



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño estructural de pavimento rígido usando el método  
AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Cruz Dionicio, María Elisa (ORCID: 0000-0002-0345-3350)

**ASESOR:**

Mg. Dolores Anaya, Dante (ORCID: 0000-0003-4433-8997)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

HUARAZ – PERÚ

2022

### **Dedicatoria**

Este estudio está dedicado a mis progenitores Genaro Elías y María quienes me motivaron a estudiar y ser profesional, también a mis hermanos Jeison y Jefferson por su apoyo moral, gracias.

### **Agradecimiento**

Nuestro eterno agradecimiento especial a nuestra Universidad, por darnos nuevas enseñanzas en cuanto a investigación.

A nuestro docente por sus sabias enseñanzas.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2 Variables y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo .....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXO.....	43

## Índice de tablas

Tabla 1. Muestra 1: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 0+000 .....	16
Tabla 2. Muestra 2: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 1+000 .....	16
Tabla 3. Muestra 3: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 1+500 .....	16
Tabla 4. Propiedades físicas y mecánicas del material de cantera .....	17
Tabla 5. Volumen de tráfico promedio diario .....	18
Tabla 6. Conteo vehicular .....	19
Tabla 7. Factor direccional y de carril.....	19
Tabla 8. Factores de equivalencia de carga legal por eje y vehículo .....	20
Tabla 9. Numero de repeticiones de eje equivalente .....	21
Tabla 10. Clasificación de la vía.....	22
Tabla 11. Categorías del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos .....	22
Tabla 12. Desviación Estándar ( $S_0$ ) .....	23
Tabla 13. Factor de confiabilidad (R) .....	23
Tabla 14. Índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) .....	24
Tabla 15. Índice de serviciabilidad final ( $P_f$ ) .....	25
Tabla 16. Rango de tráfico pesado y requerimiento.....	26
Tabla 17. Subrasante (k) .....	26
Tabla 18. Espesor (H) de la sub-base.....	26
Tabla 19. Cálculo del CBR combinado por fórmula.....	27
Tabla 20. Valoración mediante la resistencia a la compresión del concreto .....	28
Tabla 21. Módulo de transferencia de carga .....	28
Tabla 22. Valoración sugerida para el coeficiente de drenaje .....	29
Tabla 23. Espesor de la losa.....	29
Tabla 24. Matriz de consistencia .....	43
Tabla 25. Operacionalización de la variable.....	44
Tabla 26. Configuración de Ejes y cargas.....	55
Tabla 27. Ecuaciones de factor de equivalencia para pavimento rígido.....	56
Tabla 28. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k .....	56
Tabla 29. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	57

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Espesor de sub base.....	17
Figura 2. Reacción de la Subrasante .....	26
Figura 3. Espesor losa de concreto.....	29
Figura 4. Interrelación aproximados entre clasificaciones de suelos y valores de soporte .....	58
Figura 5. Componentes del sistema.....	59
Figura 6. Ecuación AASHTO 1993.....	59
Figura 7. Parámetros geométricos del tramo de estudio .....	91
Figura 8. Propiedades mecánicas y estructurales de los materiales de la estructura de pavimento rígido .....	91
Figura 9. Cargas por eje y gradiente térmico .....	92
Figura 10. Las propiedades de dovelas y barras de amarre .....	92
Figura 11. Datos de trabazón de agregados .....	93
Figura 12. Afinación del mallado según la necesidad del análisis.....	93
Figura 13. Cuadro de dialogo ejecutar .....	94
Figura 14. Visualización de esfuerzos.....	94
Figura 15. Máximos esfuerzos principales en la superficie de la losa.....	95
Figura 16. Máximos esfuerzos principales en el fondo de la losa .....	95
Figura 17. Desplazamiento producto de las cargas y deformación térmica .....	96
Figura 18. Resultado de máximas y mínimas tensiones en el pavimento .....	96
Figura 19. Esfuerzos producidos en los dowells .....	97

## Resumen

La presente tesis titulada: Diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021; tuvo como objetivo determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021. La metodología conllevó a una investigación de tipo aplicada, cuyo diseño fue no experimental, transversal, descriptivo simple. Se trabajó con una población conformada por la Av. Crespo y Castillo con 1513 metros lineales; y, siendo la muestra la misma. Se obtuvo como resultado en capacidad portante de la subrasante de 3 ensayos CBR los valores de 19.34%, 16.00%, 18.33%, espesor de la subbase de 15 cm su CBR fue 44.22% y una losa de concreto de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, con espesor de 18 cm.

Se concluyó que, se empleó el 16.00% de CBR, este resultado permitió determinar el espesor de la subbase de 15 cm, y finalmente se estableció el espesor de la losa de concreto de 18 cm.

**Palabra Clave:** Diseño estructural, Pavimento rígido, método AASHTO 93.

## **Abstract**

The present thesis entitled: Structural design of rigid pavement using the AASHTO 93 method, on Crespo y Castillo Avenue, in Ambo, Huanuco 2021; had the objective of determining the structural design of rigid pavement using the AASHTO 93 method, on Crespo y Castillo Avenue, in Ambo, Huanuco 2021. The methodology led to an applied research, whose design was non-experimental, cross-sectional, simple descriptive. We worked with a population formed by Crespo and Castillo Avenue with 1513 linear meters; and the sample was the same. As a result, the bearing capacity of the subgrade of 3 CBR tests was 19.34%, 16%, 18.33%, the thickness of the subbase of 15 cm, its CBR was 44.22% and a slab of 18 cm thickness of 280 kg/cm<sup>2</sup>.

It was concluded that 16.00% of CBR was used, this result allowed to determine the thickness of the subbase of 15 cm, and finally the thickness of the concrete slab of 18 cm was established.

**Keyword:** Structural design, rigid pavement, AASHTO 93 method.

## I. INTRODUCCIÓN

El transporte es un componente clave en promover el avance de la economía, disminuir la pobreza y promover la prosperidad compartida en cualquier país; de manera similar, con políticas y recursos adecuados, el transporte tiene la capacidad de promover el desarrollo económico, ayudar a enfrentar el cambio climático y esperando a que las personas se vinculen con los servicios básicos de salud o educación. Por otro lado, se debe contar con una eficiente red vial, permitiendo que se puedan conectar con distintas rutas de transporte. Las redes viales son los elementos básicos de la política de desarrollo porque son el fiel reflejo del progreso territorial. Estos sistemas pueden considerarse potencialmente estratégicos porque actúan como indudables articuladores de espacios urbanos y regionales. (Bautista, 2018, p.125). Hoy en día uno de los problemas que aqueja nuestro país son las vías no pavimentadas o las calles que se encuentran deterioradas, en malas condiciones; Al respecto, Kyslytsyna et al. (2021) afirmaron “El uso desproporcionado de las carreteras en diferentes partes de la ciudad o áreas rurales influye en la velocidad de deterioro de la superficie de una carretera” (p.1). Así mismo, Gade et al. (2019) mencionaron que, las carreteras se están deteriorando produciendo baches, grietas, deformación por surcos debido a que vehículos pesados, sobrecargados y con alta presión de neumáticos utilizan las carreteras ordinarias, provocando lesiones fatales a los conductores. (p.98). Casos de deterioro de las pistas son las constantes lluvias en ciertos sectores. Tal es así que, Utomo et al. (2021) afirmó que, “en temporada de lluvias, muchos casos de carreteras se sumergen en el agua gracias a la ausencia de capacidad de drenaje y la mínima absorción de H<sub>2</sub>O por parte de la Subrasante” (p.1). Al respecto, Provias Nacional (2019) refirió que, para el año 2019 se tenía el 70% de la Red Vial Nacional (RVN) existente que se encontraba en buen estado; en tanto, el 30% estaba en estado regular y malo, el cual representaba el 85% de la RVN no pavimentada. Los principales motivos de esta situación son la compleja topografía y las circunstancias del clima en el lugar donde se ubican estos caminos, que dificultan seriamente el mantenimiento del entorno geográfico y ambiental, y el bajo volumen de tráfico y la conversión de caminos sin pavimentar en caminos pavimentados. (p.17). Es por ello, que, para diseñar y ejecutar vías y aceras se debe garantizar que cumpla su

finalidad de una estructura segura, confiable, y económica que garantice la serviciabilidad de la carretera en el tiempo de diseño. Se eligió el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), porque a diferencia del método PCA incorpora la variable de serviciabilidad y coeficiente de drenaje en el diseño, por ende, los resultados fueron más confiables. En el barrio de Ayancocha del distrito y provincia de Ambo, departamento de Huánuco, las calles están ubicadas a nivel de sub rasante (sin pavimentar), en temporadas de lluvias, se vuelve fangoso y encharcado, intransitable, incapaz de proporcionar suficiente tráfico vehicular y de peatones, aumentando los costos de transporte además causando daños a los vehículos que transitan por la zona, y en temporada de verano la formación de polvo con el paso de vehículos ello perjudica la salud y puede causar problemas respiratorios en los habitantes. A todo ello, es preciso desarrollar un estudio “Diseño estructural de pavimento rígido usando AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo en Ambo, Huánuco 2021”, con la finalidad de proponer una estructura vial duradero, seguro y económico. Es por ello, que esta problemática debe ser estudiada para lograr un diseño estructural óptima, planteando como **problema general**: ¿Cómo determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021? Así también, los **problemas específicos**: (a) ¿Cuál es la capacidad portante de la Subrasante, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021?; (b) ¿Cuál será el espesor de la Subbase, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021?; (c) ¿Cuál es el espesor de la losa de concreto, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021? El presente estudio se **justifica** de manera social, ya que, hoy en día, ante las necesidades que sufre la región, el gobierno nacional mediante el programa Mejoramiento Integral de Barrios (PMIB) requiere poner más énfasis en el área de pavimentación, por ello es necesario la construcción de pistas y veredas, que mejora la calidad de vida de los habitantes del barrio Ayancocha con 140 habitantes, así mismo, del distrito y provincia de Ambo; las calles que no cuentan con pavimento son: Crespo y Castillo, Santa Rosa, Pasaje Bazán Palacios, San Martín, Laura Ortega, José Pardo, Juan Velazco, Calle Frontis de la Iglesia, Los Pinos, Los fresnos, La libertad, Hugo Fiedler, Calle sin nombre y los Beneficiarios indirectos el Centro Poblado Juan José Crespo y Castillo de Ayancocha con un

total de 2,222 habitantes. Por otro lado, se justifica el efecto económico en Huánuco, debido a que es una de las ciudades con actividades de gran escala relacionadas al transporte urbano de pasajeros, incluyendo mototaxis, carros colectivos, etc., son el medio por el cual miles de personas de Huánuco mantienen su economía, y, con un buen diseño estructural no requerirán mantenimiento los pavimentos rígidos. Y se justifica de manera académica, debido a que el estudio incrementará nuestro desarrollo profesional como ingeniero civil; así mismo, servirá como base para futuras investigaciones. En cuanto al **objetivo general** se establece: Determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021. Así también, los **objetivos específicos**: (a) Determinar la capacidad portante de la Subrasante, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021; (b) Determinar el espesor de la Sub Base, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021; (c) Determinar el espesor de la losa de concreto, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

En lo que respecta a antecedentes de nivel internacional se cita a **Montes et al. (2021)** con su trabajo: Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. Tuvo como objetivo realizar una evaluación para determinar la degradación típica del pavimento rígido de Costa Rica. En los resultados, se realizó un levantamiento de degradación para cada uno de los siete proyectos para calcular el PCI (índice de condición de la carretera) de cada elemento y determinar la degradación típica. Determinándose posteriormente las propiedades climáticas y del tráfico de cada proyecto en condiciones relacionadas con el deterioro. Al final, se construyó un prototipo de predicción de deterioro inicial basado en la relación obtenida. Según las observaciones, se concluyó que, los deterioros típicos en el área de investigación con daño del sellado de juntas (21,22%), desprendimiento de agregados (13,58%), pulido de agregados (13,10%) y grietas lineales (7,08%). Del mismo modo, el deterioro está asociado con precipitación, temperatura y eje equivalente, por lo que, se sugiere que los resultados de este estudio se utilicen como base en modelos posteriores de predicción de deterioro. Por otro lado, se tiene el estudio realizado por **Pleşcan et al. (2021)** titulado: Sensitivity, analysis of rigid pavement, design based on Semi-empirical methods: Romanian, case study, cuyo objetivo fue mejorar el método de diseño, debido al proceso intensivo de construcción de carreteras o rehabilitación de pavimentos causado por un aumento en el volumen de tráfico, en el campo del diseño e investigación de pavimentos rígidos en Rumania. En los resultados, se realizó un estudio comparativo entre el método de diseño que es usado actualmente en Rumanía en el diseño de asfaltos de hormigón liso con juntas es el NP081 / 2002 y el método de Diseño Mecanismo-Empírico de Pavimentos (MEPDG), para el análisis de los datos de entrada recolectados en campo correspondientes a los tres criterios de falla, mientras se comparó la simetría de las características del material y sus espesores asimétricos, contribuyendo así a la diseño de estructuras de pavimento viables y duraderas utilizando un pavimento rígido con las Características específicas de las montañas del noreste de Rumanía en la carretera nacional DN17 Suceava-Vatra Dornei. En conclusión, el análisis realizado en este importante estudio destaca aspectos clave de la fase de diseño en el enfoque MEPDG y la posibilidad de aplicar el enfoque en otros

países donde los estándares nacionales se basan en el enfoque clásico. Desde un punto de vista práctico, el estudio presentado destaca cómo el enfoque MEPDG puede eliminar objetivamente las posibles variantes de JPCP que no satisfacen los requisitos de rendimiento estructural y funcional. En cuanto a las investigaciones nacionales, se cita la investigación de **Colque y Contreras (2021)** titulado Diseño de la infraestructura vial del pavimento rígido del Casco urbano de Cochabamba distrito de Sarin 2021, cuya finalidad fue diseñar la infraestructura vial del pavimento rígido del casco urbano de la localidad de Cochabamba. Emplearon una metodología aplicada, no experimental. Hubo una muestra de pavimento de hormigón de 3.491,27 m<sup>2</sup>,  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ ,  $e = 0,20 \text{ m}$ . Resultado fue investigaciones sobre terreno, tráfico EAL 139,265.56, mecánica del suelo, subbase de 8.00in y losa de 20 cm de 210 kg/cm<sup>2</sup>. La conclusión es que, en la investigación del terreno, hemos resumido el diseño de la línea de contorno que se utilizará para el diseño del pavimento rígido. A través de la construcción en el software de la plataforma, podemos diseñar la sección transversal para determinar el relleno. Además, se tiene a **Córdova y Cruz (2020)** quienes desarrollaron un estudio denominado Diseño estructural de pavimento rígido usando AASTHO 93, de la Av. Ramón Castilla, en Chulucanas-Morropón-Piura.2019, el objetivo fue identificar el diseño para un pavimento rígido usando AASHTO 93, en la Av. Ramón Castilla, Piura. La metodología utilizada fue descriptivo simple. Se obtuvo información de tres pruebas de laboratorio, evaluando la eficacia en función de la resistencia (CBR). El resultado de las pruebas fue 6%,16%, 47% y subbase de 15 cm de espesor y la dimensión de la losa con ESAL=1.7x10<sup>6</sup>, modelo de resistencia efectiva de la subrasante  $K=22.5 \text{ Mpa/mh}$ , resistencia del concreto a flexocompresión  $M_r=4.5 \text{ Mpa}$  fue de 15 cm de espesor. La conclusión final es que hay una media de 23% CBR, el espesor de la capa segunda de 15 cm, y la capa primera de concreto en 15 cm. La definición del **pavimento**, según Castro et al. (2021) “estructura compuesta por una o más capas de materia prima elegida, que pueden aguantar la carga impuesta por el tráfico y los efectos ambientales, y transferir la tensión y la deformación soportables al suelo de soporte” (p.29). Por otro lado, Agoes & Candra (2021) mencionaron “El pavimento sirve para proporcionar una superficie plana y lisa para los vehículos y proteger las formaciones terrestres contra los efectos

adversos de los cambios climáticos” (p.42). Desde el punto de vista estructural, el pavimento transfiere completamente la carga a la cimentación; es decir, no daña el material ni deforma excesivamente la estructura. (Guzmán et al., 2021, p.2) Según Mohod & Kadam (2016, pp.84,85), de manera general hay dos tipos primordiales de pavimento: rígido y flexible. **El pavimento rígido** es una estructura de pavimento que consiste en particular en una capa base granular, sin embargo, puede estabilizarse con una capa rodante de cemento, asfalto o cal y losas de hormigón de cemento, o en cualquier caso, aditivos. (p.2). Así mismo, Aditya et al. (2021) mencionó que, “el pavimento rígido se usa para pavimento en condiciones de terreno blando (subrasante)” (p.76). **El pavimento flexible**, se compone por un manto de partículas (capa de subbase, capa de base) y un material asfáltico (como aglutinantes, agregados y aditivos (si corresponde) como capa de ejecución. (Barreto et al., 2018, p.60). Es así que, Rabab´ah, et al. (2021) reveló que, “las fibras de vidrio podrían ser un refuerzo adecuado para la capa de subrasante para la construcción de pavimentos”. Las calicatas, se ejecutan con la finalidad de establecer las propiedades físico-mecánicas de la materia prima de la subrasante, a una hondura de 1.5 metros mínimo, el número mínimo depende del tipo de carretera, para la carretera de segunda clase con Índice medio diario anual entre 2000 a 401 veh/día son 3 calicatas por kilómetro. (MTC,2014, p.28). La etapa de diseñar el pavimento depende en su mayoría considerando una estructura nueva o una mejora o reparación de un camino existente, y luego se presenta la secuencia de diseño del pavimento del nuevo camino: (a) Recopilación de información: Determinar los requisitos, expectativas o especificaciones del cliente; (b) Prediseño: Definir el tipo y componentes estructurales de la superficie de rodadura; definir la estrategia de mantenimiento; selección de material; investigación de tráfico; investigación de contexto del ambiente y de desagüe; sector de la pieza; diseño de espesor en cada una de las capas (c) Diseño último: estudio de ciclo de vida; determinación de la clase de pavimento y espesor final; informe resumido, como se muestra en los componentes del sistema (Ver figura 5, Anexo 9). American Association of State Highway and Transportation Officials (**AASHTO**) **93** valora que, para los pavimentos nuevos, el nivel de servicio del área de la calzada comienza en un nivel alto. Con el tiempo, a medida que se repite la carga de tráfico, el nivel de

servicio cae. Este enfoque especifica el nivel de servicio final que debe mantenerse al final del período de diseño. A través de un proceso iterativo, asumiendo el espesor de la losa de concreto, hasta que la ecuación AASHTO 1993 alcanza el equilibrio (Ver figura 6, Anexo 9). (MTC, 2014, p.211). Cabe recalcar que, una encuesta realizada en 2014, reveló que los métodos empíricos AASHTO (1993 y versiones anteriores) son, con mucho, los métodos de diseño más utilizados entre las agencias de transporte de Estados Unidos. (El-Ashwah et al., 2021, p.2). Según el Ministerio de Vivienda (2010, p.37), dentro del tránsito en pavimentos rígidos se consideran clases de automóviles. Las clases de automóviles y sus propiedades se definen en las normas de tráfico. En ocasiones, el peso y las propiedades de los automóviles se diseñan conforme al número y peso de los vehículos, en tramos de carretera sin control de peso (ver tabla 8). Diseño estructural de pavimento rígido con AASHTO 93, incluye la variable de tráfico, es un estudio básico que se ejecuta durante una semana las 24 horas del día siguiendo 3 fases, recolección de datos, tabular datos y el análisis de datos y resultados, mediante formularios de conteo que contienen nombre del tramo, estación, fecha, ubicación de la estación, sentido, hora, sentido de circulación, tipo de vehículo, con el fin de determinar las cargas máximas, clasificación de las cargas, presión de las llantas y circulación para el año base. Las tasas de crecimiento, los automóviles de pasajeros se asocian con las tasas de crecimiento anual de la población, y el transporte de mercancías se asocia con las tasas de crecimiento económico, expresadas en términos de producto interno bruto, y ambos índices corresponden a regiones. Utilizamos el factor de crecimiento acumulado (Fca) durante el período de diseño, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento anual (r) y el período de análisis (en años). Calculado usando la fórmula de la serie geométrica  $T_n = T_o(1+r)^{n-1}$ , donde  $T_n$  es el volumen de tráfico proyectado para "n" años en veh/día,  $T_o$  es el volumen de tráfico actual en veh/día, n es el período de diseño en años, y r es la tasa de crecimiento anual del tráfico. La variable tiempo, es el periodo que durara la vida útil del diseño del pavimento para ello se toman en cuenta tiempo de análisis y vida útil de la vía de concreto (ver Tabla 10); considerado para economía del proyecto, según tipo de carretera siendo de 10 a 20 años como mínimo para vías sin pavimentar de bajo volumen de tránsito, vías pavimentadas con bajo volumen de transito de 15 a 25

años y de 30 a 50 años para vías urbanas de alto volumen de tráfico. (MTC,2014, p.212). **La Confiabilidad**, es la probabilidad de que la superficie de la carretera se desempeñe de manera satisfactoria durante su vida útil, para el tiempo que fue diseñado y resista el contexto del volumen vehicular y el ambiente durante todo ese tiempo. Así mismo, se relaciona cuando aparecen daños en la superficie: 1) **Desviación estándar  $S_0$** ; Desviación de la población en valores conseguidos por AASHTO (Tabla 12), los cuales incluye la inestabilidad inseparable de la materia prima y procedimiento constructivo (MTC, 2014, p.215); 2) **Factor confiabilidad (R)**; Tiene que ver con el uso previsto de la carretera. Por lo tanto, el nivel de confiabilidad es alto para las carreteras principales, ya que el espesor del pavimento es demasiado pequeño para que alcance el nivel mínimo utilizable antes de lo esperado, ya que la estructura experimentará una rápida degradación. La Tabla 13 enumera los niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO (MTC, 2014, p.215); 3) **Probabilidad (ZR)**: Es la superficie por debajo la curva de distribución normal del valor "z", que corresponde a la curva estándar de la confiabilidad "R". (MTC, 2014, p.215). **El índice de serviciabilidad**, es usada como medida del comportamiento funcional, comportamiento estructural del pavimento relacionada con seguridad y comodidad, se clasifican en serviciabilidad inicial y final en pavimento rígido la serviciabilidad inicial que se recomienda es de 4.5 y final de 4.2. La confiabilidad y serviciabilidad se establece según la clase de tráfico referido en eje equivalente y categoría de tráfico referido en eje equivalente. **Módulo de reacción de la subrasante (k)**, un factor que estima el asentamiento de la subrasante cuando se le aplica tensión de compresión, y es numéricamente igual a la carga en libras por pulgada cuadrada dividida por la deflexión en pulgadas en el área de carga para esa carga. El valor de k se expresa en libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci). Debido a que las pruebas a bordo requieren mucho tiempo y son costosas, el valor de k generalmente se estima mediante la correlación con otras pruebas simples, como las pruebas de soporte de California (CBR) o de valor R. La capacidad portante de sub-rasante, debe tener las condiciones necesarias de lateral y pendiente como cimentación después de mejorar el pavimento. (Barreto et al., 2018, p.62) Una subrasante con un CBR mayor o igual al 6% se considera un material adecuado, y para una base o subbase granular, debe ser un material premium

con un CBR igual o mayor al 40%. Se obtiene según el rango de trabajo pesado en el eje equivalente, <15000000, probado según la norma MTC E 132 con un requisito mínimo de CBR del 40%. El módulo de ruptura (MR) del concreto es una variable importante en el diseño de pavimento rígido porque controla el agrietamiento por fatiga del pavimento causado por cargas repetidas de camiones, también conocido como esfuerzo. Estimación basada en el número de ejes equivalentes <5000000 será 280 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia mínima a flexocompresión de 40 kg/cm<sup>2</sup> depende del f'c del concreto el cual se calcula al no disponer de ensayos de flexión con la fórmula  $MR = a(f'c)^{0.5}$ , donde, a es una constante que varía entre 2.0 a 2.7 y f'c es la resistencia a la compresión obtenida del concreto. El módulo elástico del hormigón es un parámetro que expresa la rigidez y la capacidad de carga distribuida del pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. En un pavimento continuo de hormigón armado, el módulo elástico y el coeficiente de dilatación térmica de la retracción y retracción del hormigón son las barras de acero de control las que están en estado de tensión media, el instituto de concreto Americano recomendó la fórmula  $f'c = 57,000(f'c)^{0.5}$  en PSI. Se establece el parámetro de transferencia de carga (J), Se define como el transmisor de carga entre la junta y la fisura. El valor depende del tipo de hormigón a realizar, con o sin bermas laterales y dispositivos de transferencia de carga, el valor J es proporcional al espesor de la losa de hormigón, en berma de concreto hidráulico con pasadores es 2.8, sin pasadores es 3.8, berma granular o asfáltica con pasadores es 3.2 y sin pasador es de 3.8 a 4.4.

**4.4. El coeficiente de drenaje** del estudio, es considerada como la capacidad estructural de un material para resistir las cargas aplicadas, estos coeficientes se obtuvieron a través de pruebas AASHTO entre 1950 y 1960. Se clasifican de muy malas a excelentes según el tiempo y el porcentaje de tiempo requerido para drenar el agua. Las estructuras de pavimento están expuestas a niveles de humedad casi saturados desde el 1%, 1% a 5%, 5% a 25% y mayores a 25%, los resultados se determinan mediante ensayos del material granular de la subbase, midiendo el periodo en que suele tardar el agua para evacuar. Para cada rango de tráfico de Eje Equivalente y rango de tipo de suelo, el espesor de la losa de concreto se calcula de acuerdo con los parámetros AASHTO. Para determinar la sección transversal de la estructura rígida del pavimento se consideró el espesor

mínimo de la losa de hormigón de 150 mm y el espesor de la capa base granular de 150 mm. (MTC, 2014, p.220) **Ejes equivalentes** conocido como ESAL (equivalent simple axial load), son la cuantía pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18.kips (8,16t=80KN) para un determinado periodo, este se utiliza por efectos de cálculo ya que el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes. (ver tabla 24). La losa se define clásicamente como un elemento estructural plano o superficial delimitado por dos planos paralelos, donde dos dimensiones dominan la tercera dimensión, y la carga actúa sobre ella, esencialmente perpendicular a su plano medio, incluyendo su propio peso. (Reyes et al., 2021, p.42). El propósito de la junta es controlar el agrietamiento del pavimento provocado por la retracción del hormigón por merma de humedad, así como el cambio de temperatura provocado por la exposición al ambiente, y el gradiente de temperatura existente desde el suelo hasta la subbase. (MTC, 2014, p.231). Según Guerra (2020) El pavimento de losas de hormigón articulado consta de muchas losas de hormigón de formas geométricas discretas, dimensionadas por juntas longitudinales y transversales: (a) Las primeras son las que definen el carril de circulación del vehículo. (b) Las segundas están dispuestas perpendiculares a las primeras juntas (p.99). Por otro lado, Kashif et al. (2021) afirmó “las juntas transversales en pavimento de hormigón simple articulado (JPCP) están destinadas a aliviar las tensiones en la losa de hormigón causadas por cargas ambientales” (p.1). Si bien las juntas transversales se utilizan para controlar las fisuras provocadas por la deformación térmica y la retracción en seco de la losa, la disposición de las juntas transversales reducirá la capacidad portante cerca de los bordes de la losa de hormigón. Esta reducción debe controlarse adecuadamente para evitar daños en la superficie de la carretera bajo cargas repetidas (Shafabakhsh et al., 2017, p.138). En tanto, en un estudio realizado por Crabtree et al. (2021) demostraron que, “las juntas ya no eran capaces de distribuir las cargas de manera transversal y que cada losa actuó de forma independiente”. En lo que respecta a la AASHTO 93, originalmente llamado AASHO, se desarrolló en los EE.UU. en 1960, basado en una prueba integral realizada en Illinois durante más de 2 años, con el objetivo de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen la relación de degradación-solicitud para diferentes partes de la prueba. Versiones hasta 1986 y

correspondientes versiones mejoradas hasta 1993. Incluyeron la serviciabilidad en el diseño de pavimentos (Baamondes et al., 2013, p.17). **Diseño estructural** es el proceso por el cual se establecen los espesores de los componentes de la estructura del pavimento (Menéndez, José. Ingeniería de Pavimentos 5ta ed. p.10). para corroborar el diseño se tiene el programa **EqAASHTO93. V 2.0** sirve para dimensionar pavimentos rígidos y flexibles bajo las ecuaciones de la guía AASHTO 93 (Vásquez, Luis., 2004, p. 1). para análisis estructural se usa **EVERFE 2.24** es un programa de modelación desarrollado en la Universidad de Washington y Maine el cual simula el pavimento rígido mediante el principio de elemento finitos 3D, sus parámetros de diseño son bajo la metodología AASHTO 93 tiene una interfaz de grafico intuitiva (Miranda, Lilian., 2018, p.66),

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimiento directamente aplicable a temas sociales o sectores productivos, se basa principalmente en los resultados de la investigación técnica e involucra el proceso de vinculación de teorías y productos. Sánchez et al (2018) mencionaron que se trata de un tipo de investigación útil que utiliza el conocimiento obtenido de la investigación básica para resolver los problemas inmediatos. (p.79).

El diseño utilizado en el estudio correspondió al diseño no experimental, ya que analizó la etapa del pavimento de la Av. Crespo y Castillo, del distrito ambo, provincia de ambo departamento de Huánuco proponiendo el pavimento rígido. Según Hernández et al. (2014) mencionaron, “no se modifica de forma deliberada la variable independiente para ver resultados en otras variables” (p.152).

Es transversal, ya que la recolección de datos se realiza en un único momento. (Arispe et al., 2020, p.70)

Nivel descriptivo simple, porque se describió el proceso para el diseño estructural del pavimento rígido. Según Guevara et al. (2020) “La investigación descriptiva se realiza cuando se tiene el deseo de describir en una problemática todos sus elementos primordiales o su realidad tal cual” (p.165).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

La variable en estudio es “Diseño estructural de pavimento rígido”, cuyo cuadro de operacionalización se describe en el anexo 2.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Según Otzen & Manterola (2017) “conjunto de sujetos disponibles en una investigación” (p.227). En nuestro estudio, se consideró como población la avenida Crespo y Castillo con 1513 metros lineales.

Así mismo, Hernández y Mendoza (2019), la muestra es la parte seleccionada la que realmente obtiene información de ella para investigación y desarrollo, y medirá y observará las variables en la investigación (p.196). En nuestra investigación, la muestra fue conformada

por la población es decir por la Avenida. Crespo y Castillo con 1513 metros lineales.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Sánchez et al. (2018) “técnica es un conjunto de reglas y operaciones que pueden administrar herramientas ayudando a las personas en la aplicación de métodos (p.120). Para obtener los logros determinados en la investigación, se utilizaron como técnica la observación y la exploración de campo, con la cual se determinaron los tipos y cantidades de vehículos de la Av. Crespo y Castillo y el estudio de mecánica de suelos.

La elección del instrumento está vinculada a la evaluación de las peculiaridades del estudio que se desarrolla para alinearla con su tipo y propósito propuesto, considerando una evaluación rigurosa de la problemática, permitiendo la recolección de información de manera efectiva y confiable. (González et al., 2017). En la tabla 27, se especifica las técnicas e instrumentos utilizados (Ver Anexo 3).

La validez es “la verificación de datos se lleva a cabo a través del proceso estadístico de estandarización de datos, y la detección de datos atípicos o conversión” (Espinoza, 2014, 159). Cabe mencionar que la validez es un concepto que se ha referido a la capacidad de una herramienta de medición para cuantificar de manera significativa y completa las características de diseño a medir. De esta manera, las herramientas de medición fueron efectivas en la medida en que la evidencia empírica legitima la interpretación de los puntajes de las pruebas. La validez de constructo, considera un estudio descriptivo, utilizando análisis factorial. Esto se originó en los campos de la psicometría y las ciencias del comportamiento (ciencias que procesan enormes cantidades de datos) (López et al., 2019, p.447). Validez de criterio. Perteneciente a la validación externa, considerada como parte predictiva del estudio, basada en el patrón oro. Al medir la concordancia o correlación entre los resultados, el seleccionado debe ser consistente con la medición de la variable. (López et al., 2019, p.447).

La confiabilidad “implica las condiciones de estabilidad, consistencia, precisión del instrumento y tecnología de recolección de datos. También

puede entenderse en función del error, porque cuanto mayor es la fiabilidad, menor es el error” (López et al., 2019, p.443).

En el presente estudio, en el ensayo de mecánica de suelos se han utilizados equipos calibrados.

### **3.5. Procedimientos**

Primeramente, se realizó el levantamiento topográfico para saber con exactitud las dimensiones de la carretera seguidamente se hizo la excavación de calicatas para la toma de muestras y ejecutar el ensayo de mecánica de suelos de la subrasante, finalmente se hizo el conteo vehicular durante una semana para conocer el volumen de tránsito ya con los datos obtenidos se procedió a calcular los espesores del pavimento rígido y dibujo de los planos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Es una etapa del proceso de investigación que incluye la organización de la información recolectada para que pueda ser procesada, descrita, caracterizada y explique la información. El análisis puede ser cualitativo o cuantitativo, o utilizar Dos procedimientos. (Sánchez et al., 2018, p.17)

En el primer objetivo, la capacidad portante de la subrasante, se utilizó el método de prospección de suelos, se ejecutó la excavación de calicatas, se elaboró los perfiles estratigráficos, y se seleccionó tres muestras para el ensayo de resistencia el CBR en la avenida creso y castillo.

En el segundo objetivo, el espesor de la subbase se determinó por el método de AASHTO 93.

Para el tercer objetivo, se calculó el espesor de la losa de concreto mediante el método de AASHTO 1993, según el siguiente orden:

- Se calculó el tráfico para el periodo de diseño ( $w$  18 ton)
- Se determinó la confiabilidad  $R$  y la desviación estándar total  $S_o$
- Se determinó la pérdida de serviciabilidad de diseño
- Se estableció el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante  $k$
- Se estableció el módulo de rotura y elasticidad del concreto
- Se estableció el módulo de transferencia de carga
- Se determinó el coeficiente de drenaje
- Se determinó el espesor de la losa (formula)

### **3.7. Aspectos éticos**

En este estudio se respetaron los lineamientos brindados por la Universidad Cesar Vallejo y se siguió la resolución del Consejo Universitario N° 0126-2017 / UCVL, el cual tuvo vigencia a partir del 23 de mayo de 2017. Asimismo, se establecieron estudios de diseño estándar para una correcta cuantificación. Según el aspecto de **beneficencia**, está abierto a todos los estudiantes de ingeniería civil de todas las universidades privadas o nacionales, y su único propósito es promover la investigación y ampliar el conocimiento para futuras investigaciones. El aspecto de no **maleficencia**, el autor no se beneficiará de los resultados y no alterará los resultados para su propio beneficio. **Autonomía**, El programa Turnitin enviará toda la información recopilada por los investigadores para determinar su porcentaje de originalidad. En **justicia**, Los autores son los únicos responsables y respaldan el 100% de la información proporcionada, la cual será evaluada por profesionales calificados.

#### IV. RESULTADOS

En la presente investigación el primer objetivo fue determinar la capacidad portante de la Subrasante, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021 para lo cual se hizo lo detallado a continuación:

Para hallar la capacidad portante de la Subrasante se realizó lo siguiente: 4 calicatas en la avenida Crespo y Castillo, en la progresiva 0+000 km, 0+500 km, 1+000 km, 1+500 km, en la cual se ejecutaron ensayos de granulometría, límites de consistencia, clasificación SUCS y AASHTO, perfil estratigráfico y ensayos de CBR, (Ver Anexo 07)

Tabla 1

*Muestra 1: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 0+000*

CALICATA 01: ENSAYO C.B.R							
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.66	1.93	0.88	91	19.11	95%	100%
25	9.68	2.06	0.85	97	19.60	19.34	21.33
56	9.66	2.12	0.55	100	21.33		

Elaboración propia

Tabla 2

*Muestra 2: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 1+000*

CALICATA 03: ENSAYO C.B.R							
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.66	1.93	0.88	91	14.82	95%	100%
25	9.68	2.06	0.85	97	16.80	16.00	18.20
56	9.99	2.11	0.55	100	18.20		

Elaboración propia

Tabla 3

*Muestra 3: Av. Crespo y Castillo progresiva Km 1+500*

CALICATA 04: ENSAYO C.B.R							
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	C.B.R.	C.B.R.
12	7.94	1.92	0.92	90	17.54	95%	100%
25	7.96	2.05	0.57	96	18.61	18.33	20.59
56	7.97	2.13	0.48	100	20.59		

Elaboración propia

#### Interpretación

Los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría de la av. Crespo y Castillo arrojaron que son suelos de tipo arena arcillosa- limoso y de los ensayos

de Relación de Soporte de California (CBR) se obtuvieron en la muestra 1 el 19.34%, en la muestra 2 el 16% y en la muestra 3, el 18.33 % y se clasifican como suelo bueno en el rango de 10 a 20%, además ello quiere decir que no requerirá el uso de aditivos estabilizantes, para el diseño estructural se usó el 16 % de CBR porque es el resultado más crítico funcionará en todas las áreas del estudio.

Como segundo objetivo tuvimos determinar el espesor de la Sub Base, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021, para lograr hicimos lo siguiente:

Tabla 4

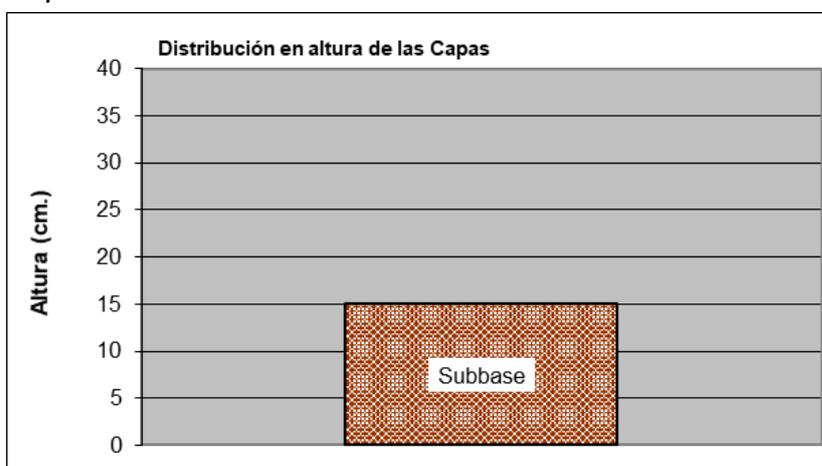
*Propiedades físicas y mecánicas del material de cantera*

Características físicas y mecánicas	Porcentaje adquirido
LIMITE LIQUIDO	30.76%
LIMITE PLASTICO	25.06%
INDICE DE PLASTICIDAD	5.70%
CLASIFIC. SUCS	GM, mezcla de gravas con arenas y limos
CLASIFIC. AASHTO	A-1-b(0)
MAXIMA DENSIDAD SECA	2.119 gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD OPTIMA	8.35 %
C.B.R AL 100%	50.02%
C.B.R AL 95%	44.22%
PORCENTAJE DE DESGASTE	21.805%

Elaboración propia

Figura 1

*Espesor de sub base*



Elaboración propia

## Interpretación

Para la subbase se extrajo una muestra de la cantera San Juan del distrito de Huacar, provincia de Ambo en la que se realizó los ensayos de granulometría y Relación de Soporte de California (CBR), resultando CBR al 95% el 44.22%, clasificación SUCS fue GM, mezcla de gravas con arenas y limos, siendo el CBR mayor a 40% es un material bueno no requiere estabilización, en base a la guía AASHTO 93 la subbase adopta una medida de 150 mm =15cm de espesor.

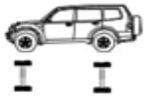
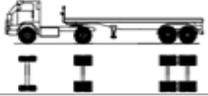
Por objetivo tercero tuvimos determinar el espesor de la losa de concreto, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021, para lograr hicimos lo siguiente: Para obtener el diseño estructural, el primer paso fue el conteo de volumen vehicular en la avenida crespo y castillo, el resultado fue:

Tabla 5  
Volumen de tráfico promedio diario

VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO																					
PVD - S.G. ESTUDIOS																					
proyecto DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021																					
Tramo Av. Crespo y castillo																					
Cod Estación E - 1																					
Estación E - 1																					
Ubicacion BARRIO AYANCUCHA																					
Sentido ENTRADA + SALIDA																					
Dia 03 al 09 AGOSTO 2021																					
hora	Auto movil	station vagon	PICK UP	PANEL	RURAL combi	Micro	Bus		Camion			Semitrailers				Trailers				TOTAL	
							2E	>=3 E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
<b>MARTES</b>																					
03/08/2021																					
ENTRADA	101	19	12	1	5	0	0	0	26	22	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	189
SALIDA	50	11	8	1	0	0	0	0	20	12	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	105
Ambos	151	30	20	2	5	0	0	0	46	34	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	294
<b>MIERCOLES</b>																					
04/08/2021																					
ENTRADA	100	26	26	2	10	0	0	0	19	32	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	219
SALIDA	65	14	21	1	3	0	0	0	16	20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	142
Ambos	165	40	47	3	13	0	0	0	35	52	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	361
<b>JUEVES</b>																					
05/08/2021																					
ENTRADA	98	16	16	2	6	0	0	0	26	20	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	189
SALIDA	41	8	5	1	0	0	0	0	23	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	91
Ambos	139	24	21	3	6	0	0	0	49	31	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	280
<b>VIERNES</b>																					
06/08/2021																					
ENTRADA	71	20	16	2	8	0	0	0	29	19	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	172
SALIDA	58	11	7	0	2	0	0	0	14	13	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	111
Ambos	129	31	23	2	10	0	0	0	43	32	10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	283
<b>SABADO</b>																					
07/08/2021																					
ENTRADA	53	7	4	2	2	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
SALIDA	29	11	9	1	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
Ambos	82	18	13	3	2	0	0	0	22	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
<b>DOMINGO</b>																					
08/08/2021																					
ENTRADA	38	11	5	1	0	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
SALIDA	31	8	3	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
Ambos	69	19	8	2	0	0	0	0	5	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
<b>LUNES</b>																					
09/08/2021																					
ENTRADA	82	9	7	2	3	0	0	0	36	16	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	163
SALIDA	59	18	7	1	0	0	0	0	19	11	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	122
Ambos	141	27	14	3	3	0	0	0	55	27	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	285
<b>TOTAL</b>	<b>876</b>	<b>189</b>	<b>146</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>255</b>	<b>194</b>	<b>35</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1,765</b>						

Elaboración propia

Tabla 6  
*Conteo vehicular*

VEHÍCULO		CONTEO								TOTAL	IMDs	%
COD	GRÁFICO	DIR	D	L	M	M	J	V	S			
VHL1_		IDA	5	10	17	36	22	24	6	120	26	65.38%
		VUE.	3	7	8	24	5	9	9	65		34.62%
_C2		IDA	3	36	26	19	26	29	12	151	37	59.46%
		VUE.	2	19	20	16	23	14	10	104		40.54%
_C3		IDA	4	16	22	32	20	19	6	119	28	60.71%
		VUE.	3	11	12	20	11	13	5	75		39.29%
_C4		IDA	1	7	2	3	2	6	0	21	5	60.00%
		VUE.	0	6	2	1	1	4	0	14		40.00%
T2S2		IDA	0	1	1	1	2	0	0	5	2	50.00%
		VUE.	0	1	1	1	1	1	0	5		50.00%
T2S3		IDA	0	0	0	0	1	1	0	2	1	66.667%
		VUE.	0	0	0	0	0	1	0	1		33.333%

Elaboración propia

Con los resultados del conteo se obtuvo la cantidad de vehículo de ida y vuelta y el Índice medio diario semanal.

Tabla 7  
*Factor direccional y de carril*

NÚMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR DE CARRIL (FC)	FACTOR PONDERADO (FD x FC)
1 Calzada	1 Sentido	1	1	1	1
	1 Sentido	2	1	0.8	0.8
	1 Sentido	3	1	0.6	0.6
	1 Sentido	4	1	0.5	0.5
	2 Sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 Sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 Calzadas	2 Sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 Sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 Sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 Sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Elaboración propia

Luego, utilizando la Tabla 7 para establecer los factores de dirección y distribución de carriles, el número de carriles: 1 carril, el número de sentidos: 2 sentidos, el número de carriles en cada sentido: 1 carril, y se obtiene lo siguiente: Direccional: 0.5; y, De carril:1

La tasa de crecimiento y proyección - periodo de diseño (n) 20 años. Se determinó con la ecuación:  $Fca = [(1+r)^n - 1] / r$ .

El Factor de crecimiento poblacional (r1) = 0.18%, Fca1= 20.355; mientras que, el Factor de crecimiento económico (r2) = 3.10%, Fca2= 27.145. Seguidamente se calculó los factores de equivalencia de carga por eje y vehículo:

Tabla 8  
Factores de equivalencia de carga legal por eje y vehículo

SIMBOLO	DIAGRAMA	DESCRIPCION	EJE DELANTERO	EJE POSTERIOR				TOTAL
				1er. EJE	2do. EJE	3er. EJE	4to. EJE	
VHL1		CARGA (TON)	2	2				4
		F.EE.	0.0075	0.0075				0.01497
B2		CARGA (TON)	7	11				18
		F.EE.	1.2728	3.3348				4.60766
B3		CARGA (TON)	7	16				23
		F.EE.	1.2728	2.3427				3.61557
C2		CARGA (TON)	7	11				18
		F.EE.	1.2728	3.3348				4.60766
C3		CARGA (TON)	7	18				25
		F.EE.	1.2728	3.4580				4.73084
C4		CARGA (TON)	7	23				30
		F.EE.	1.2728	3.80751				5.08034
T2S1		CARGA (TON)	7	11	11			29
		F.EE.	1.2728	3.3348	3.3348			7.94249
T2S2		CARGA (TON)	7	11	18			36
		F.EE.	1.2728	3.3348	3.4580			8.06566
T2S3		CARGA (TON)	7	11	25			43
		F.EE.	1.2728	3.3348	4.16493			8.77259
T3S1		CARGA (TON)	7	18	11			36
		F.EE.	1.2728	3.4580	3.3348			8.06566
T3S2		CARGA (TON)	7	18	18			43
		F.EE.	1.2728	3.4580	3.4580			8.18884
T3S3		CARGA (TON)	7	18	25			50
		F.EE.	1.2728	3.4580	4.16493			8.89577
ZT2		CARGA (TON)	7	11	11	11		40
		F.EE.	1.2728	3.3348	3.3348	3.3348		11.27731
ZT3		CARGA (TON)	7	11	11	18		47
		F.EE.	1.2728	3.3348	3.3348	3.4580		11.40049
3T2		CARGA (TON)	7	18	11	11		47
		F.EE.	1.2728	3.4580	3.3348	3.3348		11.40049
3T3		CARGA (TON)	7	18	11	18		54
		F.EE.	1.2728	3.4580	3.3348	3.4580		11.52367

Elaboración propia

Se calculó el factor de equivalencia según el tipo de eje, simple, tándem o tridem para el eje delantero y para el eje posterior la carga en toneladas y sus factores de eje equivalente con las ecuaciones de AASHTO para pavimento rígido. Por

ejemplo, para un eje simple de peso 11 ton el FEE fue 3.3348 empleando la ecuación de la tabla 25 (ver anexo 8)

Se halló el número de repeticiones de eje equivalente en base a los factores de equivalencia de cargas

Tabla 9  
Numero de repeticiones de eje equivalente

CÁLCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EJE EQUIVALENTE													
VAHICULO			FACTORES DE EJE EQUIVALENTE POR EJE				F.E.E. TOTAL	FACTOR DIREC. (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	AÑO	(Fca)	ESAL	
TIPO	GRÁFICO	MDs	DELANT.	EJE N° 01	EJE N° 02	EJE N° 03							EJE N° 04
VHL1		26	0.00748	0.00748				0.0150	65.38%	1	365	20.355	1890
_C2		37	1.27283	3.33483				4.6077	59.46%	1	365	27.145	1004366
_C3		28	1.27283	3.45800				4.7308	60.71%	1	365	27.145	796849
_C4		5	1.27283	3.80751				5.0803	60.00%	1	365	27.145	151009
T252		2	1.27283	3.33483	3.45800			8.0657	50.00%	1	365	27.145	79915
T253		1	1.27283	3.33483	4.16493			8.7726	66.67%	1	365	27.145	57946
												ESAL = 2.09E+06	

Elaboración propia

El resultado del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) fue de 2,091,975.00.

Con los datos obtenidos del estudio de tráfico se procede el diseño de pavimento rígido mediante el AASHTO 93 presenta la siguiente ecuación:

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

$$(4.22 - 0.32P_1) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J (0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}})} \right)$$

Para desarrollar las variables de diseño, se describen en cada una de las tablas siguientes:

Tabla 10  
*Clasificación de la vía*

Clasificación de la vía	Periodo de análisis
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Fuente: (MTC, 2014, p.212)

Se diseñó para un periodo de vida útil de 20 años.

En la variable de tiempo, la clasificación de la vía fue Pavimentada de bajo volumen de tráfico con un período de análisis de 15 – 25.

Tabla 11  
*Categorías del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos*

Categoría	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Tipo de tráfico expresado en EE
Bajo volumen de tránsito de 150,001 a 1'000,000 EE	De 150001	A 300000	TP1
	De 300001	A 500000	TP2
	De 500001	A 750000	TP3
	De 750001	A 1000000	TP4
Caminos que tienen un tráfico comprendido entre 1'000,000 y 30'000,000 EE	De 1000001	A 1500000	TP5
	De 1500001	A 3000000	TP6
	De 3000001	A 5000000	TP7
	De 5000001	A 7500000	TP8
	De 7500001	A 10000000	TP9
	De 10000001	A 12500000	TP10
	De 12500001	A 15000000	TP11
	De 15000001	A 20000000	TP12
	De 20000001	A 25000000	TP13
	De 25000001	A 30000000	TP14

Fuente: (MTC, 2014, p.213)

En cuanto al tránsito, el número de repeticiones de 2,091,975 se clasificó entre el intervalo de tráfico bruto referido en eje equivalente de 1500001 a 3000000 y el tipo de tráfico expresado en eje equivalente fue TP6.

Tabla 12  
*Desviación Estándar ( $S_0$ )*

Condición de diseño	Desviación estándar	
	Pav. Rígido	Pav. Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.30	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40	0.50

Fuente: (MTC, 2014, p.215)

La desviación estándar que forma parte de la confiabilidad, se determinó realizando un promedio de 0.30 y 0.40 resultando:  $S_0 = 0.35$

Tabla 13  
*Factor de confiabilidad ( $R$ )*

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Nivel de confiabilidad
TP1	De 150001	A 300000	70%
TP2	De 300001	A 500000	75%
TP3	De 500001	A 750000	80%
TP4	De 750001	A 1000000	80%
TP5	De 1000001	A 1500000	85%
TP6	De 1500001	A 3000000	85%
TP7	De 3000001	A 5000000	85%
TP8	De 5000001	A 7500000	90%
TP9	De 7500001	A 10000000	90%
TP10	De 10000001	A 12500000	90%
TP11	De 12500001	A 15000000	90%
TP12	De 15000001	A 20000000	90%
TP13	De 20000001	A 25000000	90%
TP14	De 25000001	A 30000000	90%

Fuente: (MTC, 2014, p.215)

Siendo el factor de confiabilidad  $R$  del 85%

Es el valor "Z" correspondiente a la superficie debajo de la curva de distribución normal de la curva estándar de confiabilidad "R".

Se determinó mediante la fórmula de distribución normal estándar inversa:

$$Z_R = -1.0364$$

Para el desarrollo de los criterios de comportamiento se tomaron en cuenta la serviciabilidad:

Tabla 14  
*Índice de serviciabilidad inicial (P<sub>0</sub>)*

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Índice de serviciabilidad inicial (P <sub>0</sub> )
TP1	De 150001	a 300000	4.1
TP2	De 300001	a 500000	4.1
TP3	De 500001	a 750000	4.1
TP4	De 750001	a 1000000	4.1
TP5	De 1000001	a 1500000	4.3
TP6	De 1500001	a 3000000	4.3
TP7	De 3000001	a 5000000	4.3
TP8	De 5000001	a 7500000	4.3
TP9	De 7500001	a 10000000	4.3
TP10	De 10000001	a 12500000	4.3
TP11	De 12500001	a 15000000	4.3
TP12	De 15000001	a 20000000	4.5
TP13	De 20000001	a 25000000	4.5
TP14	De 25000001	a 30000000	4.5

Elaboración propia

El índice de serviciabilidad inicial para el tipo de tráfico referido en eje equivalente:  
 $P_0$  fue 4.3

Tabla 15  
*Índice de serviciabilidad final ( $P_f$ )*

Tipo de tráfico expresado en EE	Rango de tráfico pesado expresado en EE		Índice de serviciabilidad final ( $P_f$ )
TP1	De 150001	a 300000	2.0
TP2	De 300001	a 500000	2.0
TP3	De 500001	a 750000	2.0
TP4	De 750001	a 1000000	2.0
TP5	De 1000001	a 1500000	2.5
TP6	De 1500001	a 3000000	2.5
TP7	De 3000001	a 5000000	2.5
TP8	De 5000001	a 7500000	2.5
TP9	De 7500001	a 10000000	2.5
TP10	De 10000001	a 12500000	2.5
TP11	De 12500001	a 15000000	2.5
TP12	De 15000001	a 20000000	3.0
TP13	De 20000001	a 25000000	3.0
TP14	De 25000001	a 30000000	3.0

Elaboración propia

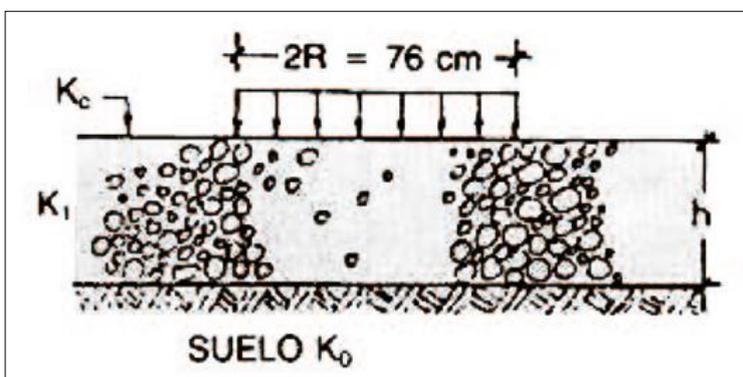
El índice de serviciabilidad final para el tipo de tráfico referido en eje equivalente:  
 $P_f$  fue 2.5

Se consideraron dentro de las propiedades de los materiales al Módulo de reacción de la Subrasante (K)

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

- $K_1$  (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la sub base granular
- $K_c$  (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción combinado
- $K_0$  (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la subrasante
- $h$  : Espesor de la subbase granular

Figura 2  
Reacción de la Subrasante



Elaboración propia

Tabla 16  
Rango de tráfico pesado y requerimiento

Rango de tráfico pesado expresado en EE	Ensayo norma	Requerimiento (CBR mín)
<15000000	MTC E 132	40.00%
>15000000	MTC E 132	60.00%

Elaboración propia

En el presente estudio se usó el resultado del ensayo CBR del material granular de la subbase de 40.22%. Y el coeficiente combinado se determinó mediante la ecuación de KC.

Tabla 17  
Subrasante ( $k$ )

Descripción	Coeficiente	Módulo CBR (95%)	$k$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$k$ (Mpa)
Coef. Comb.	KC	22.75%	7.38	73.8
Coef. Subrasante	K0	16.00%	6.63	66.3
Coef. Sub-base	K1	44.22%	12.5	124.9

Elaboración propia

Tabla 18  
Espesor ( $H$ ) de la sub-base

H	KC (Nominal)	KC (Calculado)
15 cm	7.4 kg/cm <sup>3</sup>	7.4 kg/cm <sup>3</sup>

Elaboración propia

Para el cálculo del CBR combinado por fórmula, se consideró la implementación de la capa subbase, para ello, se utilizó para el diseño la ecuación equivalente entre CBR y K, teniendo en consideración dos casos:

- 1°) Si CBR < 10%  
 $K_{sr} = 2.55 + 52.5 \times \text{Log CBR}$
- 2°) Si CBR > 10%  
 $K_{sb} = 46 + 9.08 \times (\text{Log CBR})^{4.34}$

Tabla 19  
*Cálculo del CBR combinado por fórmula*

	Ksr =	66.33	Mpa
Sub rasante	CBR (%)	16.00	
Sub base	CBR (%)	44.22	(Cantera)
	Ksb =	124.88	Mpa

Elaboración propia

La capa de grano medio se utilizará como capa inferior, lo que aumentará el valor de K a través del valor combinado.

$$K \text{ combinado} = \left[ 1 + \left( \frac{h}{38} \right)^2 \times \left( \frac{K_{sb}}{K_{sr}} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{0.5} \times K_{sr}$$

Donde:

Ksr = K de la subrasante (Mpa/m): Ksr = 66.33

Ksb = K de la sub base (Mpa/m): Ksb = 124.88

h = espesor de la capa de sub base en cm = 15

Pulgadas = 6.00

Obteniendo:

K combinado = 73.79

10,699.46 ib/pulg<sup>2</sup>

10,699.46 pci

CBR Combinado fue:

CBR (%) = 22.75

En el Módulo Rotura del concreto, la valoración se realizó a través de la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 20

*Valoración mediante la resistencia a la compresión del concreto*

Rango de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la flexocompresión (MR)	Resistencia mín. Equiv. A la compresión (f'c)
<5000000	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
DE 5000000 A 15000000	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
>15000000	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Elaboración propia

Calculado según el número de ejes equivalentes, la resistencia del hormigón fue 280 kg/cm<sup>2</sup>.

$$M_R = a(f'_c)^{0.5}, \quad 1.99 < a < 3.18$$

$$M_R = 4.33 \frac{kg}{cm^2} = 4.24 MPa$$

Se utilizó el Módulo de elasticidad del concreto (E<sub>c</sub>):

$$f'_c = 280 \frac{kg}{cm^2} = 3974 psi$$

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5} = 3593261 psi = 24775 MPa$$

Así mismo, se utilizó el Módulo de transferencia de carga (J)

Tabla 21

*Módulo de transferencia de carga*

Tipo de berma	Módulo de transferencia de carga			
	Granular o asfáltica		Concreto hidráulico	
Valores J	Con pasadores	Sin pasadores	Con pasadores	Sin pasadores
		2.7	3.8-4.4	2.8

Elaboración propia

Para berma con concreto hidráulico usando pasadores el valor fue, J = 2.8

En el coeficiente de drenaje ( $C_d$ ), la valoración sugerida, se describe en la siguiente tabla:

Tabla 22  
*Valoración sugerida para el coeficiente de drenaje*

$C_d$	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Elaboración propia

Se proyectó para un coeficiente de drenaje con calificación bueno,  $C_d = 1.0$ . Porque el distrito de ambo departamento Huánuco se encuentra en la sierra central a 2064 msnm con promedio máximo de precipitación de 532.8 mm.

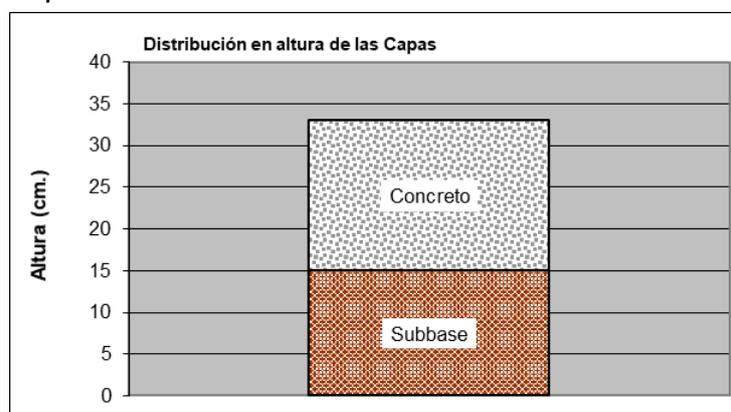
Para calcular el espesor de la losa se itera la ecuación N18 nominal y N18 calculado hasta que ambos sean iguales.

Tabla 23  
*Espesor de la losa*

ESPESOR	$G_t$	N18 NOMINAL	N18 CALCULADO	Solver
180.00 mm	-0.222	6.321	6.331	1.72

Elaboración propia

Figura 3  
*Espesor losa de concreto*



Elaboración propia

### **Interpretación**

Luego de iterar los resultados obtenidos mediante la ecuación AASHTO 93, con los siguientes parámetros: tráfico 2,091,975.00 ESAL, periodo de análisis 20 años, desviación estándar total  $S_o$  de 0.35, confiabilidad  $R$  fue de 85%, serviciabilidad inicial fue de 4.3, serviciabilidad final de 2.5 y, módulo de reacción de la subrasante  $k_c$  fue de 73.8 Mpa, módulo de rotura de 4.24 Mpa y elasticidad del concreto de 24,775 Mpa, módulo de transferencia de carga  $J$  fue de 2.8, coeficiente de drenaje bueno fue de 1.0 se determinó el espesor de la segunda capa de la estructura del pavimento rígido, el resultado fue de 180 mm, 18 cm,  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

## V. DISCUSIÓN

En relación al objetivo general, se llegó a determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando la metodología del AASHTO 93, en Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo, Huánuco 2021; al ejecutar el ensayo de mecánica de suelos se pudo obtener la capacidad portante de la subrasante, establecer el espesor de la subbase y con los parámetros de la guía AASHTO 93 se estableció el espesor de la losa de concreto. Tal es así, que, nuestro resultado se asemeja, con lo expuesto por Córdova y Cruz (2020) donde concluyó que, la espesura de la losa de concreto se obtiene siguiendo parámetros que rige la norma AASHTO 93. Debido a que, según Aditya et al. (2021) “el pavimento rígido se usa para pavimento en condiciones de terreno blando (subrasante)” (p.76). Mientras que, los métodos empíricos AASHTO (1993 y versiones anteriores) son los métodos de diseño más utilizados entre las agencias de transporte de Estados Unidos. (El-Ashwah et al., 2021, p.2). Cabe mencionar que una de las fortalezas de la metodología AASHTO 1993 es que determina los espesores de los mantos que constituyen el pavimento las cuales son la capa losa, base o subbase incluyendo la variable serviciabilidad y coeficiente de drenaje. En tanto, una de sus debilidades es que tiene un solo diseño en base a sus parámetros establecidos.

En relación al primer objetivo específico, se pudo determinar la capacidad portante de la Subrasante, de la Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo, Huánuco 2021, realizando ensayo de mecánica de suelos, obteniendo 4 muestras de la avenida por medio de calicatas a cielo abierto a una hondura de 1.50 m; se desarrollaron la clasificación granulométrica así mismo se obtuvo la capacidad portante del terreno con los ensayos CBR mediante la metodología de AASTHO 93; la primera muestra fue tomada en el tramo Av Crespo y Castillo progresiva Km 0+000 obteniendo como resultado del ensayo de granulometría la clasificación fue arena arcillosa-limosa equivalente a 72.90%, la limitación de consistencia porcentual fue índice líquido 29.90%, límite plástico 17.12%, índice plástico fue de 12.78%; coeficiente de curvatura fue 1.14; coeficiente de uniformidad fue de 318.13%; clasificación SUCS fue SC, AASHTO A-2-6(0); para la asociación humedad-densidad (proctor modificado) ASTM-1557, MTC E-115, la densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>) fue de 2.122, humedad óptima fue de 7.810 %; para el valor soporte relativo (CBR) ASTM-D 1883, MTC-E 132 se obtuvo como resultado a los

12 golpes por capa densidad seca de 1.93 gr/cm<sup>3</sup>, a los 25 golpes 2.06 gr/cm<sup>3</sup>, a 56 golpes 2.120 gr/cm<sup>3</sup>; en el ensayo CBR, se obtuvo como resultados, que, para 12 golpes CBR 1" fue de 19.11%, en 25 golpes CBR 1" fue de 19.6%, para 56 golpes CBR 1" fue de 21.33, compactación en porcentaje CBR al 95% fue 19.34%, CBR al 100% fue de 21.33; la segunda muestra fue tomada en la Av Crespo y Castillo progresiva Km 0+500, obteniendo como resultado del ensayo de granulometría la clasificación fue arena arcilloso equivalente a 65.03%, la limitación de consistencia porcentual fue índice líquido 30.04%, límite plástico 13.50%, índice plástico fue de 16.54%, coeficiente de curvatura fue de 1.14; coeficiente de uniformidad fue de 318.13%; clasificación SUCS fue SC, AASHTO A-2-6(1). La tercera muestra en la Av Crespo y Castillo progresiva Km 1+000 obteniendo como resultado del ensayo de granulometría la clasificación fue arena arcillosa-limosa equivalente a 78.28%, la limitación de consistencia porcentual fue límite líquido 30.09%, límite plástico 18.63%, índice plástico fue de 11.46%; el coeficiente de curvatura fue de 1.14; coeficiente de uniformidad fue de 318.13%; clasificación SUCS fue SC, AASHTO A-2-6(0); para la asociación humedad-densidad (proctor modificado) ASTM-1557, MTC E-115, la densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>) fue de 2.114; humedad óptima fue de 8.251%; para el valor soporte relativo (CBR) ASTM-D 1883, MTC-E 132 se obtuvo como resultado a los 12 golpes por capa densidad seca de 1.93 gr/cm<sup>3</sup>, a los 25 golpes 2.06 gr/cm<sup>3</sup>, a 56 golpes 2.11 gr/cm<sup>3</sup>; en el ensayo CBR, se obtuvo como resultados, que, para 12 golpes CBR 1" fue de 14.82%, en 25 golpes CBR 1" fue de 16.80%, para 56 golpes CBR 1" fue de 18.20, compactación en porcentaje CBR al 95% fue 16.00%, CBR al 100% fue de 18.20%. Finalmente, la cuarta muestra en la Av. Crespo y Castillo progresiva Km 1+500. obteniendo como resultado del ensayo de granulometría la clasificación fue arena arcillosa equivalente a 60.80%, la limitación de consistencia porcentual fue límite líquido 27.00%, límite plástico 17.41%, índice plástico fue de 9.59%; coeficiente de curvatura fue 1.14; coeficiente de uniformidad fue de 318.13%; clasificación SUCS fue SC, AASHTO A-4(0); para la asociación humedad-densidad (proctor modificado) ASTM-1557, MTC E-115; la densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>) fue de 2.132; humedad óptima fue de 7.000%; para el valor soporte relativo (CBR) ASTM-D 1883, MTC-E 132 se obtuvo como resultado a los 12 golpes por capa densidad seca de 1.92 gr/cm<sup>3</sup>, a

los 25 golpes 2.05 gr/cm<sup>3</sup>, a 56 golpes 2.13 gr/cm<sup>3</sup>; en el ensayo CBR, se obtuvo como resultados que, para 12 golpes CBR 1" fue de 17.54%, en 25 golpes CBR 1" fue de 18.61%, para 56 golpes CBR 1" fue de 20.59%, compactación en porcentaje CBR al 95% fue 18.33% y CBR al 100% fue de 20.59%. Para nuestro diseño estructural del pavimento rígido se usó el resultado más crítico 16% de los resultados que se obtuvieron se encuentran en un rango de S3: Sub rasante buena de 10%≤CBR < 20% significa que no requiere estabilización. Cabe resaltar, que los resultados obtenidos, no concuerdan con lo manifestado por Córdova y Cruz (2020) en la cual determinaron la capacidad portante de la sub rasante realizando directamente los ensayo CBR, lo cual es contradictorio en base a la (guía Aashto, 1993, p.60) "Las muestras se llevan al laboratorio para pruebas de tamaño de partícula, humedad, límite de atterberg, contenido de humedad óptimo, CBR y clasificación" y realizaron 3 ensayos CBR, arrojándoles el primer resultado 6%, el segundo 16% y el tercero 47% de las cuales hallaron el promedio de los tres de 23% para su diseño estructural del pavimento rígido. Es por ello, que, la capacidad portante de sub-rasante, debe tener las condiciones necesarias de lateral y pendiente como cimentación después de mejorar el pavimento. (Barreto et al., 2018, p.62)

En cuanto al segundo objetivo específico, se pudo reconocer el espesor de la Sub Base, en Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo, Huánuco 2021, se obtuvieron las características físicas mecánicas del material de cantera a cielo abierto mediante ensayo de mecánica de suelos, obteniendo como resultado, que, para el Límite líquido obtuvo un porcentaje adquirido de 30.76%; Límite plástico un 25.06%; índice de plasticidad de 5.70%; Clasificación SUCS se obtuvieron GM, Mezcla de gravas con arenas y limos; Clasificación AASHTO fue A-1-b(0); Máxima densidad seca fue de 2.119 gr/cm<sup>3</sup>; Humedad óptima fue de 8.35%; CBR al 100% obtuvo 50.02%; CBR al 95% obtuvo 44.22% y el Porcentaje de desgaste fue de 21.805%. La guía Aashto mencionó que será CBR≥ 40%, según el resultado obtenido, no será necesario la estabilización, siguiendo la guía AASHTO 1993 la sub base se considera el espesor de 15cm. Estos resultados se contradicen, con lo manifestado por Córdova y Cruz (2020) donde concluyó que, para establecer el espesor de la subbase se usó el CBR de porcentaje de 23%, ya que la guía Aashto mencionó emplear CBR≥ 40%, pero se asemeja en el

medida del espesor que fue de 15 cm. Entendiéndose, que, la sub-base, es la capa de material elegido, colocado por encima de la subrasante. (Barreto et al., 2018, p.62)

Finalmente, para alcanzar el objetivo 3, se pudo establecer el espesor de la losa de concreto, de la Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo, Huánuco 2021, realizándose el estudio de tráfico en el área de estudio por una semana las 24 horas del día (ver anexo 5), el resultado fue 2,091,975 EE clasificándose en el tipo de tráfico en EE TP6, la variable tiempo para clasificación de vía sin pavimentar de mínimo espesor de tráfico fue de dos décadas, la confiabilidad utilizado fue según rango de tráfico bruto referido en EE de 1,500,001 a 3,000,000 el 85%, la serviciabilidad inicial para el TP6 fue 4.3, el índice de serviciabilidad final para TP6 fue 2.5, el coeficiente combinado KC fue de 22.75% en kg/cm<sup>3</sup> en Mpa 73.8. Se tomó en cuenta el espesor mínimo de la subbase de 15cm, módulo de rotura del concreto fue de 280 kg/cm<sup>2</sup>, módulo de traspaso de carga fue considerado concreto hidráulico con pasadores 2.8, coeficiente de drenaje fue de 1.00 y mediante la ecuación que indica la guía AASHTO 93, se obtuvo el resultado del espesor de la losa de concreto, concluyendo que se diseñará un pavimento rígido con losa de espesor 18 cm. No obstante, nuestro resultado se asimila a lo realizado por Colque y Contreras (2021) donde manifestó que, para el diseño de pavimento rígido se efectuó a través de AASHTO 93, obtuvieron como resultado, que, espesor de la sub base fue de 20cm, ESAL's de 1.39E+05, confiabilidad de 80%, desviación estándar total fue 0.3, coeficiente de transferencia de carga fue 3.2, resistencia a compresión del concreto fue 210 kg/cm<sup>2</sup>, coeficiente de drenaje fue 1, usando la ecuación se diseñó una losa de 20cm. También a lo expuesto por Córdova y Cruz (2020) donde concluyó que, el espesor de la losa de concreto se encontró alcanzando parámetros de AASHTO 93, como resultado, el módulo de reacción efectivo de la subrasante es 22.5 Mpa / mh, el módulo elástico del concreto es 30,000, la resistencia a la tracción por flexión del concreto es 4.5Mpa, el coeficiente de transferencia de carga es 3.1, el coeficiente de drenaje es 1, y el estándar de error de conformidad es de 0,30. La fiabilidad es del 95%, la pérdida de serviciabilidad, 4.5, final de 2.5, ejes equivalentes de 1.7x10<sup>6</sup>, mediante la fórmula de Aashto 1993 obtuvieron de resultado que se construirá una losa de 15 cm; concluyéndose que el procedimiento de los cálculos de parámetros de

asemeja mas no los resultados conseguidos. Cabe recalcar que, el espesor de la losa de concreto se calcula de acuerdo con los parámetros AASHTO, y, para la estructura rígida del pavimento se consideró el espesor mínimo de la losa de hormigón de 150 mm y el espesor de la capa base granular de 150 mm. (MTC, 2014, p.220)

## VI. CONCLUSIONES

- Las pruebas de CBR, nos permitió conocer la capacidad portante de la subrasante de la avenida cresco y castillo, obteniéndose como resultado de las 3 muestras el 19.34%, 16% y 18.33%, y para el diseño estructural se usó el 16 % siendo el resultado crítico el diseño funcionara en toda el área del estudio.
- El espesor de la subbase se estableció de 15 cm, ya que en el ensayo de CBR del material de cantera a utilizarse dio de resultado 44.22 %, siendo mayor del 40%, un material de buena resistencia, este dato se utilizó para el diseño del espesor de la losa de concreto.
- El espesor de la losa del pavimento rígido fue de 18 cm con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, se determinó con la ecuación del método AASHTO 93 con siguientes parámetros: tráfico 2,091,975.00 ESAL, periodo de análisis 20 años, So de 0.35, R fue de 85%, Po de 4.3, Pf de 2.5 y, kc fue de 73.8 Mpa, Mr. de 4.24 Mpa y Ec de 24,775 Mpa, J de 2.8, Cd de 1.0.
- Para el dimensionamiento estructural se usó el software "ecuación AASHTO 93" bajo los parámetros de la misma nos resultó 18 cm espesor de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> de pavimento rígido y para el análisis estructural fue necesario el modelamiento en EverFE 2.24 donde se analizó mediante elementos finitos 3D, se visualizó los máximos esfuerzos producidos en la losa y la subbase de 1.72 Mpa cumpliendo con el 50% menor del Mr del concreto.

## VII. RECOMENDACIONES

- El ensayo de mecánica de suelos es un estudio básico en la elaboración de proyectos viales y debe ser realizado según exigencias de la norma suelos y pavimentos R.D. N°10-2014-MTC, mínimo 3 ensayos por kilómetro dependiendo la tipificación de la carretera según Índice Medio Diario Anual en las vías, primera, segunda, tercera clase y carreteras de bajo volumen deben ejecutarse a una hondura pequeña de 1.50 m.
- Para el cálculo del espesor de la subbase o base de un pavimento se recomienda hacer ensayo de mecánica de suelos del material granular de la cantera que se usará en la ejecución del proyecto la cual debe ser visado un profesional especialista.
- Para el vertido del concreto se sugiere que la subbase o base se encuentren bien compactadas, y el vertido debe realizarse con vibrador de concreto ya que se trata de una losa de 18 cm de espesor, finalmente se sugiere realizar mantenimiento periódico para prolongar la vida útil del pavimento rígido.
- El planeamiento urbanístico es importante al momento realizar un proyecto nuevo o una mejora se recomienda que las municipalidades cuenten con uno para para mayor ordenamiento de parámetros de las vías.

## REFERENCIAS

- Aditya, C., Irawan, D., & Silviana, S. (2021). Implementation of marble waste as aggregate material rigid pavement. *EUREKA, Physics and Engineering*, 2021(4), 76–88. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001932>
- Agoes, S., & Candra, A. (2021). Analysis of the effect of slab thickness on crack width in rigid pavement slabs. *EUREKA, Physics and Engineering*, 2021(2), 42–51. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001693>
- Arispe Alburqueque, C. M., Yangali Vicente, J. S., Guerrero Bejarano, M. A., Lozada de Bonilla, O. R., Acuña Gamboa, L. A., & Arellano Sacramento, C. (2020). *La investigación científica. Una aproximación para los estudios de posgrado* (1ra edició). Universidad Internacional del Ecuador.
- Bahamondes, R., Echaveguren, T., & Vargas-Tejeda, S. (2013). Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón. *Revista de Construcción*, 12(3), 17–26. <https://n9.cl/7zh7x>
- Barreto Cedeño, S. L., Banguera Garces, J., & Córdova Rizo, J. (2018). Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. *Universidad y Sociedad*, 10(1), 59–68. <https://n9.cl/el5k2>
- Bautista, A. F. (2018). Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el micro-sistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. *Revista Perspectiva Geográfica*, 23(1), 123–141. <https://doi.org/10.19053/01233769.8058>
- Carmona Clavijo, G., Bonilla Untiveros, C., Caballero Ñopo, P., Carreño Escobedo, R., Anaya Ramírez, E., Huamán Sánchez, K., & Reyes Puma, N. (2018). Políticas e intervenciones para reducir lesiones por accidentes de tránsito: De la evidencia a la práctica. *An Fac Med*, 79(3), 244–251. <https://n9.cl/b3chd>
- Castro Chuyo, L. D., Muñoz Pérez, S., Paucar Aguilar, J. J., & Ramirez Silva, R. V. (2021). Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun Trabajemos*, 2(1), 29–44. <https://n9.cl/fsm59>
- Colque Ortega, R. G., & Contreras Ccama, C. M. (2021). *Diseño de la infraestructura vial del pavimento rígido del Casco urbano de la localidad de*

- Cochas distrito de Sarin 2021* [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil]. <https://n9.cl/twesv>
- Córdova Farfán, K. Y., & Cruz Pedemonte, L. R. (2020). Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASTHO 93, de la Av. Ramón Castilla, en el distrito de Chulucanas-Morropón-Piura.2019. In *Universidad César Vallejo*. Trabajo para obtener el Grado de Bachiller en Ingeniería Civil.
- Crabtree, B., Ross, B. E., Cousins, T. E., & Ziehl, P. (2021). Live-load testing of flat precast slab bridge to determine joint efficiency and distribution factors for moment. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 35(1). <https://n9.cl/9hbt6>
- El-Ashwah, A. S., El-Badawy, S. M., & Gabr, A. R. (2021). A simplified mechanistic-empirical flexible pavement design method for moderate to hot climate regions. *Sustainability*, 13(19), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su131910760>
- Espinoza Montes, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica: Pensando en sistemas* (Segunda ed). Huancayo-Perú: Soluciones Gráficas S.A.C. <https://n9.cl/i62uo>
- Gade, A., Kulkarni, S., Tapase, A. B., & Bonde, S. (2019). A cost-effective approach towards road construction-kondave a case study. *Sustainable Civil Infrastructures*, 2(1), 98–106. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95759-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95759-3_8)
- González, D., Alvarado, C., & Marín, C. (2017). Diseño y validación de una Encuesta para la caracterización de unidades de Producción Caprina. *Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias*, 58(2). <https://n9.cl/fw7qj>
- Guerra-Rojas, R. A. (2020). Behavior analysis of maximum stresses induced in rigid pavements due to partial replacement of slabs. *ITECKNE*, 17(2), 98–109. <https://n9.cl/gfvjk>
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 4(3), 163–173. <https://n9.cl/onupe>
- Guzmán Ortiz, D. V., Hernández Zaragoza, J. B., López Lara, T., Horta Rangel, J.

- M., & Giraldo Posada, D. A. (2021). Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(1), 1–11. <https://n9.cl/1r6iu>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2019). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. (1ra edición). McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición). McGraw Hill / Interamericana Editores, S.A. <https://n9.cl/2i4>
- Kashif, M., Naseem, A., Iqbal, N., De Winne, P., & De Backer, H. (2021). Evaluating the early-age crack induction in advanced reinforced concrete pavement using partial surface saw-cuts. *Applied Sciences*, 11(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/app11041659>
- Kyslytsyna, A., Xia, K., Kislitsyn, A., El Kader, I. A., & Wu, Y. (2021). Road surface crack detection method based on conditional generative adversarial networks. *Sensors*, 21(7405), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s21217405>
- López Fernández, R., Avello Martínez, R., Palmero Urquiza, D. E., Sánchez Gálvez, S., & Quintana Álvarez, M. (2019). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(2), 441–450. <https://n9.cl/qjb98>
- Menendez, J. (2009). Ingeniería de pavimentos, materiales, diseño y conservación - ICG (pp 1-112)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Guía simplificada para la identificación, Formulación y evaluación de proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de caminos vecinales, a nivel de perfil*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). *Manual de Carreteras. Sección suelos y pavimentos* (pp. 1–305). R.D. N°10-2014-MTC/14. <https://n9.cl/d2rkv>
- Ministerio de Vivienda. (2010). Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. In *Ce.010* (pp. 1–75). <https://n9.cl/769jn>
- Miranda, Lilian (2018) modelación de pavimentos de concreto Hidráulico para la obtención de la Respuesta estructural del mismo

- <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19336/1/Modelaci>
- Mohod, M. V., & Kadam, K. N. (2016). A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 13(3), 84–88. <https://doi.org/10.9790/1684-1303078488>
- Montes de Oca Hidalgo, M. P., Sequeira Rojas, W., Ávila Esquivel, T., & Aguiar Moya, J. P. (2021). Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*, 23(42), 53–60. <https://doi.org/10.15517/iv.v23i42.46947>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal Morphology*, 35(1), 227–232. <https://n9.cl/u1tfn>
- Pleşcan, C., Pleşcan, E. L., Stanciu, M. D., Botiş, M., & Taus, D. (2021). Sensitivity analysis of rigid pavement design based on semi-empirical methods: Romanian case study. *Symmetry*, 13(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/sym13020168>
- Provías Nacional. (2019). *Memoria anual 2019*. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.30.num.3.2019.27700>
- Rabab´ah, S., Al Hattamleh, O., Aldeeky, H., & Abu Alfoul, B. (2021). Effect of glass fiber on the properties of expansive soil and its utilization as subgrade reinforcement in pavement applications. *Case Studies in Construction Materials*, 14(e00485). <https://n9.cl/ntmwd>
- Reyes, O., Díaz, I. del C., Ramos, A., & Otmara Martínez, J. (2021). Losa curva de hormigón armado para Centro de Convenciones. *Obras y Proyectos*, 29, 42–53. <https://n9.cl/8bxyw>
- Rosales, M. (2020). *Plan de repavimentación vial inicial*. EPMMOP Movilidad y Obras. <https://n9.cl/ewcad>
- Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. (Primera). Universidad Ricardo Palma: Vicerrectorado de Investigación. <https://n9.cl/2nrie>
- Shafabakhsh, G. A., Vafaei, M., Amiri, N., & Famili, A. (2017). Dynamic effects of moving loads on the jointed plain concrete pavement responses. *Engineering Journal*, 21(5), 137–144.

<https://doi.org/10.4186/ej.2017.21.5.137>

Sukmak, P., Sukmak, G., Horpibulsuk, S., Kassawat, S., Suddeepong, A., & Arulrajah, A. (2021). Improved mechanical properties of cement-stabilized soft clay using garnet residues and tire-derived aggregates for subgrade applications. *Sustainability*, 13(21), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su132111692>

Utomo, A. B., Hidayatiningrum, L. F., & Dhanardono, B. (2021). Application of porous concrete to resolve flood on the roads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 708(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/708/1/012037>

Vasquez, L., (2004) Ecuaciones Aashto 1993-EqAAHTO93 ver 2.0.://www.mediafire.com/file/v10vh87mlw6wxpi/InstalaEqAASHTO93\_ING\_LUIS\_VASQUEZ.zip/file

## ANEXO

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 24  
Matriz de consistencia

Título: Diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021. Autora: Bach. Cruz Dionicio, María Elisa				
Problema	Objetivos	Variables e indicadores		
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, de la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> (a) ¿Cuál es la capacidad portante de la Subrasante, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021? (b) ¿Cuál será el espesor de la Sub Base, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021? (c) ¿Cuál es el espesor de la losa de concreto en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> (a) Determinar la capacidad portante de la Subrasante, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021. (b) Determinar el espesor de la Sub Base, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021. (c) Determinar el espesor de la losa de concreto, en Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.</p>	<b>Variable: Diseño estructural de pavimento rígido</b>		
		<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
		Tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición del tránsito</li> <li>• Estadística (conteo vehicular)</li> <li>• Proyección (tasa de crecimiento)</li> </ul>	Nominal
		Suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración de calicatas</li> <li>• Parámetro del suelo(CBR)</li> </ul>	Nominal
Espesores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de AASHTO 93</li> </ul>	Nominal		

## Anexo 2. Matriz de operacionalización

Tabla 25

*Operacionalización de la variable*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño estructural de pavimento rígido	Es el proceso por el cual los componentes estructurales (losa, subbase, subrasante) de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, densidad y composición de tráfico. (Menéndez José, 2009, p.9)	Mediante los parámetros del método AASHTO 93 en el diseño estructural del pavimento, permitirán medir la variable	Tráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición del tránsito</li> <li>• Estadística (conteo vehicular)</li> <li>• Proyección (tasa de crecimiento)</li> </ul>	Nominal
			Suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración de calicatas</li> <li>• Parámetro del suelo(CBR)</li> </ul>	Nominal
			Espesores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de AASHTO 93</li> </ul>	Nominal

Elaboración propia



# Instrumento N°2

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
OBRA :		UBICACIÓN	REGION :		
			PROVINCIA :		
			DISTRITO :		
CALICATA :		TRAMO :			
MUESTRA :		PROGRESIVA :			
PROFUNDIDAD :		FECHA :			
NIVEL FREATICO :					
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115</b>					
Nº Golpes / capa:	56	Nº Capas:	5	Peso del Martillo:	10 Lbs.
Dimensiones del Molde		Diametro:	15.10	Altura:	12.2
		Sobrecarga:	10 Lbs.	Vol.:	2177

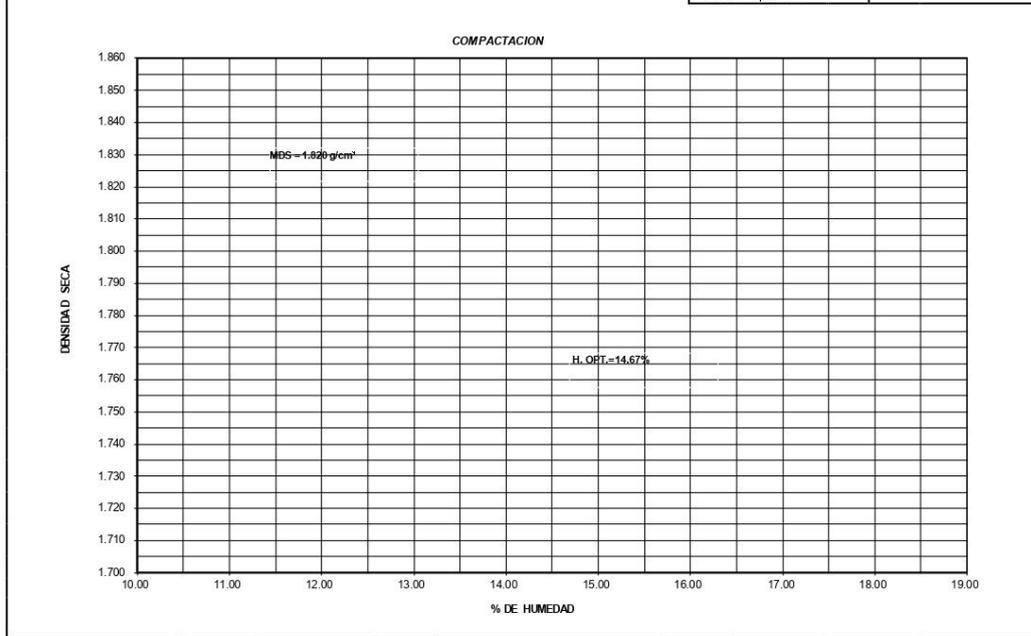
### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)				
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA				
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)				
PESO DEL AGUA (grs)				
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)				
% PROMEDIO				

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %				
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	2882	2882	2882	2882
PESO DEL MOLDE (grs)				
PESO DEL SUELO (grs)				
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)				
DENSIDAD SECA (grs/cm3)				

Densidad Máxima (grs/cm3)	
Humedad Óptima%	



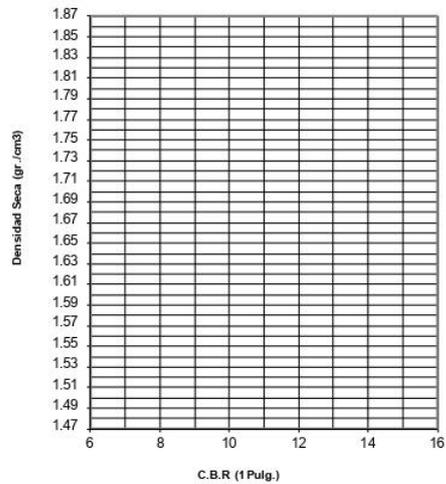
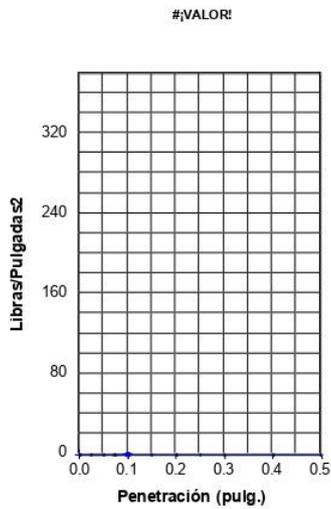
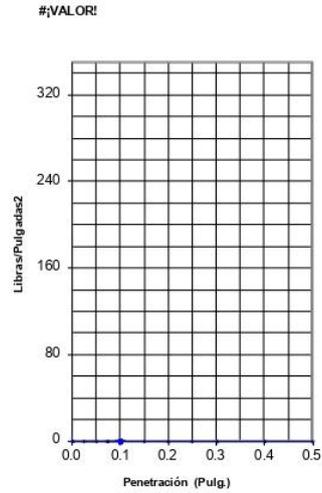
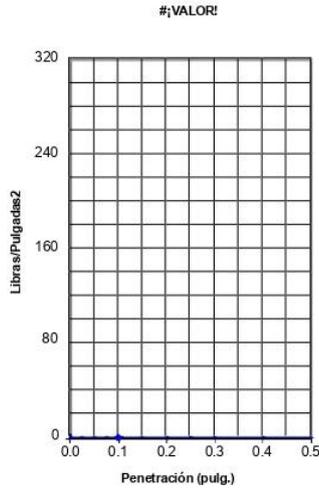


## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>OBRA :</b>		<b>UBICACIÓN</b>	<b>REGION :</b>	
			<b>PROVINCIA :</b>	
			<b>DISTRITO :</b>	
<b>CALICATA :</b>		<b>TRAMO :</b>		
<b>MUESTRA :</b>		<b>PROGRESIVA :</b>		
<b>PROFUNDIDAD :</b>		<b>FECHA :</b>		
<b>NIVEL FREATICO :</b>				

### ENSAYO: C.B.R

Humedad Optima Porct.. Mod.:	0.00 %	Max. Des. Porct.. Mod.:	- gr/cm
------------------------------	--------	-------------------------	---------



GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	0.00	0.00	0.00				95%	100%
25	0.00	0.00	0.00					-
56	0.00	0.00	0.00					

## Anexo 4. Validación por Expertos

### Validación de instrumento N° 1

#### I. Datos generales:

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** Ing. Kiko Félix Depaz celi.....  
1.2. **Institución donde labora:** Universidad Cesar Vallejo.....  
1.3. **Cargo que desempeña:** Docente a Tiempo Parcial.....  
1.4. **Mención de Maestría/Doctorado que ostenta:** Gestión Publica.....  
1.5. **Nombre del instrumento motivo de Evaluación:** Formato para conteo basado en el formato AASTHO 93.  
1.6. **Título del Proyecto de Trabajo de investigación:** Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO93, de la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021  
1.7. **Autor del instrumento:** Cruz Dionicio, María Elisa

#### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

#### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variable que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80 %

#### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huaráz, 17 de Enero de 2022



Experto: KIKO FELIX DEPAZ CELI  
DNI: 31663735

## Validación de instrumento N° 2

### I. Datos generales:

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: Ing. Kiko Felix Depaz Celi.....  
1.2. Institución donde labora: ... UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.....  
1.3. Cargo que desempeña: ...DOCENTE A TIEMPO PARCIAL.....  
1.4. Mención de Maestría/Doctorado que ostenta: **GESTION PUBLICA**.....  
1.5. Nombre del instrumento motivo de Evaluación: FORMATO RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E – 115, VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132.  
1.6. Título del Proyecto de Trabajo de investigación: Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO 93, de la Av. Crespo y Castillo, en Ambo- Huánuco 2021  
1.7. Autor del instrumento: Cruz Dionicio, María Elisa

### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variable que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80 %

### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huaráz, 17.... de Enero..... de 2022

  
Experto: KIKO FELIX DEPAZ CELI  
DNI: 31663735

## Validación de instrumento N° 1

### I. Datos generales:

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** Ing. Jorge Zevallos Huaranga.....  
1.2. **Institución donde labora:** Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco  
1.3. **Cargo que desempeña:** Docente .....
- 1.4. **Mención de Maestría/Doctorado que ostenta:** Gerencia Publica.....  
1.5. **Nombre del instrumento motivo de Evaluación:** Formato para conteo basado en el formato AASTHO 93.  
1.6. **Título del Proyecto de Trabajo de investigación:** Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO93, de la Av. Crespo y Castillo, en ambo, Huánuco 2021  
1.7. **Autor del instrumento:** Cruz Dionicio, María Elisa

### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variables que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

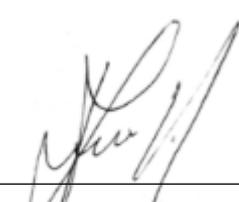
80 %

### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huanuco, 18 de Enero de 2022

  
\_\_\_\_\_  
Experto: **Jorge ZEVALLOS HUARANGA**  
DNI: 19836982

## Validación de instrumento N° 2

### I. Datos generales:

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** Ing. Jorge Zevallos Huaranga.....  
1.2. **Institución donde labora:** Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco  
1.3. **Cargo que desempeña:** Docente .....
- 1.4. **Mención de Maestría/Doctorado que ostenta:** Gerencia Publica.....  
1.5. **Nombre del instrumento motivo de Evaluación:** FORMATO RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115, VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132.  
1.6. **Título del Proyecto de Trabajo de investigación:** Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO93, de la Av. Crespo y Castillo, en ambo, Huánuco 2021  
1.7. **Autor del instrumento:** Cruz Dionicio, María Elisa

### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variable que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

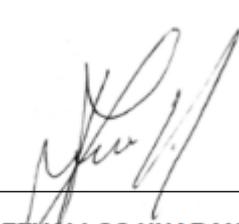
80 %

### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huanuco, 18 de Enero de 2022

  
\_\_\_\_\_  
Experto: **Jorge ZEVALLOS HUARANGA**  
DNI: 19836982

## Validación de instrumento N° 1

### I. Datos generales:

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** Ing. Lyndon Victor Soto Coz .....
- 1.2. **Institución donde labora:** Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco
- 1.3. **Cargo que desempeña:** Docente a tiempo parcial.....
- 1.4. **Mención de Maestría/Doctorado que ostenta:** Gestión Tecnológica Empresarial
- 1.5. **Nombre del instrumento motivo de Evaluación:** Formato para conteo basado en el formato AASTHO 93.
- 1.6. **Título del Proyecto de Trabajo de investigación:** Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO93, de la Av. Crespo y Castillo, en ambo, Huánuco 2021
- 1.7. **Autor del instrumento:** Cruz Dionicio, María Elisa

### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variable que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80 %

### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- ( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huanuco, 19 de Enero de 2022



Experto: Lyndon Victor Soto Coz  
DNI: 22414388

## Validación de instrumento N° 2

### I. Datos generales:

- 1.1. **Apellidos y Nombres del experto:** Ing. Lyndon Victor Soto Coz .....
- 1.2. **Institución donde labora:** Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco
- 1.3. **Cargo que desempeña:** Docente a tiempo parcial.....
- 1.4. **Mención de Maestría/Doctorado que ostenta:** Gestión Tecnológica Empresarial
- 1.5. **Nombre del instrumento motivo de Evaluación:** FORMATO RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115, VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132.
- 1.6. **Título del Proyecto de Trabajo de investigación:** Diseño estructural de pavimento rígido utilizando el método AASHTO93, de la Av. Crespo y Castillo, en ambo, Huánuco 2021
- 1.7. **Autor del instrumento:** Cruz Dionicio, María Elisa

### II. Apreciación del experto:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
1	El instrumento ¿Responde al planteamiento del problema?	SI ( X )	NO ( )	
2	El instrumento ¿Responde a las variables de estudio?	SI ( X )	NO ( )	
3	Las dimensiones que se han considerado ¿Son las adecuadas?	SI ( X )	NO ( )	
4	El instrumento ¿Responde a la operacionalización de la variable?	SI ( X )	NO ( )	
5	La estructura que presenta el instrumento ¿Facilita las opciones de respuesta?	SI ( X )	NO ( )	
6	Las preguntas ¿Están redactadas de forma clara y precisa?	SI ( X )	NO ( )	
7	¿El número de preguntas es el adecuado?	SI ( X )	NO ( )	
8	¿Se debe eliminar alguna pregunta?	SI ( X )	NO ( )	

### III. Requisitos para considerar un instrumento de medición

N°	Requisitos	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Bueno 41 – 60%	Muy bueno 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1	Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes.				X	
2	Validez, el instrumento realmente mide las variable que se busca medir.				X	
3	Objetividad, el instrumento muestra ser permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de la investigación.				X	

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

80 %

### IV. Opción de aplicabilidad

- ( X ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- ( ) El instrumento debe ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar el trabajo

Huanuco, 19 de Enero de 2022



Experto: Lyndon Victor Soto Coz  
DNI: 22414388

## Anexo 5: Tablas considerados en la investigación

Tabla 26  
Configuración de Ejes y cargas

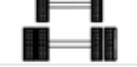
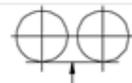
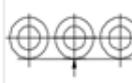
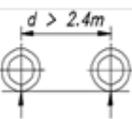
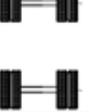
NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGIA	N° DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO
_1VL	SIMPLE		2		1
_2VL	SIMPLE		2		2
_4VL	SIMPLE		4		4
_1RS	SIMPLE		2		7
_1RD	SIMPLE		4		11
_1RS_1RD	TANDEM		6		16
_2RS	TANDEM		4		12
_2RD	TANDEM		8		18
_3RS	TRIDEM		6		16
_1RS_2RD	TRIDEM		10		23
<b>NOMENCLATURA</b>	<b>CONJ. DE EJES</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>N° DE NEUMATIC.</b>	<b>GRÁFICO</b>	<b>PESO</b>
_3RD	TRIDEM		12		25
_1RD_1RD	SIMPLE		8		22

Tabla 27

*Ecuaciones de factor de equivalencia para pavimento rígido*

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE
Eje Simple de Ruedas Simples	$EE = (P/6.6)^{4.1}$
Eje Simple de Ruedas Dobles	$EE = (P/8.2)^{4.1}$
Eje tandem (1 Eje Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$EE = (P/13.0)^{4.1}$
Eje Tandem (2 Ejes de Ruedas Dobles)	$EE = (P/13.3)^{4.1}$
Eje Tridem (2 Ejes Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples )	$EE = (P/16.6)^4$
Eje Tridem (3 Ejes Ruedas Dobles)	$EE = (P/17.5)^4$

Tabla 28

*Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k*

Tipo de Suelo	Soporte	Rango de Valores de k pci (MPa/m)
Suelos de granos finos en los que predominan las partículas de tamaño de limos y arcillas.	Bajo	75 – 120 (20-34)
Arenas y mezclas de arenas-gravas con cantidades moderadas de limo y acilla	Medio	130 – 170 (35-49)
Arena y mezclas de arena-gravas relativamente libre de limos plásticos	Alto	180 – 220 (50-60)

Fuente: Norma técnica CE 010 Pavimentos Urbanos RNE (Ministerio de Vivienda, 2010, p.50)

Tabla 29  
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

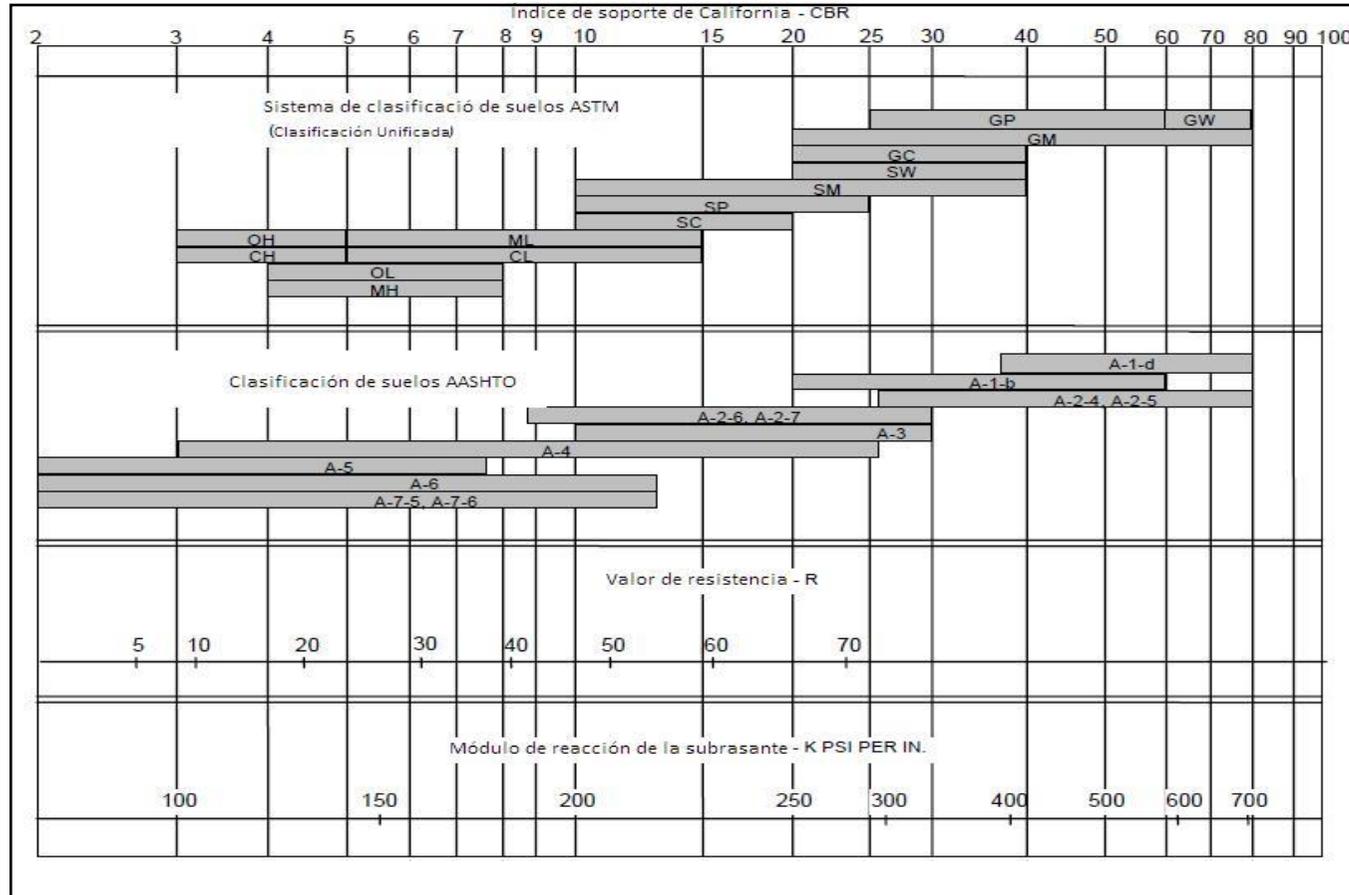
Objetivos	Fuente	Técnicas	Herramientas	Logros
<b>Objetivo general:</b> Determinar el diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.	Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo-provincia Ambo-Huánuco	Observación	Plantillas de Excel con formato AASHTO 93	Determinar el volumen de tráfico vehicular para el diseño estructural
<b>Objetivo específico 1:</b> Determinar la capacidad portante de la Subrasante, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.	Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo-provincia Ambo-Huánuco	Observación y exploración de campo	Fichas técnicas de acuerdo a la observación y exploración de campo	Determinar las características físico-mecánicas para el diseño.
<b>Objetivo específico 2:</b> Determinar el espesor de la Sub Base, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.	Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo-provincia Ambo-Huánuco	Observación	Fichas técnicas de acuerdo a la observación	Determinar la capacidad portante del material granular de cantera
<b>Objetivo específico 3:</b> Determinar el espesor de la losa de concreto en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021.	Av. Crespo y Castillo, del distrito de Ambo-provincia Ambo-Huánuco	Observación	Informe usando Microsoft Word y Excel con formato AASHTO 93	Determinar los parámetros del AASHTO 93 para el diseño.

Elaboración propia

## Anexo 6: Figuras consideradas en la investigación

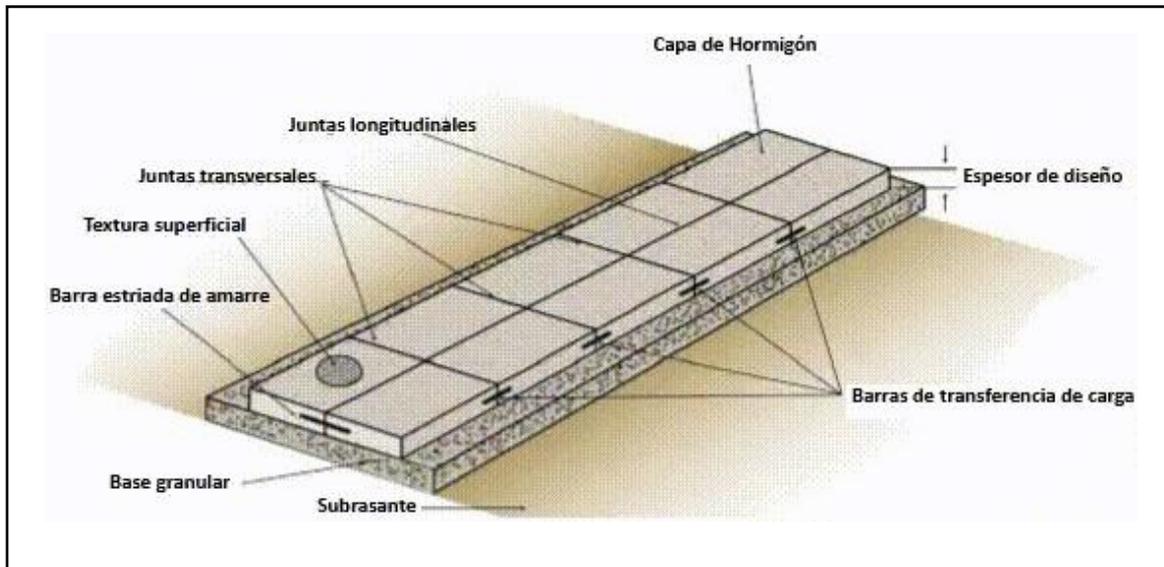
Figura 4

*Interrelación aproximados entre clasificaciones de suelos y valores de soporte*



Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2010, p.50)

Figura 5  
Componentes del sistema



Fuente: (Rosales, 2020, p.10)

Figura 6  
Ecuación AASHTO 1993

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{3.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

En donde:

- $W_{8.2}$  = número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período 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.
- $\Delta PSI$  = 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 luz).
- $C_d$  = coeficiente de drenaje.
- $J$  = coeficiente de transmisión de carga en las juntas
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- $K$  = módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Fuente: (MTC, 2014, p.211)

**Anexo 7: Granulometría, Limite De Consistencia, Perfil Estratigráfico,  
Densidad, Compactación y Ensayo C.B.R. de Calicatas**

**CALICATA C-01**



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO  
AQUINO E.I.R.L**

**PROYECTO :** DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

**UBICACIÓN :** AV. CRESPO Y CASTILLO  
**CALICATA :** C - 01 Km 0+000  
**FECHA :** Oct-21

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200	0.0			100.00	<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  Arena arcillosa - limosa equivalente a:  72.90%
2 1/2"	63.500	0.0			100.00	
2"	50.800	0.0			100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	221.0	7.37	7.37	92.63	
1/4"	6.350	281.0	9.37	16.73	83.27	
No 4	4.760	204.0	6.80	23.53	76.47	
No 8	2.380	361.0	12.03	35.57	64.43	
No 10	2.000	133.0	4.43	40.00	60.00	
No 16	1.190	246.0	8.20	48.20	51.80	
No 20	0.840	180.0	6.00	54.20	45.80	
No 30	0.590	136.0	4.53	58.73	41.27	
No 40	0.426	90.0	3.00	61.73	38.27	
No 50	0.297	89.0	2.97	64.70	35.30	
No 60	0.250	51.0	1.70	66.40	33.60	
No 80	0.177	85.0	2.83	69.23	30.77	
No 100	0.149	39.0	1.30	70.53	29.47	
No 200	0.074	71.0	2.37	72.90	27.10	
CAZOLETA	0.000	813.0	27.10	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>3000.0</b>	<b>100.0</b>			

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

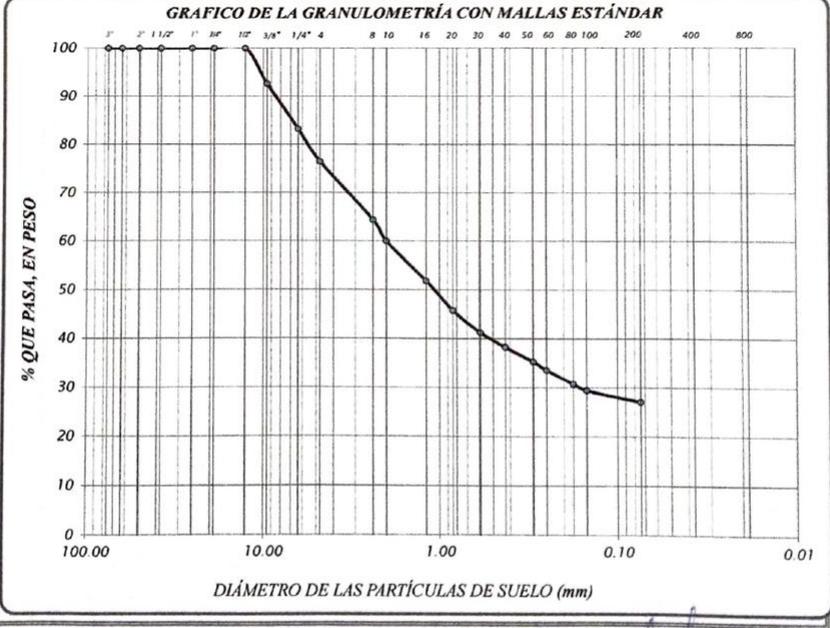
Limite Líquido = 29.90  
Limite Plástico = 17.12  
Índice Plástico = 12.78  
Coeficiente de Curvatura = 1.14  
Coeficiente de Uniformidad = 318.13

**CLASIFICACIÓN**

SUCS : SC  
AASHTO : A-2-6(0)

**OBSERVACIONES**

% de grava = 23.53%  
% de arena = 49.37%  
% de limo y arcilla = 27.10%  
% de humedad = 4.32%



*César Enrique Aquino Espinoza*  
Téc. Laboratorio de Suelos  
RUC: 10757412271

*Rony Joel Díaz Esquivel*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 74036



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

### AQUINO E.I.R.L

**OBRA** :

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021**

**UBICACIÓN** : AV. CRESPO Y CASTILLO

**CALICATA** : C - 01 Km 0+000

**FECHA** : Oct-21

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

Nº DE GOLPES	16	21	29	35
Suelo Húmedo + Torno	49.830	55.240	46.530	59.940
Suelo seco + Torno	43.900	48.180	41.650	52.150
Peso de Torno	25.000	25.010	25.001	25.050
Peso del Agua	5.930	7.060	4.880	7.790
Peso de Suelo Seco	18.900	23.170	16.649	27.100
HUMEDAD %	31.376	30.470	29.311	28.745

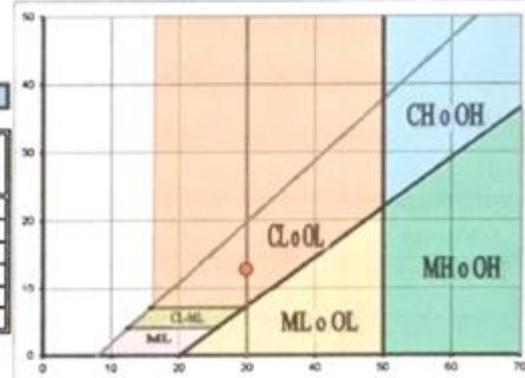
LÍMITE LÍQUIDO : 29.90

LÍMITE PLÁSTICO : 17.12

ÍNDICE PLÁSTICO : 12.78

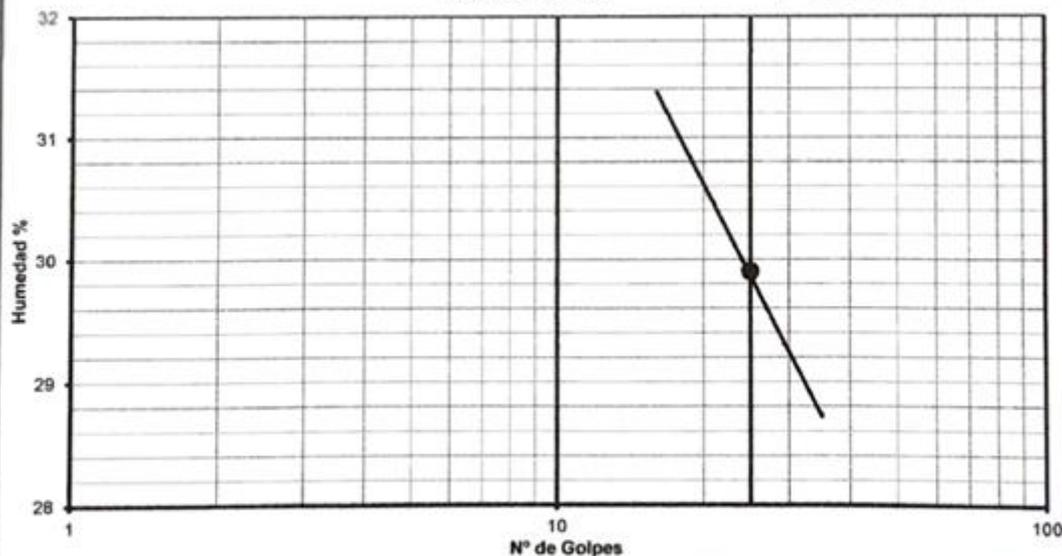
#### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

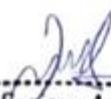
MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Torno	55.500	47.560	54.630
Suelo seco + Torno	49.800	42.500	49.000
Peso de Torno	15.010	15.000	15.015
Peso del Agua	5.700	5.060	5.630
Peso de Suelo Seco	34.790	27.500	33.985
HUMEDAD %	16.384	18.400	16.566



#### CURVA DE FLUIDEZ

$$y = -3.397 \ln(x) + 40.795$$



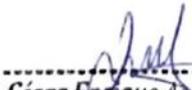
  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Percy Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 RUC: C10 74036



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO  
AQUINO E.I.R.L**

PERFIL ESTRATIGRÁFICO C - 01 KM 0+000					
<b>OBRA</b> DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021					
<b>UBICACIÓN</b> AV. CRESPO Y CASTILLO <b>CALICATA</b> C - 01 Km 0+000 <b>FECHA</b> Oct-21					
ESPESOR DE ESTRATO ml.	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		SÍMBOLO DEL TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
		SUCS	AASHTO		
0.10m	E-1	Pt	A-8		Suelo con presencia de raíces de plantas rastreras
1.50 m	E-2	SC	A-2-6(0)		Arena arcillosa - limosa equivalente a:  72.90%

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO HUANUCO 2021	UBICACIÓN	REGION HUASSUO	PROYECTO AMBO
			DISTRITO AMBO	
CALICATA	C-01	TRAMO	AV. CRESPO Y CASTILLO	
MUESTRA	M-01	PROGRESIVA	KM 0+000	
PROFUNDIDAD	1.50 m.	FECHA	03-21	
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRO			

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115**

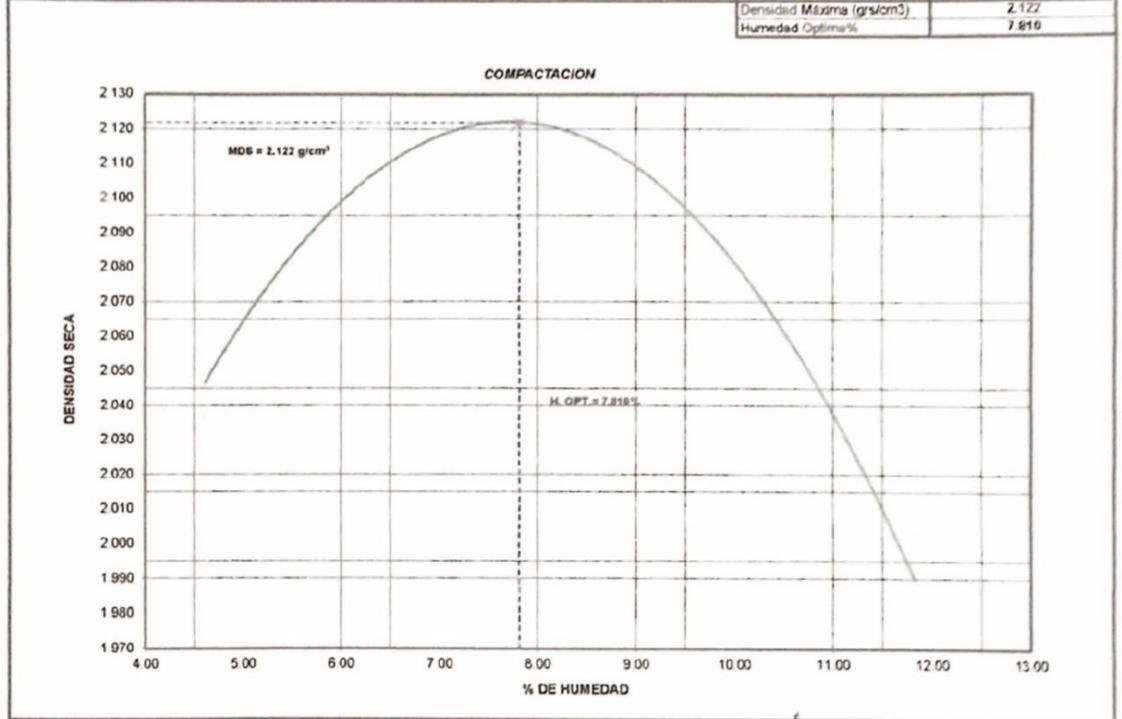
Nº Golpes / capa:	56	Nº Capas:	5	Peso del Martillo:	10 Lbs
Dimensiones del Molde		Diametro:	15.10	Altura:	12.2
		Sobrecarga:	10 Lbs	Vol:	2177

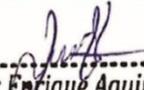
### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

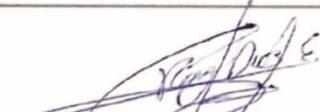
MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	345.00	345.00	349.00	345.00
PESO DEL TARRO + MUESTRA HUMEDA	1293.00	1141.00	1466.00	1348.00
PESO DEL TARRO + MUESTRA SECA (grs)	1250.00	1107.00	1392.00	1281.00
PESO DEL AGUA (grs)	43.00	34.00	74.00	67.00
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	905.0	762.0	1043.0	932.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	4.75	4.46	7.09	7.19
% PROMEDIO	4.61	7.14	9.78	11.83

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.61	7.14	9.78	11.83
PESO DEL SUELO + MOLDE (grs)	7762	7894	7788	7598
PESO DEL MOLDE (grs)	3124	2878	2878	3120
PESO DEL SUELO (grs)	4638	5016	4910	4878
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	2.130	2.304	2.255	2.241
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	2.037	2.150	2.054	2.054
			Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )	2.122
			Humedad Optima%	7.810



  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téo. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Percy Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93. EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO. HUÁNUCO 2021		UBICACIÓN	REGION	HUANUCO
				PROVINCIA	AMBO
				DISTRITO	AMBO
CALICATA	C - 01	TRAMO	AV. CRESPO Y CASTILLO		
MUESTRA	M - 01	PROGRESIVA	KM 0+000		
PROFUNDIDAD	1.50 m				
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRO	FECHA	Oct-21		
<b>VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132</b>					

### COMPACTACIÓN

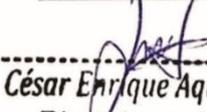
Molde N°	04		05		06	
	12		25		56	
N° de golpes por capa	6000		6000		6000	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000		6000		6000	
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11895		11915		11904	
Peso del molde (gramos)	6970		6870		6504	
Peso del suelo húmedo (grs.)	4925		5245		5400	
Volumen del molde (cc)	2323		2323		2323	
Densidad húmeda (grs /cm3)	2.12		2.28		2.32	
Densidad seca (grs /cm3)	1.93		2.06		2.120	
Tarro N°	10		12		16	
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	988.00		793.00		1013.00	
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	923.00		749.50		954.60	
Peso del agua (grs.)	85.00		43.50		58.40	
Peso del tarro (grs.)	250.00		300.00		350.00	
Peso del suelo seco (grs.)	673.00		449.50		604.60	
% de humedad	9.66		9.68		9.66	
PROMEDIO DE HUMEDAD						

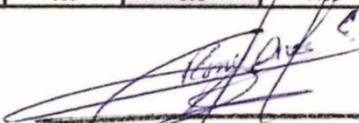
### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		LECTURA DIAL	Mm.	%	LECTURA DIAL	mm	%	LECTURA DIAL	mm	%
06/10/2021	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/2021	24 H	15	8	0.18	12	12	0.26	8	8	0.18
08/10/2021	48 H	24	17	0.37	18	18	0.39	11	11	0.24
09/10/2021	72 H	38	31	0.68	33	33	0.72	17	17	0.37
10/10/2021	96 H	47	40	0.88	39	39	0.85	25	25	0.55

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01- N° de Golpes			MOLDE N°02- N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras /pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras /pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras /pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	62	158	53	92	232	77	117	294	98
0.050	121	304	101	160	400	133	180	450	150
0.075	163	408	136	198	494	165	220	549	183
0.100	230	573	191	236	588	196	257	640	213
0.150	288	717	239	319	793	264	347	863	288
0.200	328	816	272	376	934	311	426	1058	353
0.250	359	892	297	418	1038	346	474	1177	392
0.300	372	924	308	449	1115	372	508	1261	420
0.400	399	991	330	477	1184	395	557	1382	461
0.50	407	1011	337	482	1196	399	568	1409	470

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
  
**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

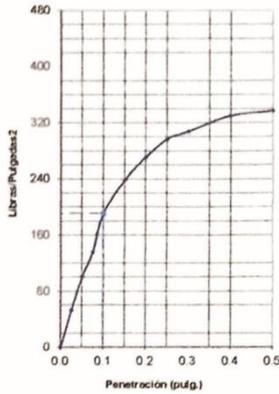
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>OBRA :</b>	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. GRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO HUÁNUCO 2021	<b>UBICACIÓN</b>	REGION : HUÁNUCO	PROVINCIA : AMBO	DISTRITO : AMBO
<b>CALICATA :</b>	G - 01	<b>TRAMO :</b>	AV. GRESPO Y CASTILLO		
<b>MUESTRA :</b>	M - 01	<b>PROGRESIVA :</b>	KM 0+000		
<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50 m	<b>FECHA :</b>	Oct. 21		
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>	NO SE ENCONTRO				

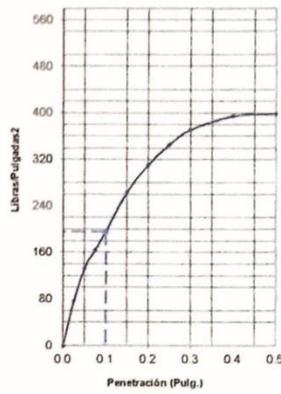
### ENSAYO: C.B.R

Humedad Optima Porct. Mod	7.81 %	Max Des. Porct. Mod	2.122 gr/cm <sup>3</sup>
---------------------------	--------	---------------------	--------------------------

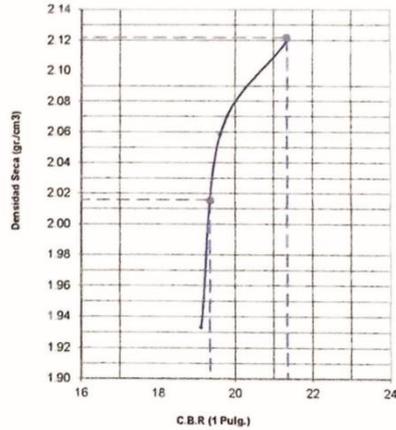
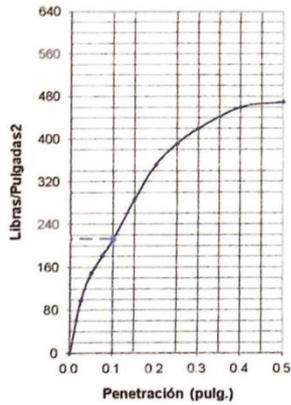
12 Golpes-C.B.R. 1" 19.11%-&=1.93gr/cm<sup>3</sup>



25 Golpes-C.B.R. 1" 19.6%-&=2.06gr/cm<sup>3</sup>



56 Golpes-C.B.R. 1" 21.33%-&=2.12gr/cm<sup>3</sup>



GOLPES	W. %	g.gr./cm <sup>3</sup>	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.66	1.93	0.88	91	19.11		95%	100%
25	9.68	2.06	0.85	97	19.60		19.34	
56	9.66	2.12	0.55	100	21.33			21.33

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Prady Joél Díaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

### AQUINO E.I.R.L

**OBRA :** DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

**UBICACIÓN :** AV. CRESPO Y CASTILLO

**CALICATA :** C - 02 Km 0+500

**FECHA :** Oct-21

#### LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

Nº DE GOLPES	17	21	27	32
Suelo Humedo + Tarro	48.970	50.750	53.640	54.890
Suelo seco + Tarro	43.250	44.720	47.060	48.160
Peso de Tarro	25.000	25.000	25.000	25.150
Peso del Agua	5.720	6.030	6.580	6.730
Peso de Suelo Seco	18.250	19.720	22.060	23.010
HUMEDAD %	31.342	30.578	29.828	29.248

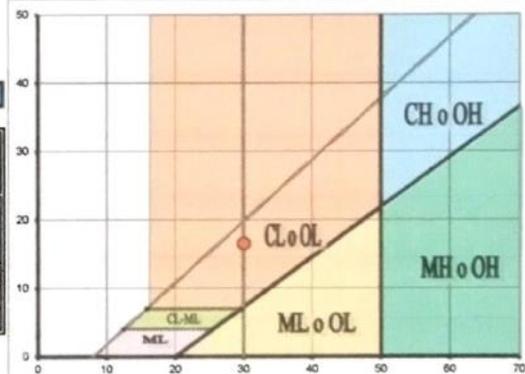
LIMITE LIQUIDO : 30.04

LIMITE PLÁSTICO : 13.50

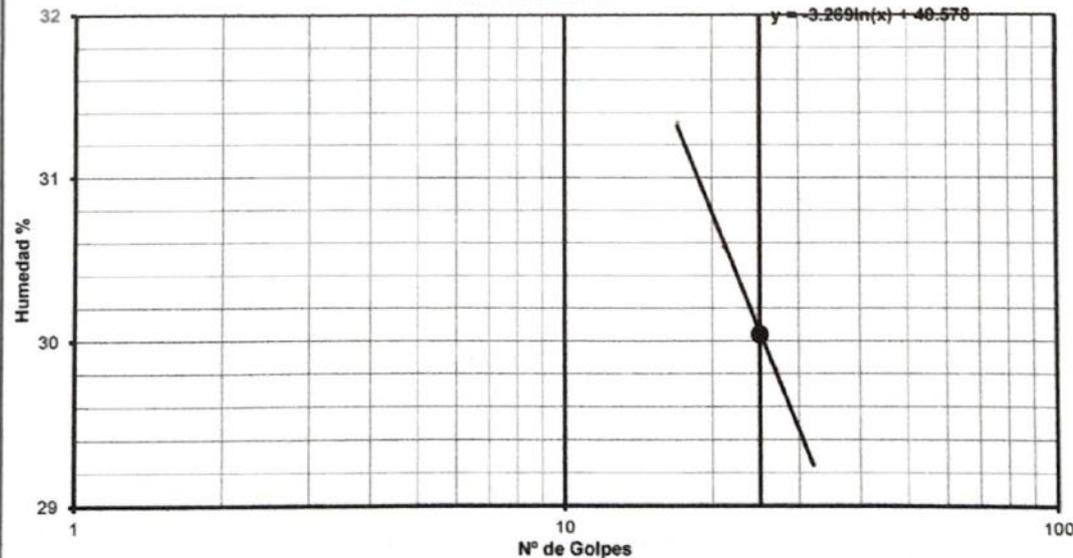
INDICE PLÁSTICO : 16.54

#### LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02	03
Suelo Humedo + Tarro	54.000	54.870	50.460
Suelo seco + Tarro	49.800	48.900	47.000
Peso de Tarro	15.010	15.000	15.015
Peso del Agua	4.200	5.970	3.460
Peso de Suelo Seco	34.790	33.900	31.985
HUMEDAD %	12.072	17.611	10.818



#### CURVA DE FLUIDEZ



  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Roly Joel Díaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**  
**AQUINO E.I.R.L**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO C - 02 KM 0+500**

**OBRA** DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

**UBICACIÓN** AV. CRESPO Y CASTILLO  
**CALICATA** C - 02 Km 0+500  
**FECHA** Oct-21

ESPESOR DE ESTRATO ml.	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		SÍMBOLO DEL TIPO DE SUELO		CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
		SUCS	AASHTO			
0.00m						
1.50 m	E-1	SC	A-2-6(1)			Arena arcillosa equivalente a:  65.03%



*César Enrique Espinoza*  
César Enrique Espinoza  
Téc. Laboratorio de Suelos  
RUC: 10757412271

*Rony Joel Díaz Esquivel*  
Rony Joel Díaz Esquivel  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 74036

# CALICATA C-03



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO AQUINO E.I.R.L

**PROYECTO :** DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

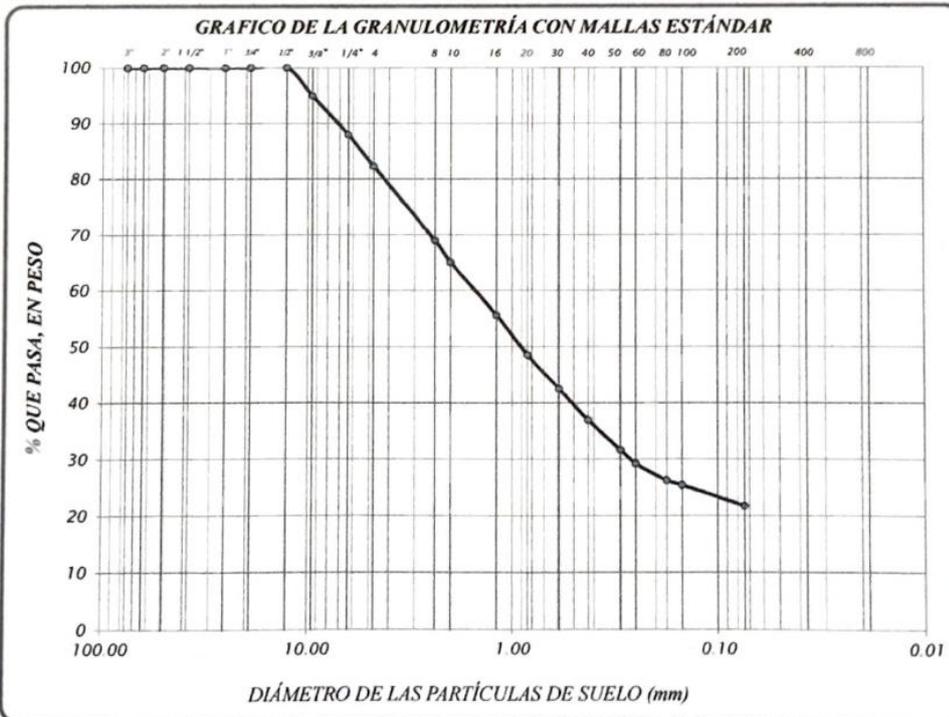
**UBICACIÓN :** AV. CRESPO Y CASTILLO  
**CALICATA :** C - 03 Km 1+000  
**FECHA :** Oct-21

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200	0.0			100.00	<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  Arena arcillosa equivalente a:  78.28%
2 1/2"	63.500	0.0			100.00	
2"	50.800	0.0			100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	126.0	5.04	5.04	94.96	
1/4"	6.350	175.0	7.00	12.04	87.96	
No 4	4.760	142.0	5.68	17.72	82.28	
No 8	2.380	333.0	13.32	31.04	68.96	
No 10	2.000	97.0	3.88	34.92	65.08	
No 16	1.190	238.0	9.52	44.44	55.56	
No 20	0.840	178.0	7.12	51.56	48.44	
No 30	0.590	149.0	5.96	57.52	42.48	
No 40	0.426	138.0	5.52	63.04	36.96	
No 50	0.297	132.0	5.28	68.32	31.68	
No 60	0.250	62.0	2.48	70.80	29.20	
No 80	0.177	73.0	2.92	73.72	26.28	
No 100	0.149	20.0	0.80	74.52	25.48	
No 200	0.074	94.0	3.76	78.28	21.72	
CAZOLETA	0.000	543.0	21.72	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>2500.0</b>	<b>100.0</b>			

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido	= 30.09
Limite Plástico	= 18.63
Índice Plástico	= 11.46
Coefficiente de Curvatura	= 1.14
Coefficiente de Uniformidad	= 318.13

CLASIFICACIÓN	
SUCS	: SC
AASHTO	: A-2-6(0)

OBSERVACIONES	
% de grava	= 17.72%
% de arena	= 60.56%
% de limo y arcilla	= 21.72%
% de humedad	= 4.21%



*César Enrique Aquino Espinoza*  
Téc. Laboratorio de Suelos  
RUC: 10757412271

*Rony Joel Diaz Esquivel*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 74036



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

AQUINO E.I.R.L

OBRA : DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

UBICACIÓN : AV. CRESPO Y CASTILLO  
 CALICATA : C - 03 Km 1+000  
 FECHA : Oct-21

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

Nº DE GOLPES	16	23	26	32
Suelo Humedo + Tarro	49.630	52.630	56.730	58.430
Suelo seco + Tarro	43.730	46.190	49.420	50.880
Peso de Tarro	25.000	25.000	25.000	25.150
Peso del Agua	5.900	6.440	7.310	7.550
Peso de Suelo Seco	18.730	21.190	24.420	25.730
HUMEDAD %	31.500	30.392	29.934	29.343

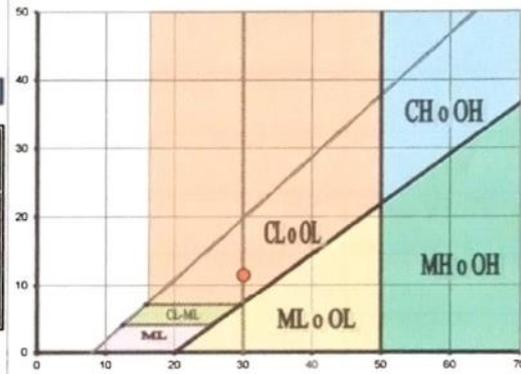
LIMITE LIQUIDO : 30.09

LIMITE PLÁSTICO : 18.63

ÍNDICE PLÁSTICO : 11.46

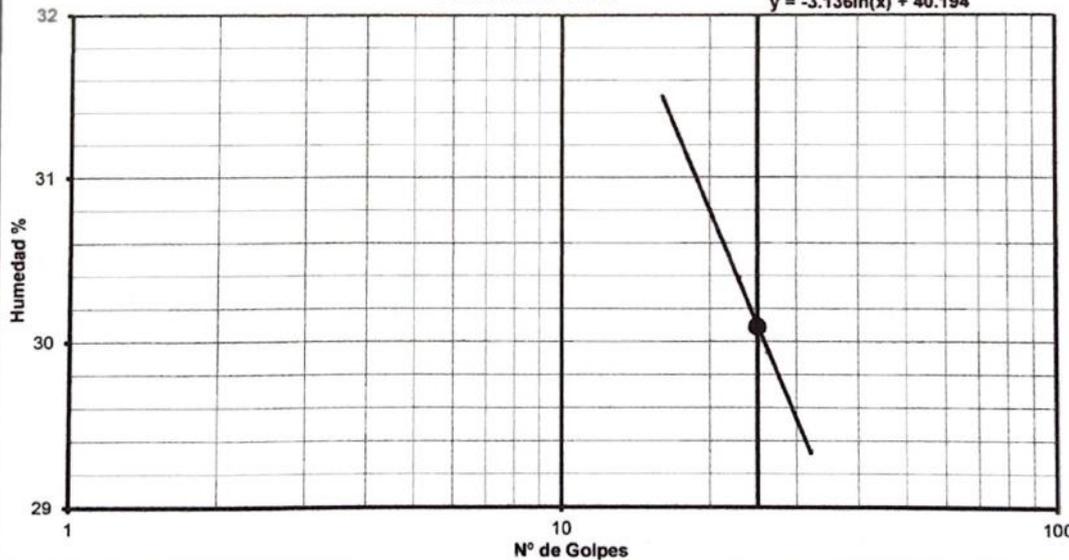
LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02	03
Suelo Humedo + Tarro	51.000	55.310	52.000
Suelo seco + Tarro	45.200	49.360	46.000
Peso de Tarro	15.010	15.000	15.015
Peso del Agua	5.800	5.950	6.000
Peso de Suelo Seco	30.190	34.360	30.985
HUMEDAD %	19.212	17.317	19.364



CURVA DE FLUIDEZ

$y = -3.136 \ln(x) + 40.194$



*César Enrique Aquino Espinoza*  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

*Rony Joel Diaz Esquivel*  
 Rony Joel Diaz Esquivel  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO  
AQUINO E.I.R.L**

PERFIL ESTRATIGRÁFICO C - 03 KM 1+000					
<b>OBRA</b> DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021					
<b>UBICACIÓN</b> AV. CRESPO Y CASTILLO					
<b>CALICATA</b> C - 03 Km 1+000					
<b>FECHA</b> Oct-21					
ESPESOR DE ESTRATO ml.	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		SÍMBOLO DEL TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
		SUCS	AASHTO		
0.00m					
1.50 m	E-1	SC	A-2-6(0)		Arena arcillosa equivalente a:  78.28%



*César Enrique Espinoza*  
**César Enrique Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

*Rony Joel Diaz Esquivel*  
**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. EIP 74036

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021	UBICACIÓN	REGION	HUÁNUCO	
			PROVINCIA	AMBO	
			DISTRITO	AMBO	
CALICATA	C - 03	TRAMO	AV. CRESPO Y CASTILLO		
MUESTRA	M - 01	PROGRESIVA	KM 1+000		
PROFUNDIDAD	1.50 m	FECHA	Oct-21		
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRO				
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115</b>					
Nº Golpes / capa	56	Nº Capas	5	Peso del Martillo:	10 Lbs
Dimensiones del Molde		Diametro:	15 10	Altura:	12.2
		Sobrecarga:	10 Lbs	Vol.	2177

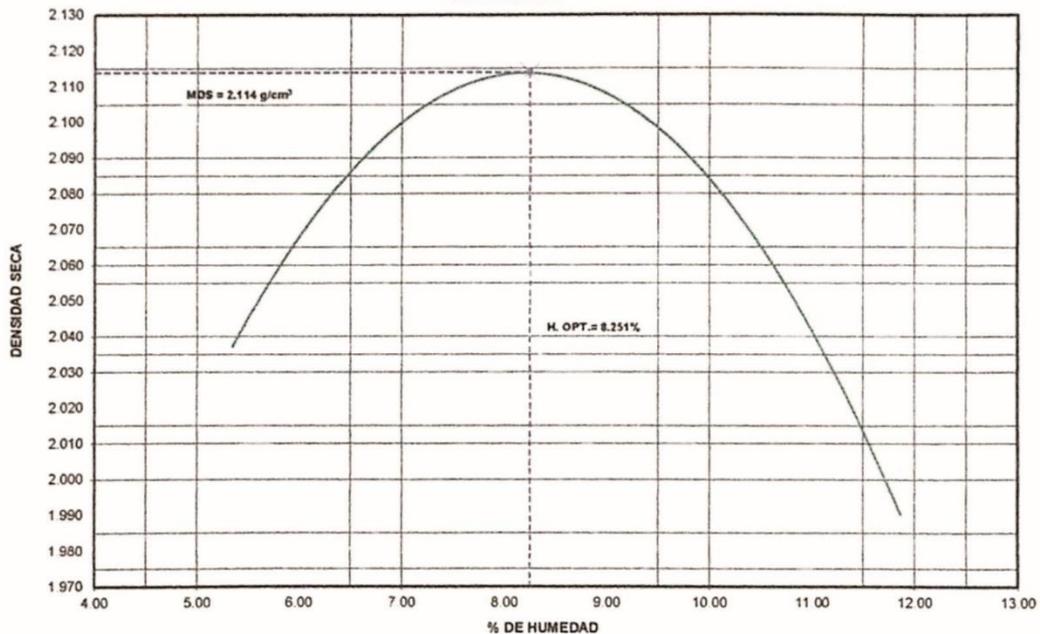
### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	345.00	345.00	349.00	349.00	350.00	350.00	345.00	345.00
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	1296.00	1147.00	1469.00	1349.00	1255.00	1183.00	1561.00	1244.00
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	1247.00	1107.00	1392.00	1281.00	1175.00	1110.00	1429.00	1151.00
PESO DEL AGUA (grs)	49.00	40.00	77.00	68.00	80.00	73.00	132.00	93.00
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	902.0	762.0	1043.0	932.0	825.0	760.0	1084.0	806.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	5.43	5.25	7.38	7.30	9.70	9.61	12.18	11.54
% PROMEDIO	5.34		7.34		9.65		11.85	

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	5.34	7.34	9.65	11.85
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	7762	7894	7788	7698
PESO DEL MOLDE (grs)	3124	2878	2878	3120
PESO DEL SUELO (grs)	4638	5016	4910	4878
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	2.130	2.304	2.255	2.241
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	2.022	2.148	2.057	2.003
			Densidad Máxima (grs/cm3)	2.114
			Humedad Óptima%	8.251

#### COMPACTACION



  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
  
**Reny Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021		UBICACIÓN	REGION	HUANUCO
				PROVINCIA	AMBO
				DISTRITO	AMBO
CALICATA	C - 03	TRAMO	AV. CRESPO Y CASTILLO		
MUESTRA	M - 01	PROGRESIVA	KM 1+000		
PROFUNDIDAD	1.50 m				
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRÓ	FECHA	Oct-21		

**VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132**

**COMPACTACIÓN**

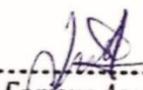
Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11895	11815	11804
Peso del molde (gramos)	6970	6670	6504
Peso del suelo húmedo (grs.)	4925	5245	5400
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.12	2.28	2.32
Densidad seca (grs./cm3)	1.93	2.06	2.11
Tarro N°	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	988.00	793.00	1015.00
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	923.00	749.50	954.60
Peso del agua (grs.)	65.00	43.50	60.40
Peso del tarro (grs.)	250.00	300.00	350.00
Peso del suelo seco (grs.)	673.00	449.50	604.60
% de humedad	9.66	9.68	9.99
PROMEDIO DE HUMEDAD			

**EXPANSIÓN**

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		LECTURA	EXPANSIÓN	%	LECTURA	EXPANSIÓN	%	LECTURA	EXPANSIÓN	%
06/10/2021	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/2021	24 H	15	8	0.18	12	12	0.28	8	8	0.18
08/10/2021	48 H	24	17	0.37	18	18	0.39	11	11	0.24
09/10/2021	72 H	38	31	0.68	33	33	0.72	17	17	0.37
10/10/2021	96 H	47	40	0.88	39	39	0.85	25	25	0.56

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03-N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg'	DIAL		Libras.	Libras./pulg'
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	24	64	21	54	138	46	79	200	67
0.050	69	175	58	122	306	102	142	356	119
0.075	111	279	93	164	410	137	182	455	152
0.100	178	445	148	202	504	168	219	546	182
0.150	236	588	196	285	709	236	309	769	256
0.200	276	687	229	342	850	263	368	964	321
0.250	307	764	255	384	954	318	436	1083	361
0.300	320	796	265	415	1031	344	470	1167	389
0.400	347	863	288	443	1100	367	519	1288	429
0.50	355	882	294	448	1112	371	530	1315	438

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Tony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

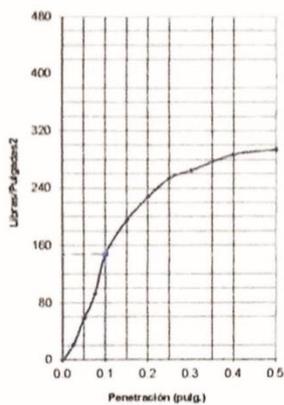
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>OBRA :</b>	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021	<b>UBICACIÓN :</b>	REGION : HUÁNUCO PROVINCIA : AMBO DISTRITO : AMBO
<b>CALICATA :</b>	C - 03	<b>TRAMO :</b>	AV. CRESPO Y CASTILLO
<b>MUESTRA :</b>	M - 01	<b>PROGRESIVA :</b>	KM 1+000
<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50 m	<b>FECHA :</b>	Oct 21
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>	NO SE ENCONTRO		

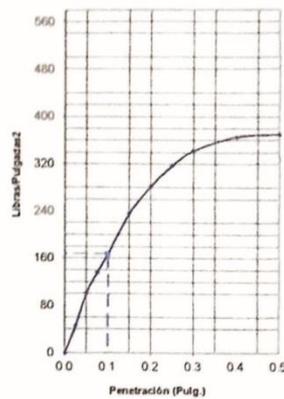
### ENSAYO: C.B.R

Humedad Optima Porct Mod	8.25 %	Max Des Porct Mod	2.11 gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------	--------	-------------------	-------------------------

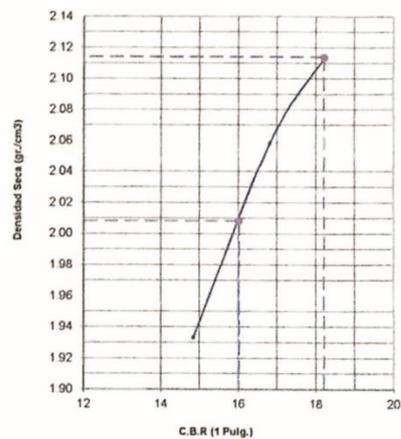
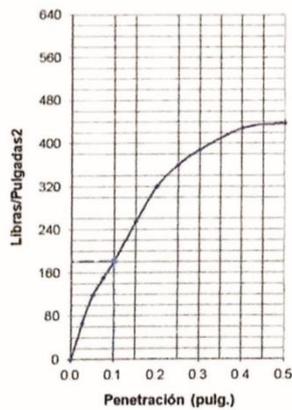
12 Golpes-C.B.R. 1" 14.82%-&=1.93gr/cm3



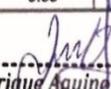
25 Golpes-C.B.R. 1" 16.8%-&=2.06gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 1" 18.2%-&=2.11gr/cm3



GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.66	1.93	0.88	91	14.82		95%	100%
25	9.68	2.06	0.85	97	16.80		16.00	18.20
56	9.99	2.11	0.55	100	18.20			

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

# CALICATA C-04



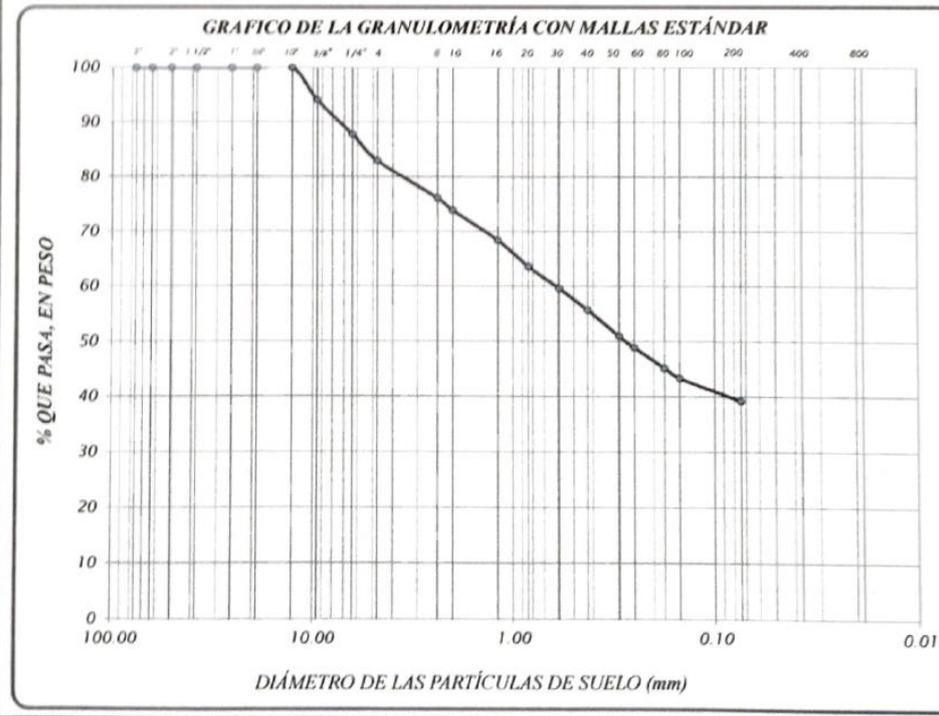
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

AQUINO E.I.R.L

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

UBICACIÓN : AV. CRESPO Y CASTILLO  
CALICATA : C - 04 KM 1+500  
FECHA : Oct-21

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO	
3"	76.200	0.0			100.00	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
2 1/2"	63.500	0.0			100.00		
2"	50.800	0.0			100.00		
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	Arena arcilloso - equivalente a:	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	60.80%	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	LÍMITES DE CONSISTENCIA	
3/8"	9.525	148.0	5.92	5.92	94.08		Límite Líquido = 27.00
1/4"	6.350	158.0	6.32	12.24	87.76		Límite Plástico = 17.41
No 4	4.760	120.0	4.80	17.04	82.96		Índice Plástico = 9.59
No 8	2.380	171.0	6.84	23.88	76.12	Coefficiente de Curvatura = 1.14	
No 10	2.000	56.0	2.24	26.12	73.88	Coefficiente de Uniformidad = 318.13	
No 16	1.190	137.0	5.48	31.60	68.40	CLASIFICACIÓN	
No 20	0.840	119.0	4.76	36.36	63.64		SUCS : SC
No 30	0.590	100.0	4.00	40.36	59.64	AASHTO : A-4(0)	
No 40	0.426	98.0	3.92	44.28	55.72	OBSERVACIONES	
No 50	0.297	119.0	4.76	49.04	50.96		% de grava = 17.04%
No 60	0.250	52.0	2.08	51.12	48.88		% de arena = 43.76%
No 80	0.177	92.0	3.68	54.80	45.20		% de limo y arcilla = 39.20%
No 100	0.149	45.0	1.80	56.60	43.40		% de humedad = 4.65%
No 200	0.074	105.0	4.20	60.80	39.20		
CAZOLETA	0.000	980.0	39.20	100.00	0.00		
TOTAL		2500.0	100.0				



*César Enrique Espinoza*  
Téc. Laboratorio de Suelos  
RUC: 10757412271

*Rony Joel Diaz Esquivel*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 74036



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

**AQUINO E.I.R.L**

**OBRA :** DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021

**UBICACIÓN :** AV. CRESPO Y CASTILLO

**CALICATA :** C - 04 KM 1+500

**FECHA :** Oct-21

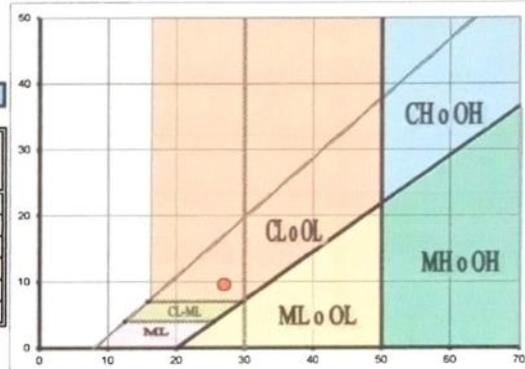
**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423**

Nº DE GOLPES	17	24	28	36
Suelo Humedo + Tarro	48.120	58.990	51.350	53.210
Suelo seco + Tarro	43.020	51.760	45.850	47.520
Peso de Tarro	25.200	25.000	25.100	25.100
Peso del Agua	5.100	7.230	5.500	5.690
Peso de Suelo Seco	17.820	26.760	20.750	22.420
HUMEDAD %	28.620	27.018	26.506	25.379

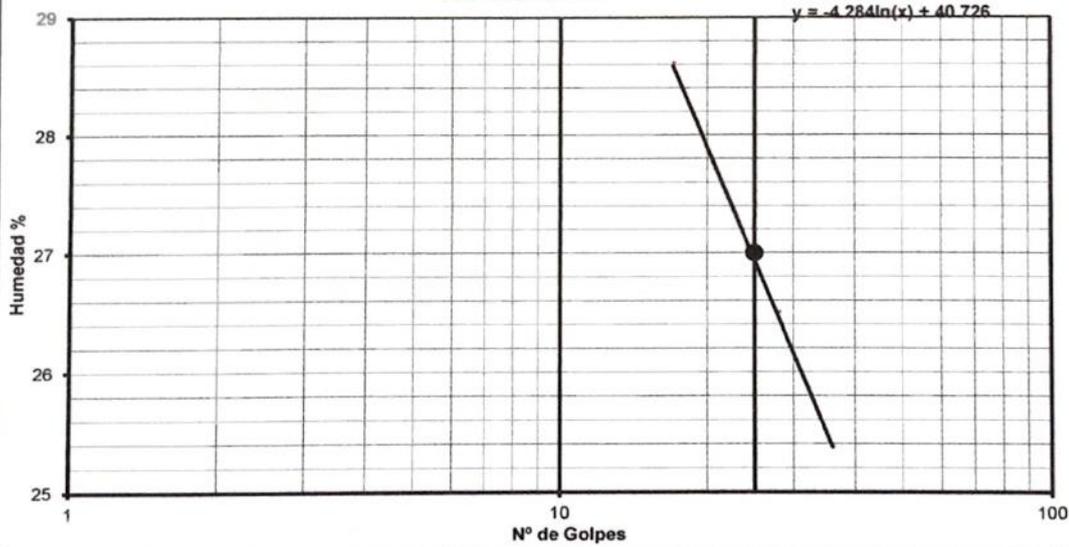
LIMITE LIQUIDO	:	27.00
LIMITE PLÁSTICO	:	17.41
INDICE PLÁSTICO	:	9.59

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424**

MUESTRA	01	02	03
Suelo Humedo + Tarro	59.000	60.360	53.150
Suelo seco + Tarro	52.560	53.590	47.460
Peso de Tarro	15.010	15.000	15.015
Peso del Agua	6.440	6.770	5.690
Peso de Suelo Seco	37.550	38.590	32.445
HUMEDAD %	17.150	17.543	17.537



**CURVA DE FLUIDEZ**



*César Enrique Aquino Espinoza*  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

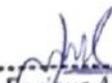
*Rony Joel Díez Esquivel*  
**Rony Joel Díez Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO  
AQUINO E.I.R.L**

PERFIL ESTRATIGRÁFICO C - 04 KM 1+500					
<b>OBRA</b> DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93, EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021					
<b>UBICACIÓN</b> AV. CRESPO Y CASTILLO <b>CALICATA</b> C - 04 KM 1+500 <b>FECHA</b> Oct-21					
ESPESOR DE ESTRATO mm	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		SÍMBOLO DEL TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
		SUCS	AASHTO		
0.00m					
1.50 m	E-1	SC	A-4(0)		Arena arcilloso - equivalente a:  60.80%



  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Joel Díaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

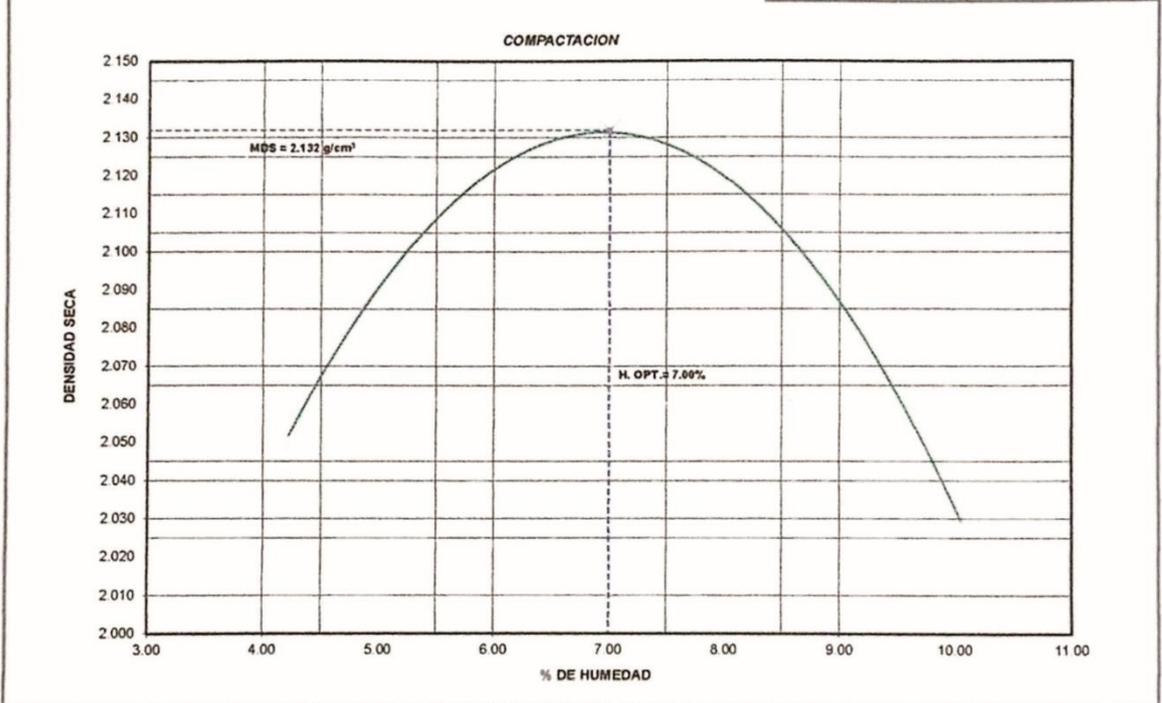
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93 EN AV CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO HUÁNUCO 2021	UBICACIÓN	REGION : HUÁNUCO	PROVINCIA : AMBO	DISTRITO : AMBO
CALICATA	C - 04	TRAMO	AV CRESPO Y CASTILLO		
MUESTRA	M - 01	PROGRESIVA	KM 1+500		
PROFUNDIDAD	1.50 m	FECHA	04-21		
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRÓ				
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D - 1557, MTC E - 115</b>					
Nº Golpes / capa:	56	Nº Capas:	5	Peso del Martillo:	10 Lbs
Dimensiones del Molde		Diametro:	15.10	Altura:	12.2
		Sobrecarga:	10 Lbs	Vol.:	2177

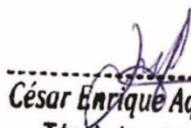
**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	350.00	350.00	347.00	347.00	345.00	345.00	114.00	114.00
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	915.00	975.00	1312.00	1275.00	1440.00	1155.00	895.00	964.00
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	893.00	948.80	1249.00	1204.30	1353.60	1091.00	824.00	886.00
PESO DEL AGUA (grs)	22.00	26.20	63.00	70.70	86.40	64.00	71.00	78.00
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	543.0	598.8	902.0	857.3	1008.6	746.0	710.0	772.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	4.05	4.38	6.98	8.25	8.57	8.58	10.00	10.10
% PROMEDIO	4.21		7.62		8.57		10.05	

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.21	7.62	8.57	10.05
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	7530	8172	7984	7774
PESO DEL MOLDE (grs)	2882	3112	3112	2882
PESO DEL SUELO (grs)	4648	5060	4872	4892
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	2.135	2.324	2.238	2.247
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	2.049	2.180	2.061	2.042
			Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )	2.132
			Humedad Óptima%	7.000



  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
OBRA	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93 EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021			REGION	HUANUCO
				PROVINCIA	AMBO
				DISTRITO	AMBO
CALICATA	C-04	TRAMO	AV. CRESPO Y CASTILLO		
MUESTRA	M-01	PROGRESIVA	KM 1+500		
PROFUNDIDAD	1.50 m				
NIVEL FREÁTICO	NO SE ENCONTRÓ		FECHA	Oct-21	
<b>VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883, MTC - E 132</b>					

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04		05		06	
	12		25		56	
N° de golpes por capa						
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000		6000		6000	
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11794		11812		11854	
Peso del molde (gramos)	6970		6970		6504	
Peso del suelo húmedo (grs.)	4824		5142		5350	
Volumen del molde (cc)	2323		2323		2323	
Densidad húmeda (grs /cm <sup>3</sup> )	2.08		2.21		2.30	
Densidad seca (grs /cm <sup>3</sup> )	1.92		2.05		2.13	
Tarro N°	10		12		16	
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	989.00		894.00		972.00	
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	942.00		850.00		918.70	
Peso del agua (grs.)	47.00		43.80		53.30	
Peso del tarro (grs.)	350.00		300.00		250.00	
Peso del suelo seco (grs.)	592.00		550.00		668.70	
% de humedad	7.94		7.96		7.97	
PROMEDIO DE HUMEDAD						

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
06/10/2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/2021	24 H	11	11	0.24	9	9	0.20	7	7	0.15
08/10/2021	48 H	29	29	0.64	12	12	0.28	9	9	0.20
09/10/2021	72 H	37	37	0.81	19	19	0.42	18	18	0.39
10/10/2021	96 H	42	42	0.92	26	26	0.57	22	22	0.48

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03-N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	23	61	20	53	136	45	78	197	66
0.050	92	232	77	131	328	109	151	378	126
0.075	144	361	120	179	447	149	201	502	167
0.100	211	526	175	224	558	186	248	618	206
0.150	269	670	223	307	764	256	338	840	280
0.200	309	769	256	364	905	302	417	1036	345
0.250	340	845	282	406	1008	336	465	1154	385
0.300	353	877	292	437	1085	362	499	1238	413
0.400	380	944	315	465	1154	385	548	1360	453
0.50	388	964	321	470	1167	389	559	1387	462

  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

  
**Roy Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

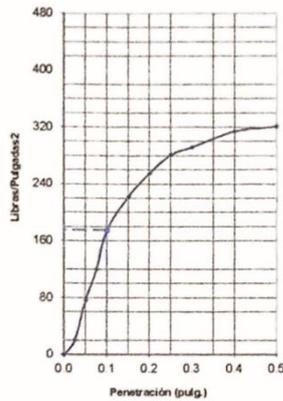
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>OBRA :</b>	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO EL MÉTODO AASHTO93. EN AV. CRESPO Y CASTILLO DEL DISTRITO DE AMBO, HUÁNUCO 2021	<b>UBICACIÓN</b>	REGION : HUANUCO	PROVINCIA : AMBO	DISTRITO : AMBO
<b>CALICATA :</b>	C - 04	<b>TRAMO :</b>	AV. CRESPO Y CASTILLO		
<b>MUESTRA :</b>	M - 01	<b>PROGRESIVA :</b>	KM 1+500		
<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50 m	<b>FECHA :</b>	Oct-21		
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>	NO SE ENCONTRO				

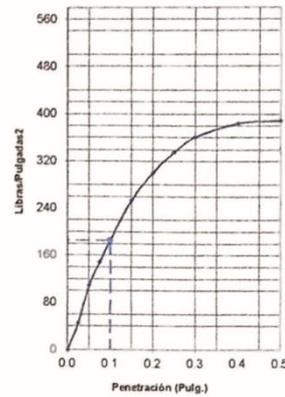
### ENSAYO: C.B.R

Humedad Óptima Porct. Mod	7.00 %	Max. Des. Porct. Mod.	2.132 gr/cm <sup>3</sup>
---------------------------	--------	-----------------------	--------------------------

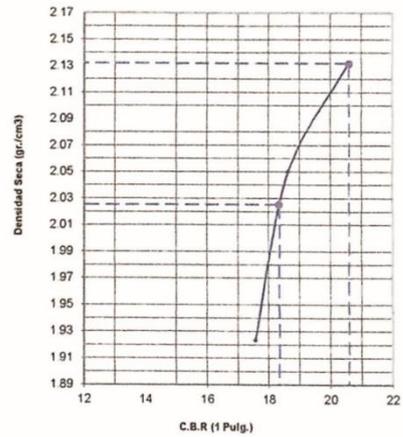
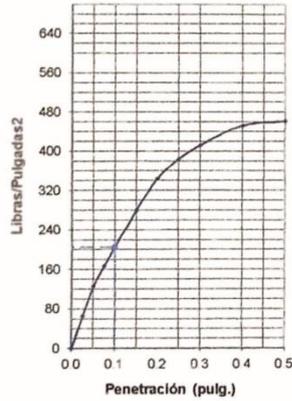
12 Golpes-C.B.R. 1"-17.54%-&=1.92gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 1"-18.61%-&=2.05gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 1"-20.59%-&=2.13gr/cm3

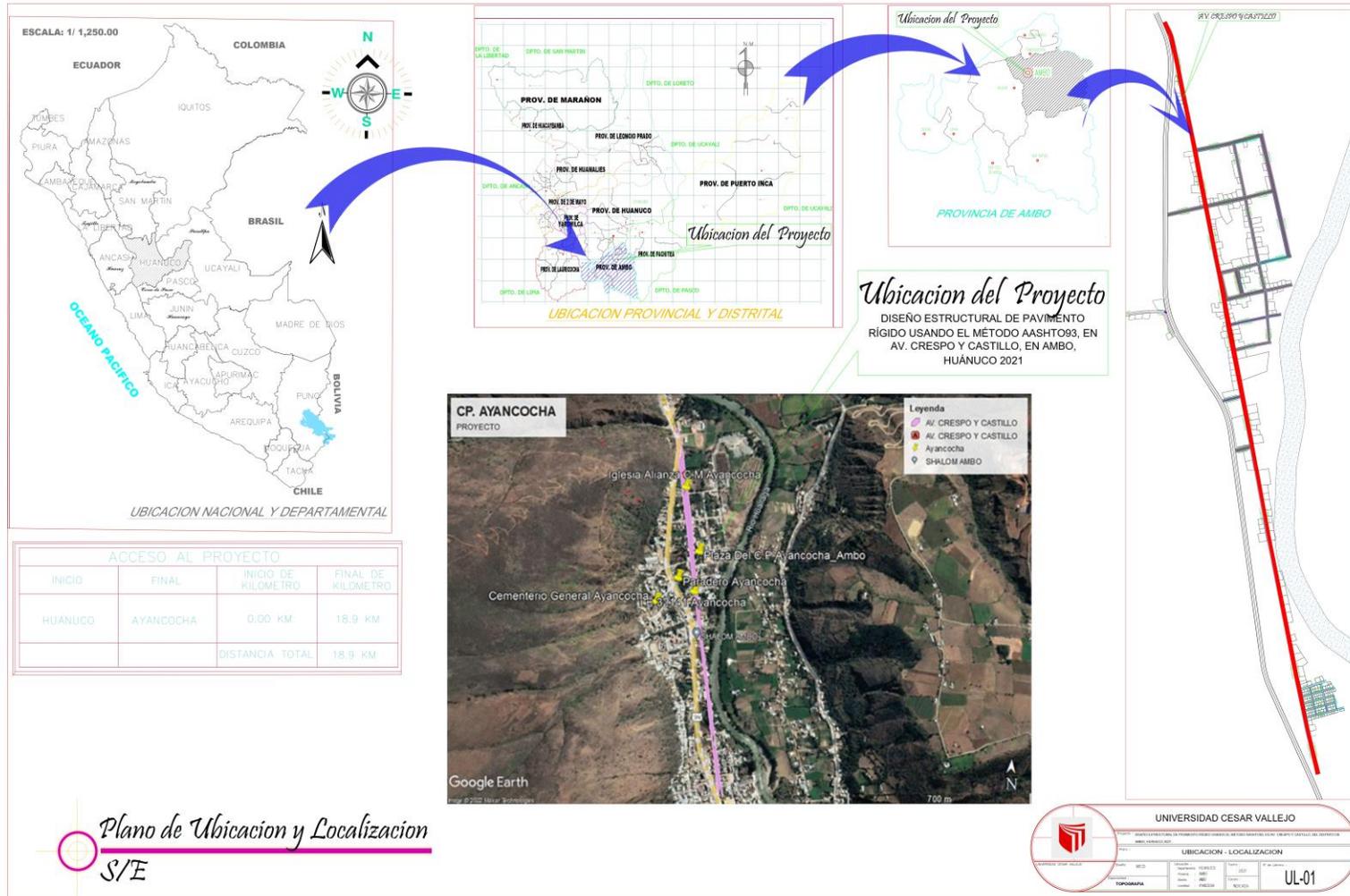


GOLPES	W. %	g./cm <sup>3</sup>	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	7.94	1.92	0.92	90	17.54		95%	100%
25	7.96	2.05	0.57	96	18.61		18.33	20.59
56	7.97	2.13	0.48	100	20.59			

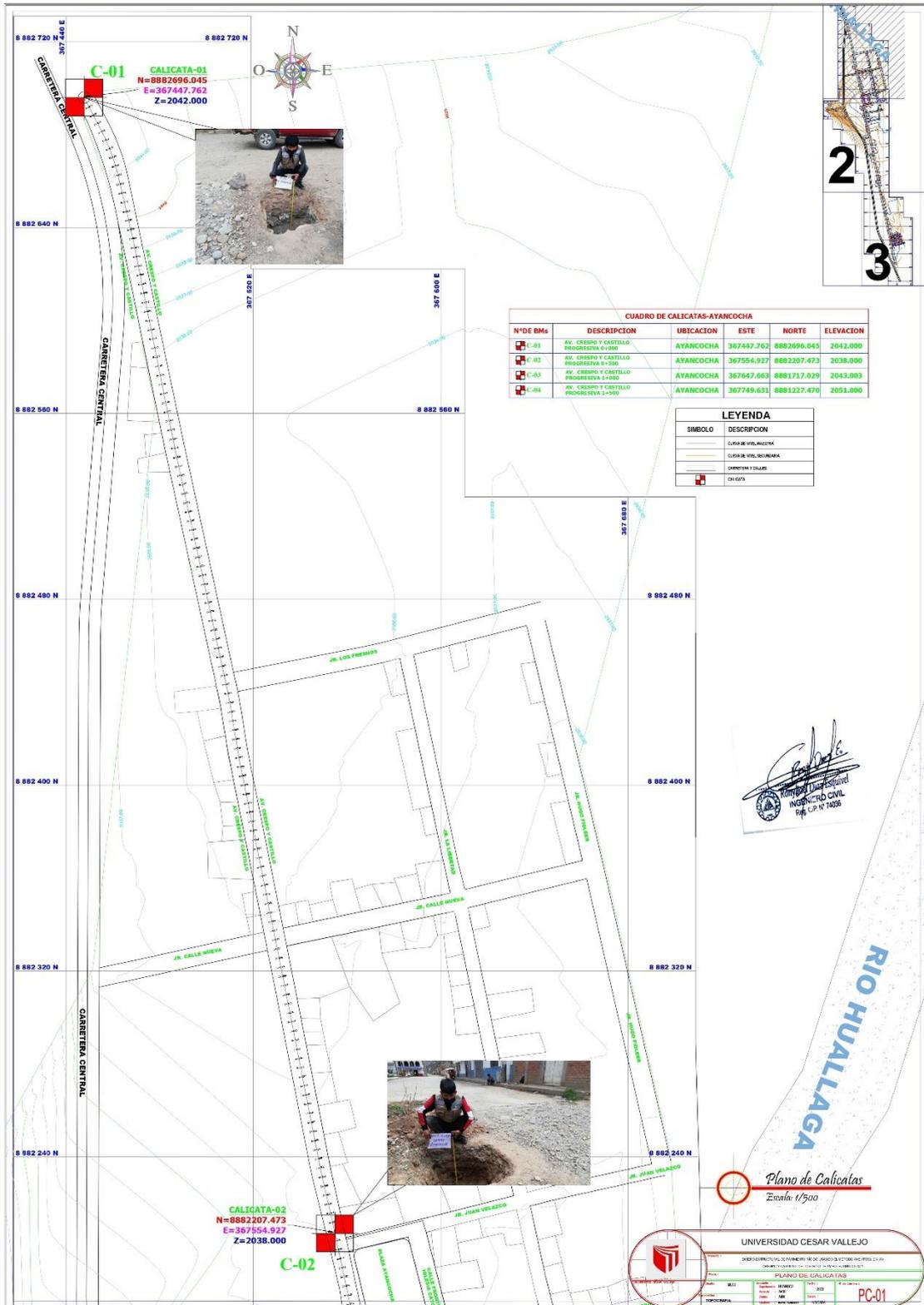
  
**César Enrique Aquino Espinoza**  
 Téc. Laboratorio de Suelos  
 RUC: 10757412271

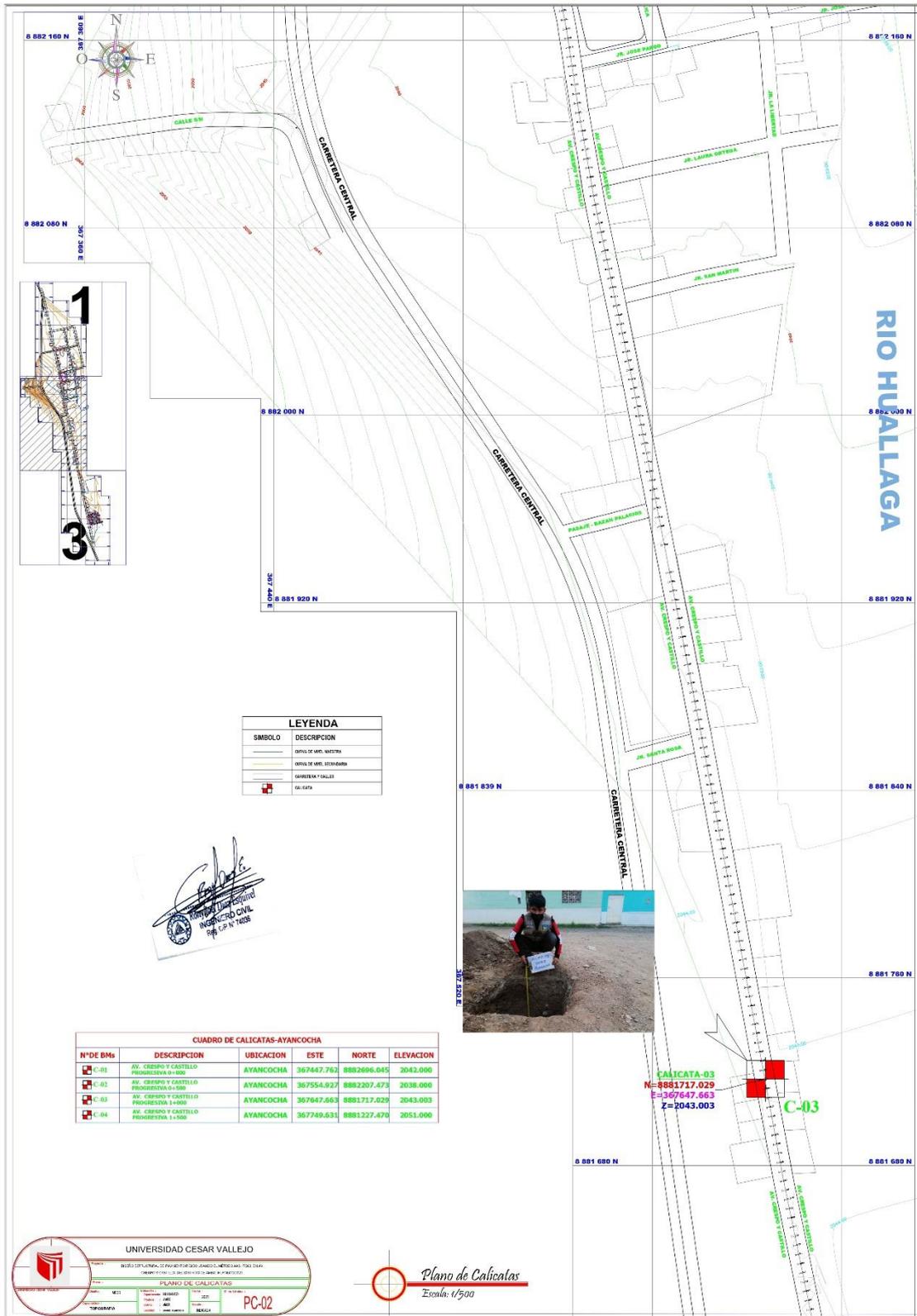
  
  
**Rony Joel Diaz Esquivel**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 74036

## Anexo 8: Plano de ubicación y localización



# Anexo 9: Plano de calicatas





**LEYENDA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	DETALLE DE LÍNEA, METRO
	DETALLE DE LÍNEA, DECIMONARIO
	CARRERAS Y CALLES
	ALTURA

*[Handwritten Signature]*  
**INGENIERO CIVIL**  
 REG. N° 1085

**CUADRO DE CALICATAS-AYACOCHOA**

N° DE BMs	DESCRIPCION	UBICACION	ESTE	NORTE	ELEVACION
C-01	AV. CEBASO Y CASTILLO PROGRESISTA 1+500	AYACOCHOA	367447.762	8882696.045	2043.000
C-02	AV. CEBASO Y CASTILLO PROGRESISTA 1+500	AYACOCHOA	367554.927	8882207.473	2038.000
C-03	AV. CEBASO Y CASTILLO PROGRESISTA 1+500	AYACOCHOA	367647.663	8881717.029	2043.003
C-04	AV. CEBASO Y CASTILLO PROGRESISTA 1+500	AYACOCHOA	367749.633	8881227.479	2051.000

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

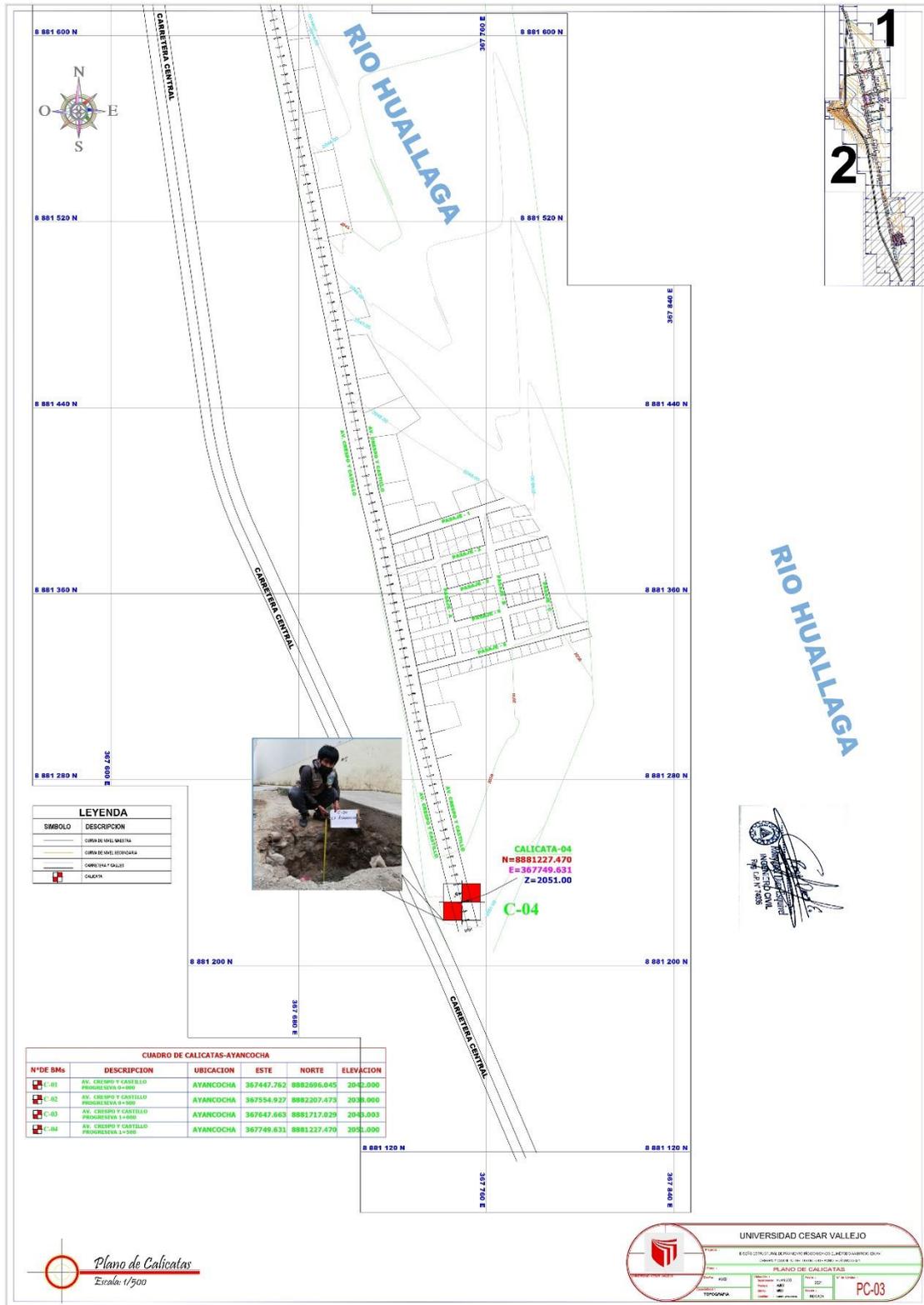
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA CIVIL

**PLANO DE CALICATAS**

PROYECTO: M23  
 TÍTULO: M23  
 ESCALA: 1/500  
 FECHA: 2023  
 LUGAR: AYACOCHOA, PERÚ

**PC-02**

*Plano de Calicatas*  
 Escala: 1/500





## Anexo 11: Panel fotográfico

CALICATA N°01: KM 0+000 AV. CRESPO Y CASTILLO (AYANCOCHA)



CALICATA N°02: KM 0+500 AV. CRESPO Y CASTILLO (AYANCOCHA)



CALICATA N°03: KM 1+000 AV. CRESPO Y CASTILLO (AYANCOCHA)



CALICATA N°04: KM 1+500 AV. CRESPO Y CASTILLO (AYANCOCHA)



CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR EN AV. CRESPO Y CASTILLO  
(Ayancocha)



CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR EN AV. CRESPO Y CASTILLO  
(Ayancocha)





### Anexo 13: cálculo de espesor de pavimento rígido con software de AASHTO

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It is divided into several sections for inputting design parameters:

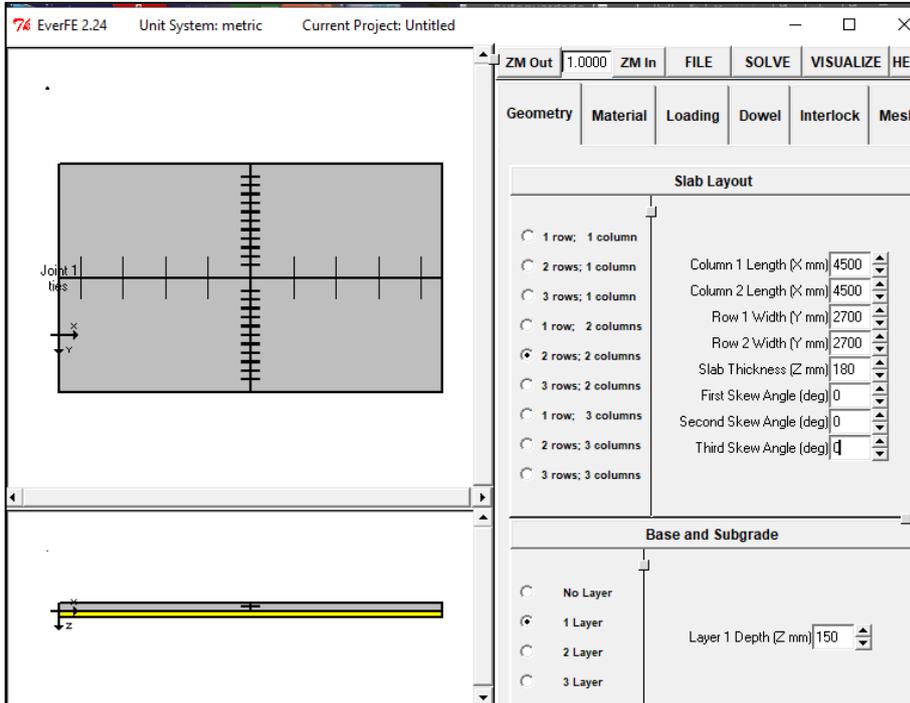
- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' and 'Pavimento rígido'. 'Pavimento rígido' is selected.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu shows '85 % Zr=-1.037' and a text box shows 'So' as 0.35.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.3) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo de reacción de la subrasante:** Text box for 'k' (10699.46) and unit 'pci'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
  - 'Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)': 3593261
  - 'Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)': 3974
  - 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)': 2.8
  - 'Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)': 1
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular D' (selected) and 'Calcular W18'. The result 'W18 = 2091975' is displayed.
- Espesor de losa (plg):** The result 'D = 7.1' is displayed.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Resultado: D= 18 cm de espesor de pavimento rígido con resistencia  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

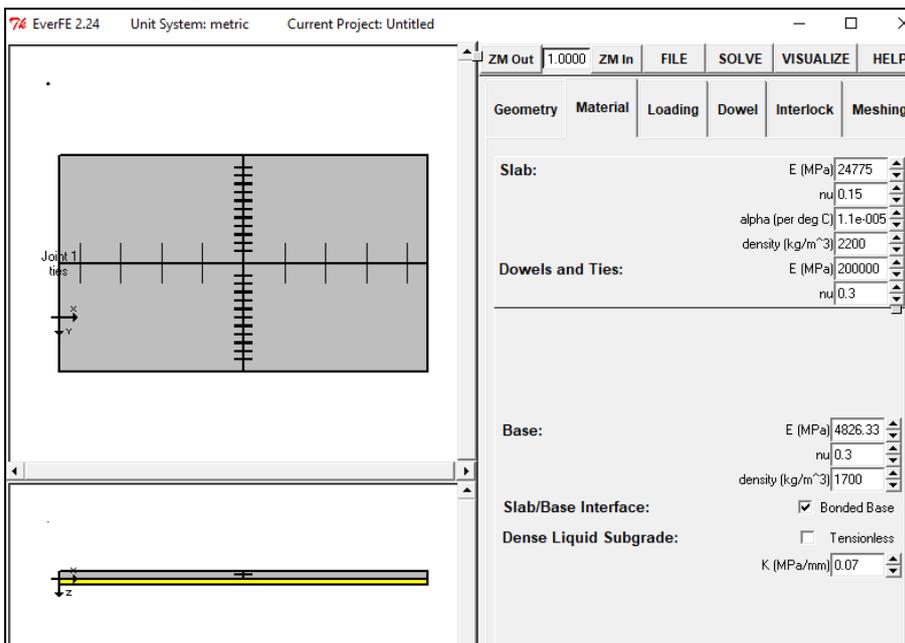
## Anexo 14: Modelación de pavimento en EverFE

Figura 7  
*Parámetros geométricos del tramo de estudio*



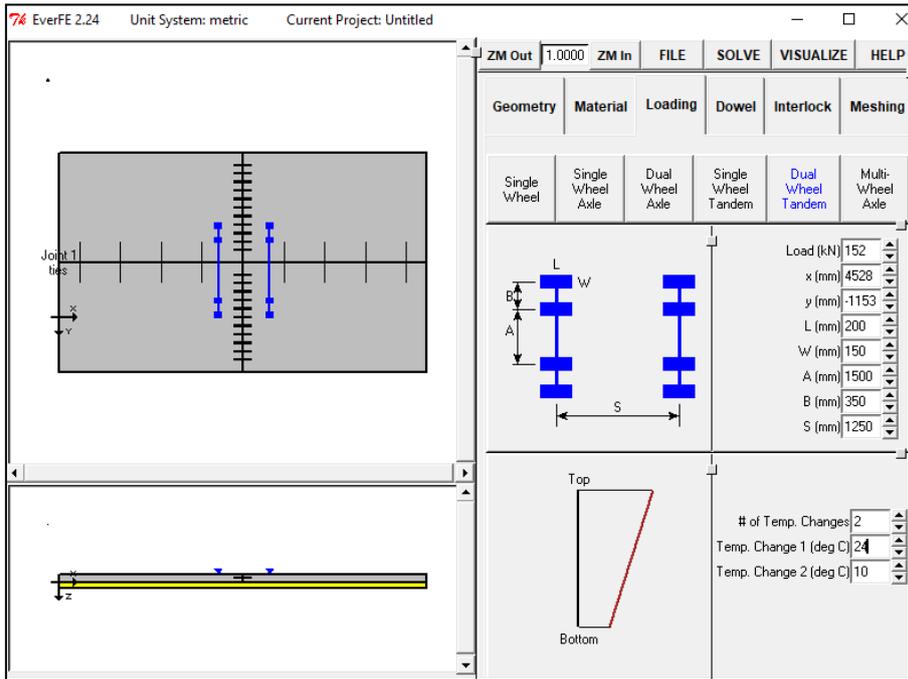
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 8  
*Propiedades mecánicas y estructurales de los materiales de la estructura de pavimento rígido*



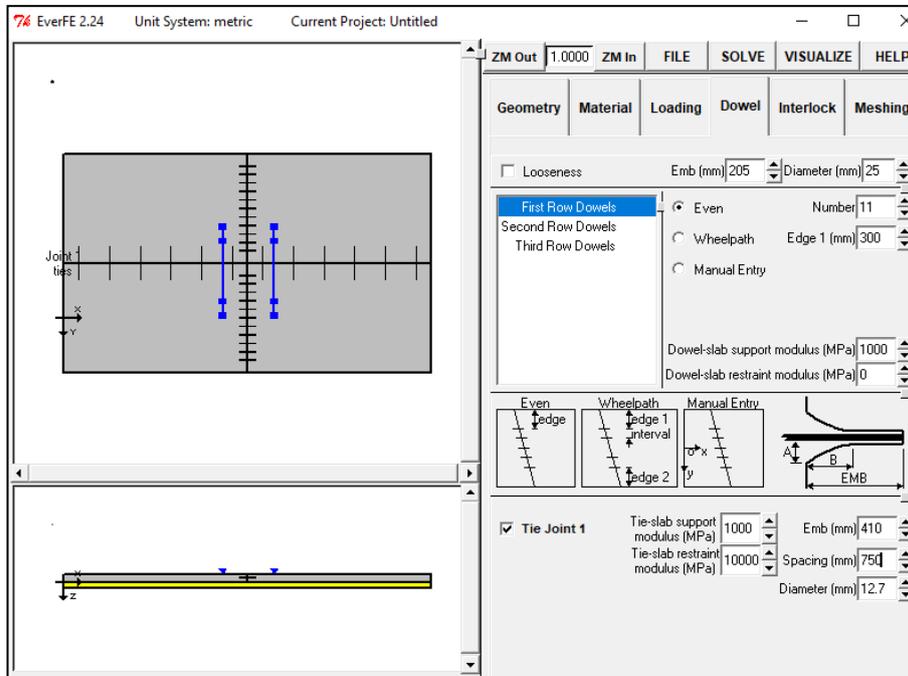
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 9  
Cargas por eje y gradiente térmico



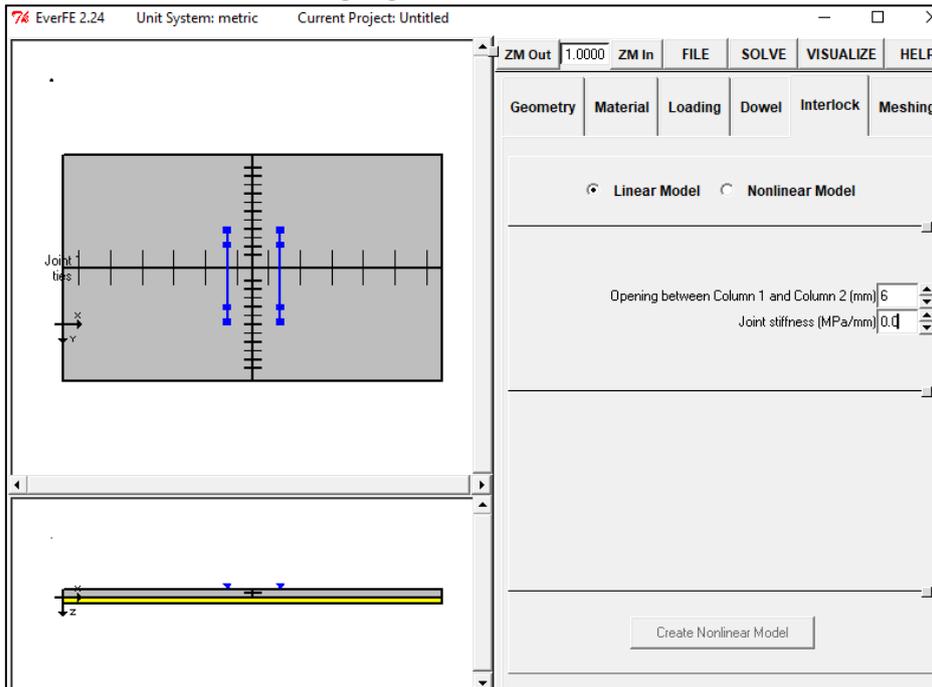
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 10  
Las propiedades de dovelas y barras de amarre



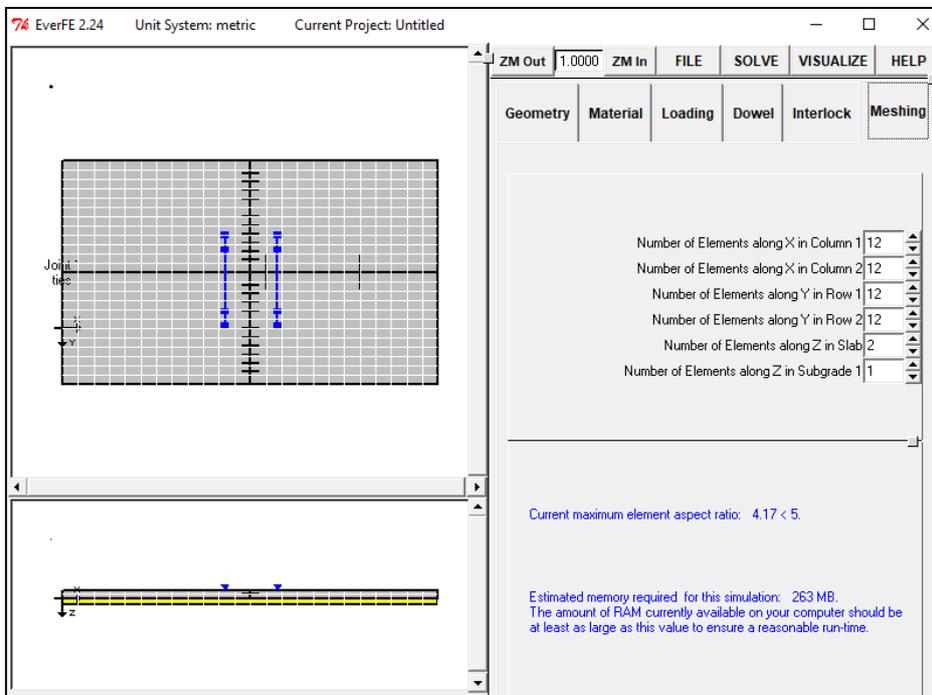
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 11  
*Datos de trabazón de agregados*



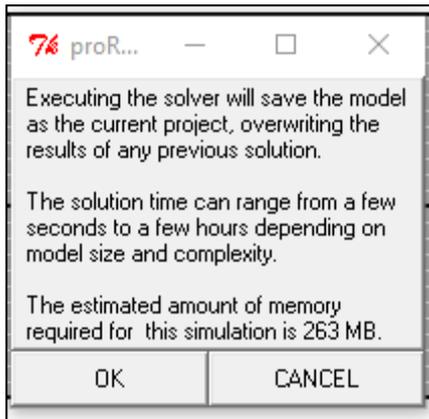
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 12  
*Afinación del mallado según la necesidad del análisis*



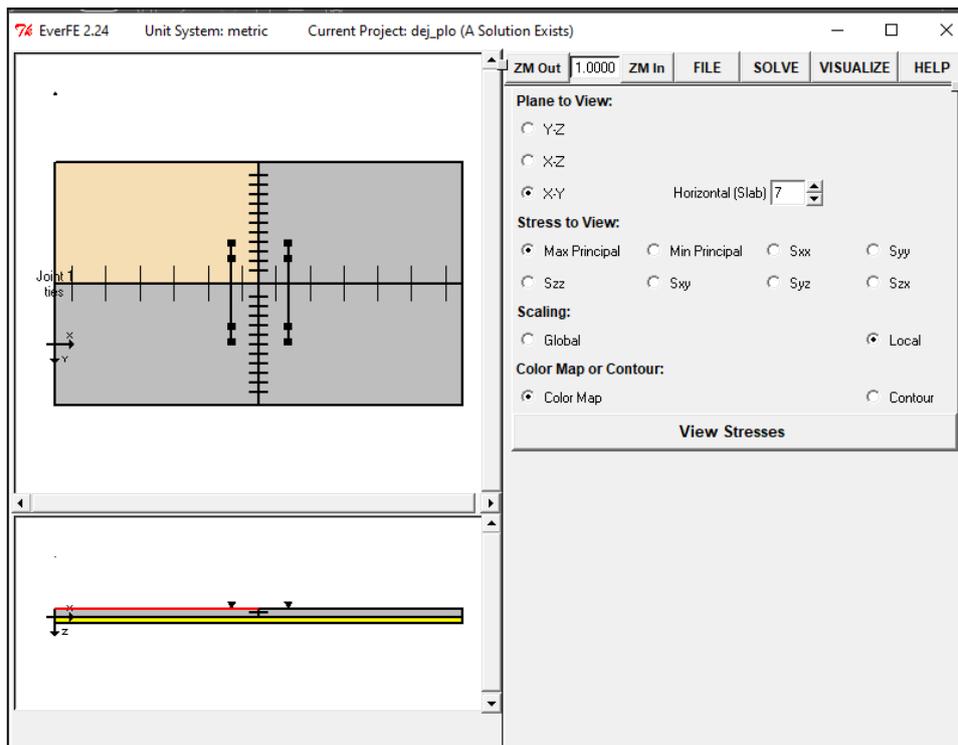
Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 13  
Cuadro de dialogo ejecutar



Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

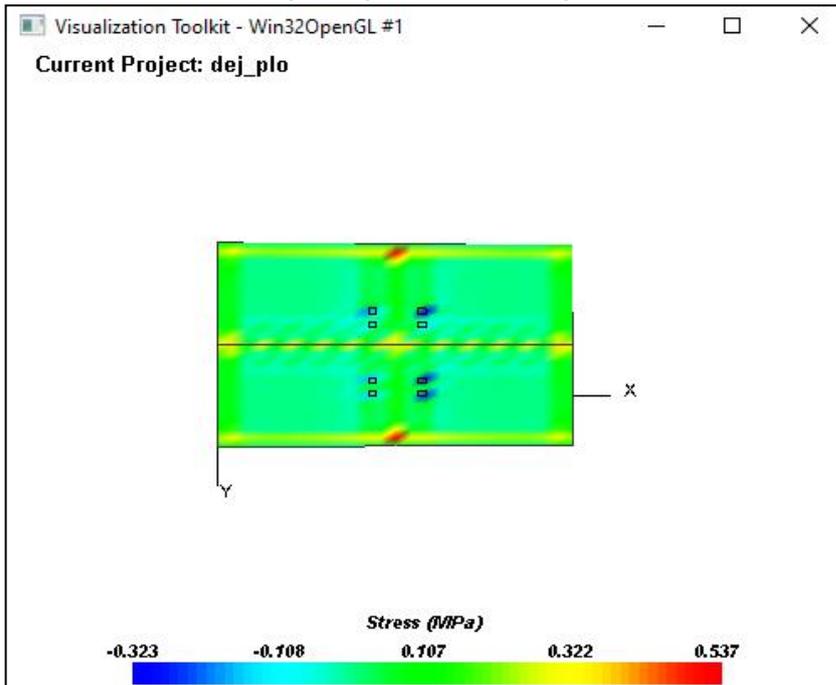
Figura 14  
Visualización de esfuerzos



Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 15

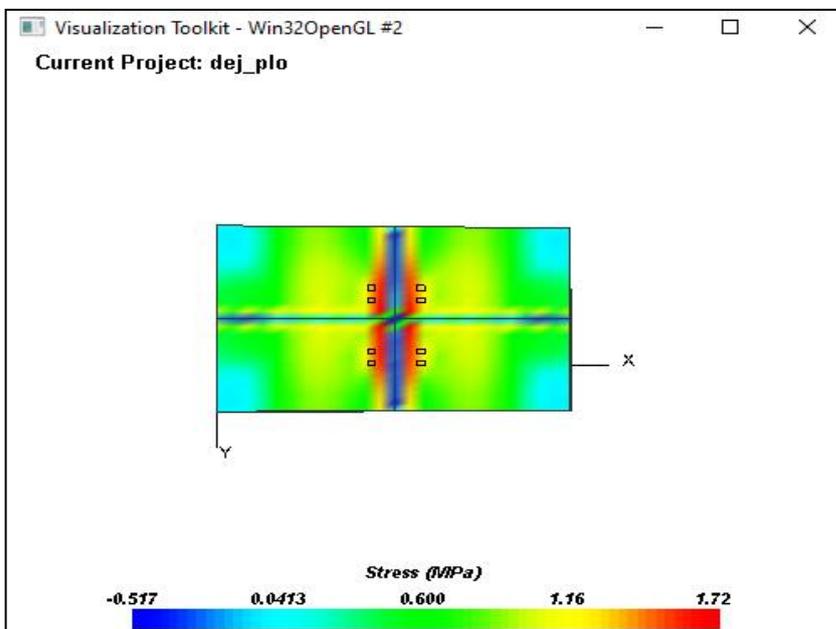
*Máximos esfuerzos principales en la superficie de la losa*



Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

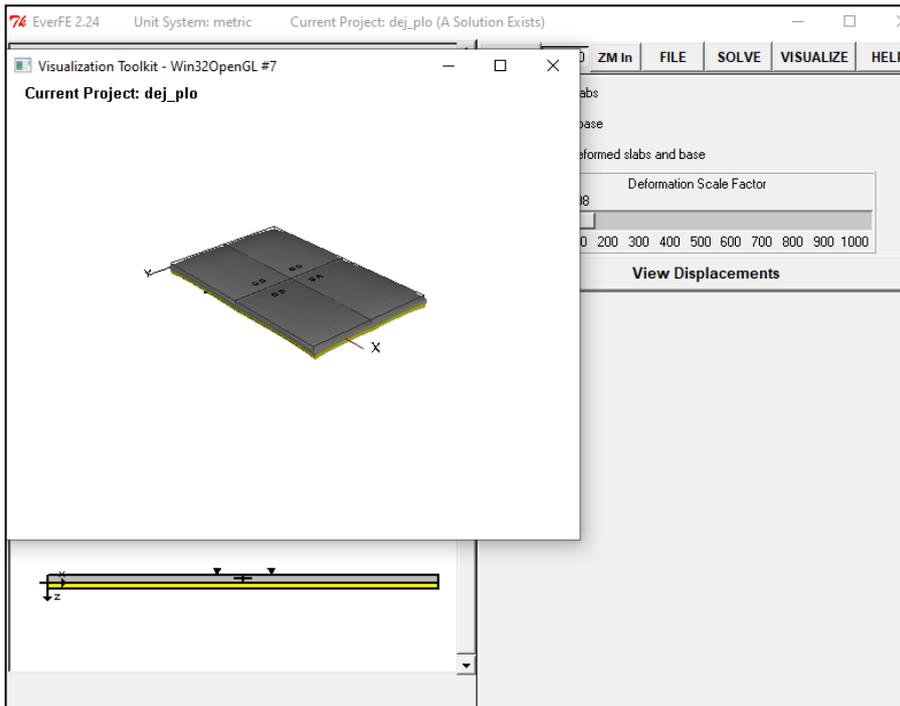
Figura 16

*Máximos esfuerzos principales en el fondo de la losa*



Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 17  
Desplazamiento producto de las cargas y deformación térmica



Fuente: (Captura de pantalla EverFE)

Figura 18  
Resultado de máximas y mínimas tensiones en el pavimento

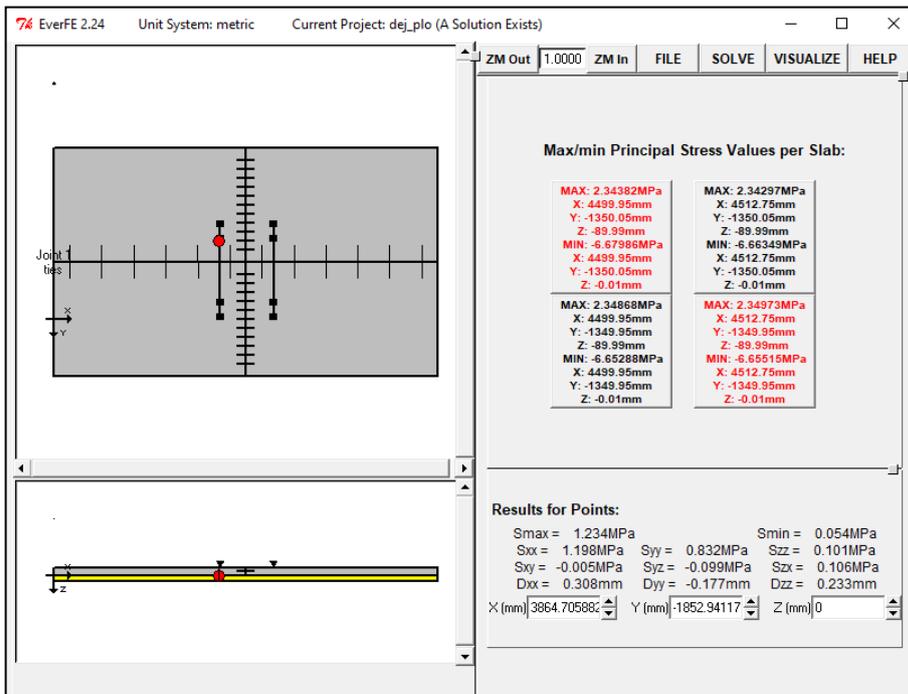
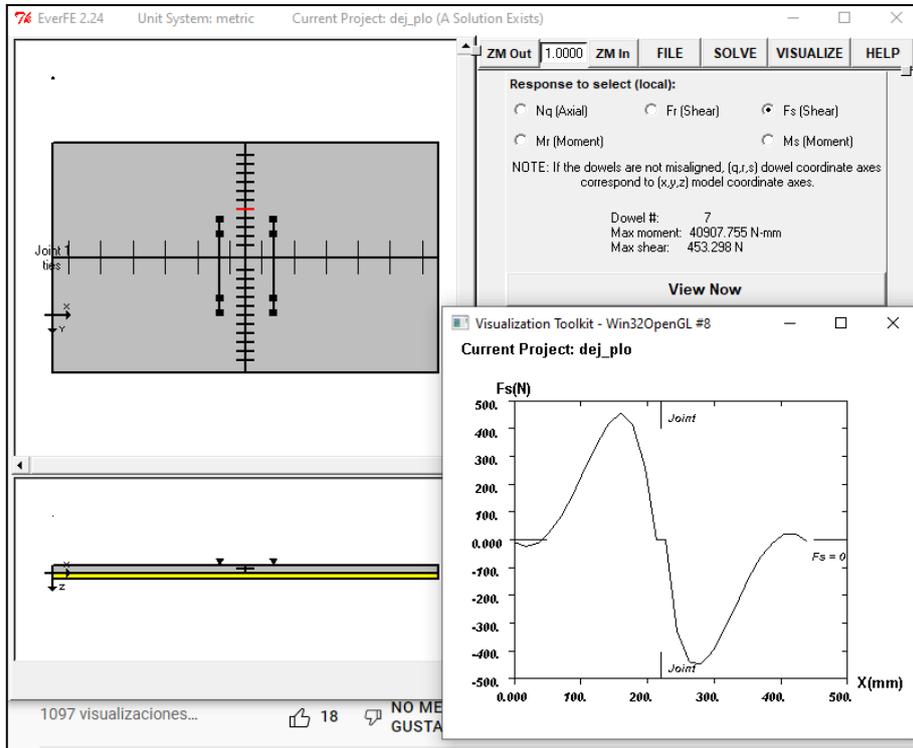


Figura 19  
Esfuerzos producidos en los dowells





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DOLORES ANAYA DANTE, 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: "Diseño estructural de pavimento rígido usando el método AASHTO 93, en la Av. Crespo y Castillo, en Ambo, Huánuco 2021", cuyo autor es CRUZ DIONICIO MARIA ELISA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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, 22 de Mayo del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DOLORES ANAYA DANTE <b>DNI:</b> 31656954 <b>ORCID</b> 0000-0003-4433-8997	Firmado digitalmente por: DDOLORESAN el 22-05- 2022 23:30:22

Código documento Trilce: TRI - 0302832