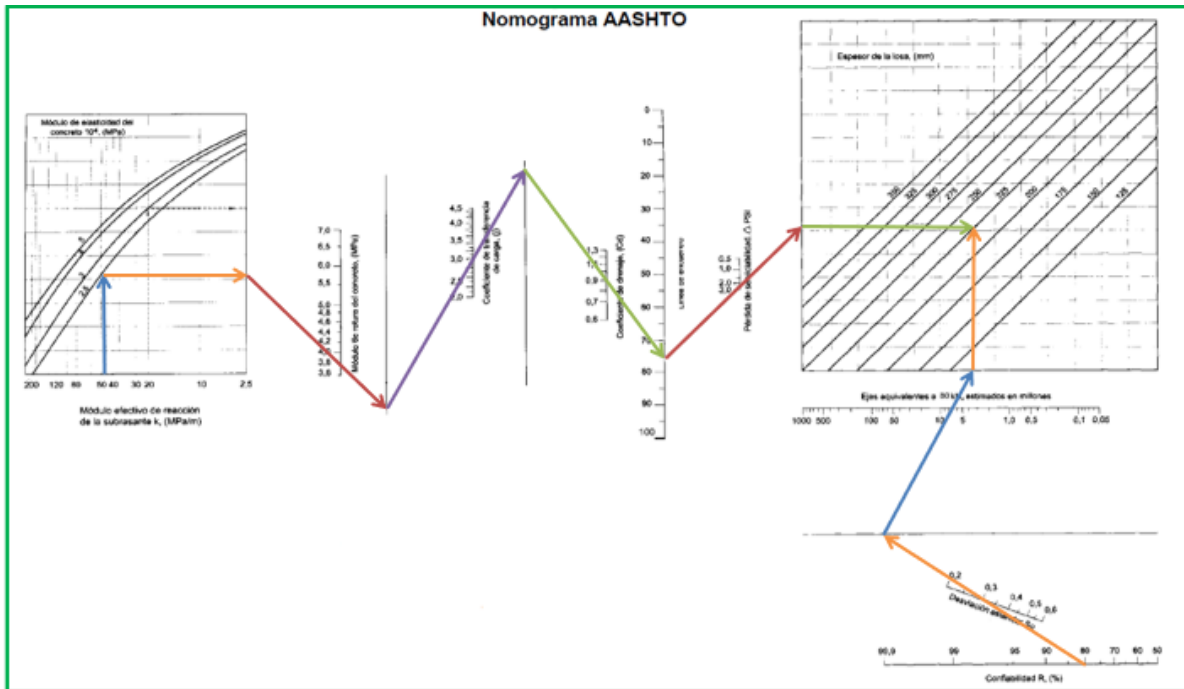
$D = 200.00 \text{ mm}$

RESOLVIENDO:

| Primer miembro = | Segundo miembro |
|------------------|--|
| | - |
| | 0.269 7.23996 0.07443 0.13959 |
| 6.87 = | 12 + 2285 + 6124 + 218 |
| 6.87 = | 6.87 |

OK

Imagen: Calculo de espesor de pavimento mediante monograma de AASHTO



Fuente: Elaboración propia en base del monograma de AASHTO

Cálculos complementarios para alcantarillado pluvial

Peralte Mínimo del alcantarillado:

$$Peralte\ Minimo = \frac{S + 3.05}{30} = 0.12 \text{ entonces es a: } 0.20m$$

Cargas para un ancho de un metro de losa tapa alcantarilla

Peso propio losa (WD1) = 480.00 kg/m

P1 = P/2 = 7265Kg

Cálculo de la carga viva por metro lineal en tapa de alcantarilla

Primero cálculo de E para un carril: $E = 250mm + 0.42\sqrt{S:W} = 914.08mm$

Segundo cálculo de E para dos carriles: $E = 2100\ mm + 0.12\ \sqrt{S:W} \leq \frac{W}{NL}$

$$E = 2289.74mm < 2500mm$$

El ancho escogido es el menor con la finalidad de magnificar la carga viva

$$E = 914.08 \cong 0.91m$$

Presión ejercida por la llanta del camión HL _ 90 sobre la tapa de la alcantarilla considerando el ancho de influencia de la carga

$$\sigma = \frac{P_1}{L.E} = 15896\ kg/m^2$$

Carga por metro lineal sobre la luz del puente losa es:

$$W_{L1} = \frac{P_1}{E} = 14530.00\ Kg/m$$

Carga total de distribución

$$W_{D1} + W_{L1} = 15010.00kg/m$$

Peso del agua: $W_{Agua1} + \gamma_{Agua} = 700kg/m$

Peso propio de la base: $e = 0.20m$ $L = 3.40 m$

$$W_{D2} = 480.00kg/m$$

Diseño de losa superior de alcantarillado (puente losa) – estado límite de Resistencia

Momento máximo: 4066.20kg-m

Sentido longitudinal (acero principal)

$$Mu = 0.95(1.25 \cdot M_{DC} + 1.75(M_{LL} + M_{LM}) + \gamma_P \cdot M_{EH})$$

$$Mu = 0.95 * M \text{ max de envolvente}$$

$$Mu = 3862.89 kg/m$$

$b = 0.50m$, $h = 0.20$; $rec. = 0.04m$ y $d = 16cm$

$$K_U = \frac{M_U}{b \cdot d} = 30.18 Kg/cm^2$$

$$K_U = \phi \cdot f'_c \cdot W \cdot (1 - 0.59W)$$

$$30.18 = 0.90 \cdot 210 \cdot W(1 - 0.59W)$$

$$0.1597 = W - 0.59W^2$$

$$W = 0.1785$$

$$\rho = W \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0.00892 \quad 0.00150 \quad \rho_{\min} = 0.03 \cdot \frac{f'_c}{f_y} =$$

$$\rho = 0.00892$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 7.14 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto: es 6 Φ 1/2

Acero Longitudinal:

$$c = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b} =$$

$$4.21 \text{ cm} \quad \frac{c}{d} = 0.26 < 0.42$$

Entonces acero longitudinal es Φ 1/2@ 0.08m

Sentido transversal (acero de distribución) por metro lineal

$$\frac{100}{\sqrt{L}} \leq 50\% \text{ entonces } 141.42\% > 50\%$$

$$A_{SD} = 3.80 \text{ cm}^2 \text{ entonces } 6\Phi \text{ 3/8"}$$

Entonces acero transversal es Φ 3/8@ 0.15m

Refuerzo de contracción y temperatura, por metro lineal

$$b = 1.00 \text{ m} \quad d = 0.16 \text{ m}$$

$$\rho_{temp} = 0.0018$$

$$\rho_{s \text{ temp}} = 0.0018b.d = 2.88\text{cm}^2 \text{ entonces } 5\Phi 3/8''$$

Entonces acero transversal es $\Phi 3/8'' @ 0.20\text{m}$

Diseño de paredes laterales y losa inferior por metro lineal

Paredes:

Momento máximo: 3285.64kg-m

Sentido longitudinal (acero principal)

$$M_u = 0.95(1.25.M_{DC} + 1.75(M_{LL} + M_{LM}) + \gamma_P * M_{EH})$$

$$M_u = 3285.64 \text{ kg/m}$$

b= 0.50m, h=0.15; rec.= 0.040m y d= 0.110cm

$$K_U = \frac{M_U}{b.d} = 54.31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K_U = \phi \cdot f'_c \cdot W \cdot (1 - 0.59W)$$

$$54.31 = 0.90 \cdot 210 \cdot W(1 - 0.59W)$$

$$0.2873 = W - 0.59W^2$$

$$W = 0.03667$$

$$\rho = W \cdot \frac{f'_c}{f_y} =$$

$$0.01833 \quad 0.00150 \quad \rho_{\min} = 0.03 \cdot \frac{f'_c}{f_y} =$$

$$\rho = 0.01833$$

$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 10.08\text{cm}^2$, Por lo tanto: es $8\Phi 1/2$

$\Phi 1/2'' @ 0.06 \text{ m}$

Por procedimiento constructivo se considera $\Phi 1/2'' @ 0.15 \text{ m}$

Acero Transversal = $\Phi 3/8'' @ 0.33 \text{ m}$

Losa inferior (base)

Momento máximo de diseño de base: 4407.58 kg – m

$$K_u = 72.85 \text{ Kg/cm}^2 \quad \square$$

W= 0.5928

Acero Longitudinal: $\Phi 1/2'' @ 0.05 \text{ m}$

Por procedimiento constructivo se considera $\Phi 1/2'' @ 0.15 \text{ m}$

Acero Transversal: $\Phi 3/8'' @ 0.33 \text{ m}$

Anexo 7. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

 **Municipalidad Provincial
HUARAZ**

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Huaraz, 21 de marzo de 2024

CARTA 000128-2024-MPHZ/GDUR/SGEO

SR. ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR
ADMINISTRADO

Prescribe:

ASUNTO : SOBRE SOLICITUD DE CALICATAS PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

REFERENCIA : (1) INFORME N° 22-2024-MPH-GDUR-SGEO/NGHC
(2) OIRA "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JIRON AREMALES, LOS LIBERTADORES Y PASAJE HUARAZ DEL BARRIO D CHALLIHA DEL DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH".

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para saludarlo cordialmente y a su vez comunicarle en referencia a la solicitud presentada con ED-14780, sobre la autorización de la realización de calicatas para el desarrollo de estudios de laboratorio en, mecánica de suelos con fines académicos, en el JR. AREMALES, LOS LIBERTADORES Y PASAJE HUARAZ DEL BARRIO DE CHALLIHA DEL DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH", y según el informe de referencia (1) se autoriza la realización de calicatas con fines de sustentación de tesis del administrado.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente:

 **Humberto Carrasco Nestor Guillerman**
Firma Electrónica
Fecha: 21/03/2024 09:28:40 AM
Código de Verificación: 642043

ED-14780-1

**UNIDOS
TODOS SOMOS
HUARAZ**

Esta es una copia auténtica/imprimible de un documento electrónico archivado por la Municipalidad Provincial de Huaraz, aplicando la disposición por el Art. 35 del D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web <https://municipalidadprovincialdehuaraz.gob.pe/evid> ingresando el siguiente código de verificación 642043

Municipalidad Provincial
HUARAZ

#Unidos todos somos Huáraz

Exp.

Huáraz, 21 de marzo del 2024.

INFORME N° 22-2024-MPH-GDUR-SGEO/INGHC.

DE : Ing. IVAN F. COLONIA BARRIENECHA
Especialista IV

A : Ing. NESTOR GUILLERMO HUANEY CARRANZA
Sub Gerente de Obras

ASUNTO : SOLICITUD DE REALIZACIÓN DE CALICATAS PARA SUSTENTACION DE TESIS, LA EJECUCION DE LA OBRA: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JIRON ARENALES, LOS LIBERTADORES Y PASAJE HUARAZ DEL BARRIO DE CHALLHUA DEL DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH". JR. ARENALES.

REFERENCIA:

a) CED- 14780 –ADMINISTRADO: ALAMO MARTINEZ ARTURO CESAR

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, y a la vez informar dada la solicitud del administrado (referencia a) a la autorización de la realización de calicatas para el desarrollo de estudios de laboratorio en mecánica de suelos CON FINES ACADÉMICOS, en el Jr. Arenales, que forma parte del proyecto: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JIRON ARENALES, LOS LIBERTADORES Y PASAJE HUARAZ DEL BARRIO DE CHALLHUA DEL DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH", bajo el compromiso de restaurar la subrasante como se encuentra inicialmente, es posible AUTORIZAR LA REALIZACION DE CALICATAS CON FINES DE SUSTENTACION DE TESIS, del administrado, es cuanto informo para los fines pertinentes

Atentamente,




#Huáraz

Av. Luzuriaga N° 734 – Plazo de Armas
Tel: Central (043) 421661

Anexo 8. Otras evidencias

Donde se incluirá fotografías, planos, documentos o cualquier otro que ayude a esclarecer más la investigación.

Fotográfico

Imagen N° 01: se observa Levantamiento topográfico en la primera cuadra en el Jr. Arenales



Imagen N° 02: se observa Levantamiento topográfico en la segunda cuadra en el Jr. Arenales



Imagen N 3: Excavación de calita para extraer muestra



Imagen N° 04: se observa estrado de suelo a 1.50 m de profundidad



Imagen N 5: Se observa trabajo de granulometría en laboratorio



Imagen N 6: se observa tamiz de diferentes medidas



Imagen N 7: Se observa trabajo en laboratorio



Imagen N 8: Se observa trabajo de determinación de CBR



Imagen N 9: Se observa trabajo de saturación de la muestra



Imagen N 10: Se observa trabajo de secado de muestra

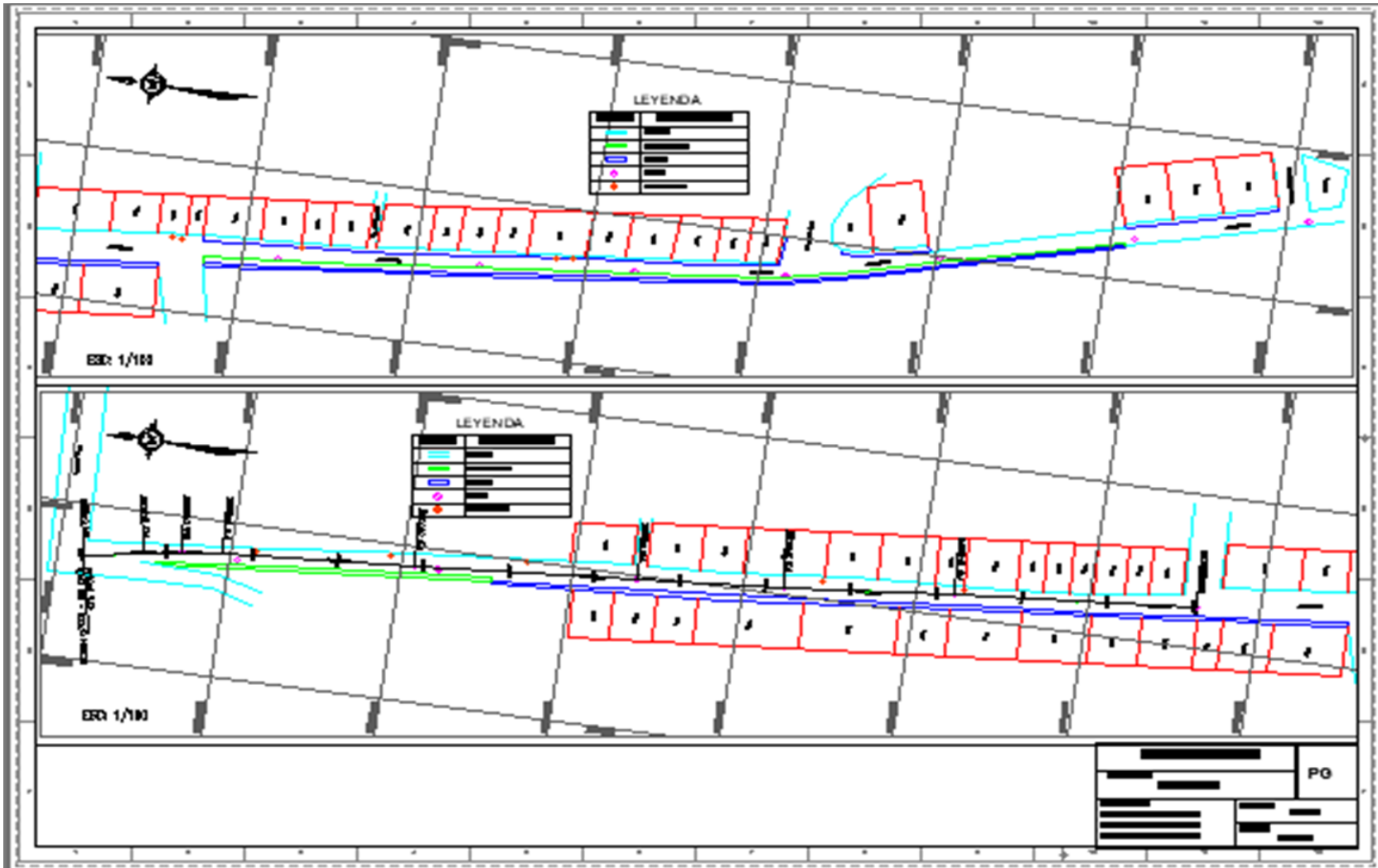


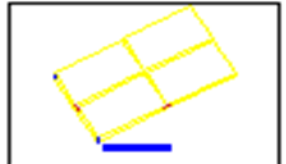
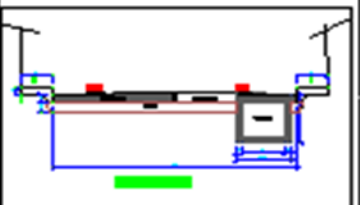
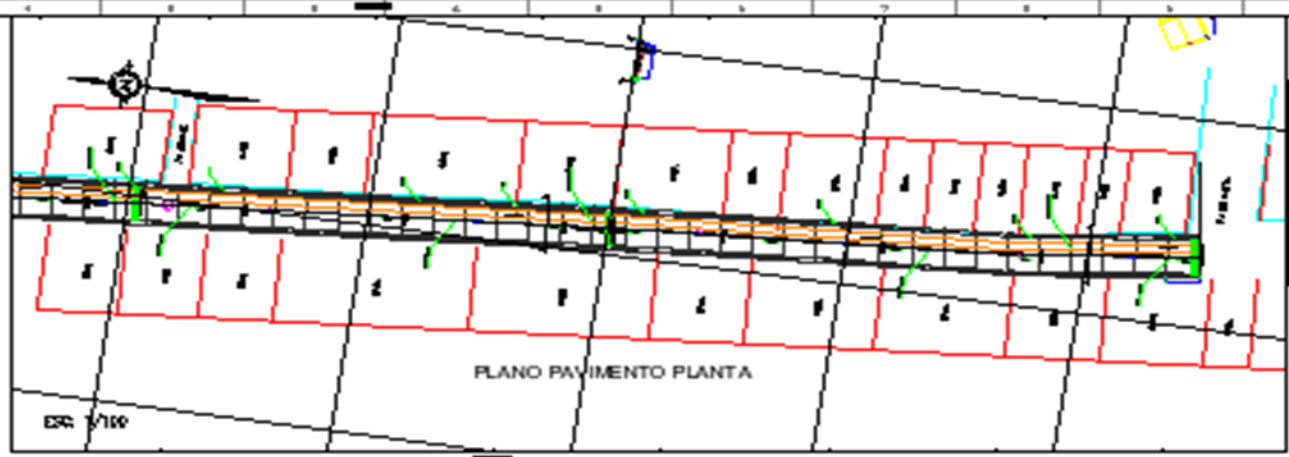
Imagen N 11: Se observa trabajo de pesada muestra seca



Imagen N 12: Se observa verificando tamices de diferentes mallas







| | |
|-------|-------|
| _____ | PPP1 |
| _____ | |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |

