

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

**DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE
ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021**

ÁREA DE INVESTIGACIÓN

TRANSPORTES

Autor(es)

Br. Hellen Denisse Lujan García

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Mamerto Rodríguez Ramos

Secretario: Ing. Ricardo Narváez Aranda

Vocal: Ing. Álvaro Salazar Perales

Asesor:

Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo
CÓDIGO ORCID: 0000-0003-2143-1566

TRUJILLO, PERÚ
2022

Fecha de Sustentación: 08/Nov/22

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes siempre han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome siempre a valorar todo lo que tengo. Agradezco especialmente a mis padres y a mi hermano porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que ha contribuido a la realización de este gran logro en mi vida profesional.

Dedico también este logro a mi madre Victoria que me guía desde el cielo y me da fortaleza en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecir mi camino y permitirme hacer posible este sueño anhelado.

Agradezco a mis padres; Justino y Victoria y a mi hermano Luis, por ser los principales motores para este logro profesional y confiar en mí brindándome todo el apoyo necesario para cumplir mis metas, siendo mi soporte siempre.

Agradezco a la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, que me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente y de la cuál siempre he recibido apoyo a lo largo de la carrera, a mi asesor el Ing. Tito Burgos, por su orientación, paciencia, tiempo y valiosos consejos que me permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en Trujillo, La Libertad; se propuso el diseño estructural de las avenidas de Alto Trujillo, sectores 1, 2, 3 y 4. Para el desarrollo de esta investigación se debió seleccionar estas avenidas utilizando el método de inclusión. Se emplearon 2 técnicas de recolección de información, instrumentos de recolección de datos como guías de observación y ficha resumen. El objetivo general fue determinar el diseño estructural de las avenidas de Alto Trujillo, sectores 1, 2, 3 y 4, debido a que dichas avenidas carecen de una adecuada carpeta estructural. Los resultados obtenidos al realizar la investigación fueron: espesor de pavimento 0.09 m, espesor de base granular 0.175 m y una sub base granular de 0.15 m de espesor.

Palabras clave: Pavimentos, diseño estructural, avenidas

ABSTRACT

The present investigation was carried out in Trujillo, La Libertad; the structural design of the avenues of Alto Trujillo, sectors 1, 2, 3 and 4 was proposed. For the development of this investigation, these avenues were selected using the inclusion method. Two data collection techniques were used, data collection instruments such as observation guides and a summary sheet. The general objective was to determine the structural design of the avenues of Alto Trujillo, sectors 1, 2, 3 and 4, due to the fact that these avenues lack an adequate structural folder. The results obtained were: pavement thickness 0.09 m, granular base thickness 0.175 m and a granular sub base of 0.15 m thickness.

Key words: Pavements, structural design, avenues.

INDICE

I. INTRODUCCION	10
1.1. Problema de investigación	10
1.2. Objetivos	13
<i>1.2.1. Objetivo general</i>	13
II. MARCO DE REFERENCIA.....	16
2.1. Antecedentes	16
<i>2.1.1. Antecedentes Internacionales</i>	16
<i>2.1.2. Antecedentes Nacionales</i>	17
<i>2.1.3. Antecedentes Locales</i>	18
2.2. Marco teórico	19
<i>2.2.1 Pavimento Flexible</i>	19
<i>2.2.2 Metodología de Diseño AASHTO 93</i>	20
<i>2.2.3. Factores necesarios para determinar el Diseño de Pavimentos</i>	20
<i>2.2.5 Variables de diseño</i>	29
2.3. Marco conceptual	33
2.4. Sistema de hipótesis	35
<i>2.4.1. Variables</i>	35
<i>2.4.2. Cuadro de Operacionalización de Variables</i>	35
III. METODOLOGIA APLICADA	37
3.1. Tipo y nivel de Investigación	37
<i>3.1.1. Tipo de investigación</i>	37
<i>3.1.2. Nivel de investigación</i>	37
3.2. Población y muestra de estudio	37
<i>3.2.1. Población</i>	37
<i>3.1.2. Muestra</i>	37
3.3. Diseño de investigación	37
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	37
- Técnicas de recolección de datos	37
• Instrumentos de recolección de datos	38
3.5. Procesamiento y análisis de datos	39
<i>3.5.1. Estudio Topográfico</i>	39
<i>3.5.2. Estudio Geotécnico</i>	40
<i>3.5.3. Estudio de Tráfico</i>	41
<i>3.5.4 Parámetros de Diseño</i>	42
<i>3.5.5 Diseño Estructural</i>	42
IV. METODOLOGIA EMPLEADA	43
4.1. Análisis e interpretación de resultados	43

4.1.1. Diseño estructural	43
V. DISCUSION DE RESULTADOS	45
5.1. Diseño estructural	45
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
Anexos	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. AASHHO Road Test.....	20
Figura 2. Conteos manuales de tránsito	22
Figura 3. Procedimiento para determinar espesores mínimos de capas.	33
Figura 4. Esquema del procedimiento experimental.....	39
Figura 5. vista general de la avenida 3 del Alto Trujillo, El Porvenir	45
Figura 6. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-1	46
Figura 7. Ensayo CBR para la muestra M-1	46
Figura 8. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-2	47
Figura 9. Ensayo CBR para la muestra M-2	47
Figura 10. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-3	48
Figura 11. Ensayo CBR para la muestra M-3	48
Figura 12. Resumen de conteo vehicular.....	49
Figura 13. Cálculo del IMDA	49
Figura 14. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes.....	50
Figura 15. Diseño del Pavimento Flexible, empleando la metodología AASHTO 1993	56
Figura 16. Software AASHTO empleado.....	57
Figura 17. Conteo vehicular sector 3	61
Figura 18. Transitabilidad de vehículos en la avenida 4 del Alto Trujillo.....	61
Figura 19. Conteo vehicular de la avenida 4.....	62
Figura 20. Conteo vehicular en avenida Quebrada del León	62
Figura 21. Estudio de tráfico en intersección de avenidas en estudio.....	63
Figura 22. Conteo vehicular sector 4, Alto Trujillo	63
Figura 23. Estudio de suelos, calicata 1	64
Figura 24. Calicata 1	64
Figura 25. Estudio de suelos, calicata 2	65
Figura 26. Estudio de suelos, calicata 3	65
Figura 27. Estudio topográfico, sector 1.....	66
Figura 28. Estudio topográfico, sector 2.....	66
Figura 29. Estudio topográfico, sector 3.....	67
Figura 30. Estudio topográfico, sector 4.....	68
Figura 31. Estudio topográfico, sector 4, avenidas del Alto Trujillo	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño	23
Tabla 2. Relación de Cargas por Eje para determinar los Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles.....	25
Tabla 3. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño para caminos no pavimentados	25
Tabla 4. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño para pavimentos flexibles.	26
Tabla 5. Cantidad de calicatas para el estudio de suelos	27
Tabla 6. Selección del tipo de cemento asfáltico	29
Tabla 7. Valores recomendables de nivel de Confiabilidad (10 o 20 años) según el tráfico	30
Tabla 8. Coeficiente Estadístico de la desviación estándar normal (Z_r) para una sola etapa de diseño	31
Tabla 9. Diferencia de Serviciabilidad (ΔPSI)	32
Tabla 10. Matriz de Operacionalización de variables.....	36
Tabla 11. Instrumentos de recolección de datos	38
Tabla 12. Validación de instrumentos	38
Tabla 13. Ensayos de Proctor y CBR para las muestras obtenidas	43
Tabla 14. Parámetros de Diseño	50

I. INTRODUCCION

1.1. Problema de investigación

Con el pasar de los tiempos se observa un crecimiento exponencial de las personas, lo cual conlleva a una expansión urbana tanto horizontal como vertical; provocando el nacimiento de nuevas ciudades; es necesario que estas cuenten también con una adecuada infraestructura vial que brinde seguridad, confort y que sea económica para todos los usuarios durante su vida útil. Para lograrlo, se debe contar con un adecuado diseño estructural, el cual tiene como principal objetivo determinar la combinación adecuada entre espesores de las capas y materiales empleados en el diseño y proceso de pavimentación de una vía.

En la actualidad, en Estados Unidos, para el diseño estructural del pavimento, emplean la Guía de diseño de pavimentos empíricos mecanicistas (MEPDG), ya que esta guía se basa en predecir múltiples y diferentes mecanismos que van a presentar los materiales que se emplearán en el diseño de la estructura del pavimento, para lo cual están haciendo estudios en diferentes estados, con el fin de obtener una calibración local de MEPDG. (Md Mostaqur y Sarah, 2018)

En China, en las últimas décadas se está escuchando un nuevo concepto de shakedown elástico-plástico que está siendo identificado como una de las principales bases para el diseño de la estructura de un pavimento flexible, lo cual se va a identificar cuando la profundidad de la formación de surcos que va a presentar el pavimento con el paso de cargas aplicadas, va a dejar de crecer a lo largo de la vida útil y que se supone que cuando se diseñe teniendo en cuenta este concepto, el pavimento va a presentar una profundidad de surco muy pequeña. (Juan Wang, Shu Liu y Hai-Sui, 2018)

Un punto muy importante a tener en cuenta es dar solución a los problemas de drenaje que se presentan en áreas urbanas, este es el caso de Perú, en el cual se puede observar que los pavimentos carecen de una adecuada evacuación de aguas pluviales, debido a esto, se está

formulando el desarrollo de un diseño estructural que pueda presentar un drenaje sostenible, que va a permitir la infiltración del agua por medio de esta estructura. (Guerra, 2020)

Hoy en día en la propia capital, Lima, que a nivel de Latinoamérica es una de las urbes que presentan una de las mayores congestiones vehiculares, se puede asegurar que las estructuras de los pavimentos no han sido diseñadas con la capacidad de soportar las excesivas demandas de vehículos que circulan diariamente. (Medrano, 2021)

Por otro lado, la ciudad de Trujillo, presenta un alto porcentaje de vías urbanas sin pavimentar, lo cual no permite un adecuado sistema de transporte, ocasionando también accidentes de tránsito, provocando también la pérdida de vidas humanas, enfermedades respiratorias debido a la alta presencia de polvo, alto costo de mantenimiento vehicular, sin que las autoridades lo tomen en cuenta.

El órgano encargado de controlar la variable a nivel nacional es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, elabora, supervisa, actualiza y aprueba los manuales y normas para la gestión de la infraestructura vial; que a través de la Resolución Directoral N° 30 – 2013-MTC/14, aprueba el Manual de Carreteras-Mantenimiento o Conservación Manual, y la norma técnica CE. 010 pavimentos urbanos; así mismo se recalca que todo lo indicado en este manual se basan en las normas de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

(Moll y Tejeda, 2020) desarrollaron un procedimiento para el diseño de pavimentos flexibles con bases recicladas y la propuesta planteada se validó en un caso de estudio en el cual concluyen que al considerar un comportamiento lineal elástico en el empleo del retrocálculo resulta ser confiable ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los intervalos de los criterios de la norma cubana.

(Villao, Jordan y Suárez, 2017) presentan un análisis referente al diseño del pavimento flexible

que sería reforzada con geomallas, que es un sistema muy eficaz el cual genera un sistema de reforzamiento estructural, pudiendo demostrar que los espesores de las capas de las estructuras pueden disminuir de manera considerable, reduciendo directamente los costos en los materiales y procesos constructivos de un pavimento flexible.

Desde ya hace muchos años se viene buscando nuevas metodologías de diseños para mejorar la efectividad de la estructura del pavimento, y empleando nuevos materiales que cumplan con la normativa que presenta cada ciudad, siempre buscando reducir costos y presentando una mejor durabilidad y desempeño.

En la ciudad de Trujillo en diferentes sectores, se vienen realizando múltiples proyectos que incluyen un diseño estructural del pavimento ya sea de una pavimentación nueva o también de rehabilitación total, tal es el caso de la obra ejecutada en el marco del contrato “Mejoramiento de la infraestructura vial de las calles comprendidas entre la calle 32, prolongación Libertad calle 13 Av. 1 del AAHH Las Palmeras del distrito La Esperanza Trujillo La Libertad/ I Etapa: Construcción de infraestructura Vial”. La empresa que ejecutó esta obra fue el Consorcio Palmeras con RUC N° 20542579880. En el cual se realizó la construcción de pavimento flexible con carpeta asfáltica en frío con un espesor de 2 pulgadas en 30 484.42 m² y también la colocación de sello asfáltico en 30 484.42 m².

En nuestro país podemos encontrar una alta carencia de una adecuada infraestructura vial, que es sumamente importante para el desarrollo del país, dificultando así la articulación y comunicación entre los sectores poblados de las diferentes ciudades, disminuyendo así la competitividad, aumentando los tiempo y costos que están destinadas ciertas actividades, por ejemplo para trasladar los productos hacia los mercados locales, por otro lado las pésimas condiciones de las vías generan un aumento en el valor del transporte urbano.

Una de las causas principales que provocan la carencia de vías correctamente pavimentadas, es la

falta de buen criterio de un adecuado diseño de un pavimento estructural y la falta de buena innovación tecnológica de nuestro país que permita proponer de manera eficaz nuevas metodologías de diseño reduciendo así costos, por otro lado, la falta de interés de nuestras autoridades, que no se preocupan en proponer proyectos enfocados a cerrar las brechas, y también por una mala gestión de los representantes de los diferentes sectores.

Pensar en una infraestructura vial de carreteras y vías urbanas que no presenten un pavimento es imposible, por eso la presente investigación pretende proponer un diseño estructural con un adecuado estudio de las variables necesarias para el correcto diseño que cumpla con la normativa peruana. Al no realizar la propuesta del proyecto; las diferentes autoridades locales como regionales seguirán presentando falta de conocimiento de un buen criterio de diseño, y también no contarán con una alternativa adecuada para la pavimentación estructural de las vías de nuestros centros poblados.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el diseño estructural del pavimento flexible de las avenidas de Alto Trujillo, sectores 1, 2, 3 y 4.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio topográfico de la zona de estudio
- Realizar el estudio geotécnico con fines de pavimentación de las avenidas de Alto Trujillo, sectores 1, 2, 3 y 4.
- Calcular el estudio de tránsito del área de estudio de las avenidas de Alto Trujillo a intervenir.
- Determinar las variables y los parámetros de diseño del pavimento flexible.
- Realizar el diseño estructural del pavimento flexibles de las avenidas de Alto Trujillo

sectores 1,2,3 y 4.

1.3. Justificación

En la ciudad de Trujillo se puede observar un elevado crecimiento de población que conlleva a una expansión horizontal de los sectores poblados, estos sectores no cuentan con una adecuada infraestructura vial, que afecta a los usuarios de estas vías, tanto en la comodidad, como en su seguridad y también afectándolos económicamente. También se puede observar que muchas vías al ser construidas no cumplen con su vida útil, presentando fallas en su estructura en un corto tiempo. Esta investigación va a servir como propuesta de diseño estructural de un pavimento flexible que puede servir para diferentes avenidas y calles de sectores que carecen de vías pavimentadas, garantizando una mejor comodidad y accesibilidad para los usuarios de estas vías. Al concluir esta investigación se logrará brindar una alternativa de diseño que cumpla con todos los criterios y requisitos necesarios que van a exigir los reglamentos y normas vigentes que vienen enmarcando el diseño de una buena infraestructura vial. Los gobiernos tanto locales como regionales van a ser los principales beneficiarios, así como también las empresas que se dedican a este rubro, ya que este proyecto sirve como base para que puedan diseñar y ejecutar las diferentes obras con mejores resultados; y, por otro lado, tenemos a los beneficiarios indirectos que son todos los usuarios que, al poderse pavimentar la vía, podrán circular con mayor seguridad.

Para realizar este proyecto de investigación tendremos en cuenta el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D.N°10 – 2014 – MTC/14 y también la Norma de Pavimentos Urbanos que nos brinda el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE CR.010, 2010); y recalando que estas normas nacen de la teoría que nos brinda la guía American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Se proporcionará una alternativa de diseño estructural, la cual será la más adecuada para afrontar el problema que se bien presentando en nuestra ciudad, que es la falta de muchas vías

pavimentadas que brinden seguridad; mejorando la transitabilidad vehicular en condiciones de eficiencia y seguridad, reduciendo así, los costos de operación tanto como en los usuarios, como en las autoridades. En un primer nivel se realizará los estudios básicos que son necesarios para iniciar con un buen diseño estructural, el segundo nivel será un trabajo en gabinete en el cual se desarrollaran los diferentes cálculos propuestos por los manuales empleados en el diseño, para de esta manera determinar los espesores de las diferentes capas de la carpeta estructural del pavimento.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

“Diseño de la estructura de un pavimento flexible por medio de la implementación del método AASTHO 93, para la ampliación del costado occidental de la Autopista Norte desde la calle 245 (El Buda) hasta La Caro”

Suarez (2017). “Diseño la estructura de pavimento flexible mediante la aplicación del Método AASHTO 93 para la ampliación del costado occidental de la Autopista Norte desde la calle 245 (El Buda) hasta la Caro (pág. 8). Utilizó la metodología AASHTO-1993 para realizar el diseño del pavimento, la cual hace uso de la determinación del número estructural, factores de serviciabilidad y fórmulas, las cuales finalizan en la determinación de los espesores de capas del pavimento (pág. 27). Los resultados que encontró fue un número de 43,769,350.00 de repeticiones, la subrasante posee un material con elevada plasticidad y una capacidad portante baja, teniendo un CBR promedio igual a 1.46%, se propone un asfalto con espesor igual a 12 cm, una base con espesor de 43 cm, capa subbase con espesor de 45 cm y un mejoramiento de capa, con rajón (capa de la subrasante) cuyo espesor será de 60 cm. Concluyó que el periodo de diseño proyectado para el pavimento fue de 10 años, todos los cálculos y diseños realizados se partieron a en el presente año, siendo así el inicio de operación del pavimento en el año 2017. (pág. 41).

La investigación aporta información sobre los criterios de diseño a considerar de la metodología de AASHTO 93 y conlleva una clara idea del procedimiento a seguir para poder determinar los espesores de las capas del paquete estructural del pavimento.

“Trabajo de monografía, Análisis y diseño del pavimento flexible por medio el método de la AASHTO-93”

Guerrero (2020). “Diseño y calculó el comportamiento estructural del pavimento flexible mediante

el método de AASHTO 93 y el método Shell (pág. 12). Utilizó la metodología AASTHO 93 para poder realizar el diseño del pavimento, pudiendo así encontrar los espesores requeridos para cada sub capa del paquete estructural. (pág. 18,53). Así como el método Shell, el cual considera un pavimento conformado por la unión de capas, cuya conformación es linealmente elástica, dicha conformación se encuentra bajo la acción de las cargas vehiculares. Concluyó que para la determinación del diseño estructural del pavimento por el método AASHTO-93, se requiere realizar un estudio de suelos y estudio de tráfico, previamente a realizar el diseño. Para el diseño; los parámetros que definen el tipo de mezcla S1F1- 50, en el trazado de las gráficas presentan un elevado nivel de sensibilidad (pág. 66)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

“Diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Perú en el distrito de Andahuaylas, 2020”

Yuto & Quiñones (2020). “Describieron de qué manera diseñó la estructura del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Perú en el distrito de Andahuaylas (pág. 3). La metodología que utilizaron fue el método AASHTO 93 basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasante para el cálculo de espesores (pág. 24). Los resultados que encontraron muestran que los ensayos Proctor modificado y CBR para determinar el valor de la resistencia in situ de la capa subrasante, tuvo un valor promedio de 31.23% (pág. 33). Concluyó que el diseño estructural cumple con la mejora de la transitabilidad de la vía con pavimento flexible realizando una mejora en la sub base de 0.21m a más. También que la variación de carpeta de subbase de 0.15 a 0.20 y modificando la sub base a las dimensiones antes evaluadas aumenta el nivel de servicio de la carpeta asfáltica en 20%. (pág. 60).

“Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (Km 1+000 A 2+000)”

Vega (2018). Realizó el diseño del pavimento asfáltico, en el tramo de kilómetros 1+000 y 2+000 de la vía que conecta al Nuevo Puerto de Yurimaguas (pág. 4). La metodología que utilizó fue la metodología AASHTO y la del Instituto del Asfalto, mientras tanto, la metodología AASHTO y la del Portland Cement Association (PCA) se utilizó para el diseño del pavimento de concreto (pág. 36). Concluyó que según el estudio de tráfico se determinó como resultado un número de ejes equivalentes igual a $12.00E+06$ para el pavimento flexible y $15.19E+06$ para el pavimento de concreto. Es importante hacer hincapié que el dato del ESAL (número de ejes equivalentes) se utilizó solamente para los diseños por las metodologías de la AASHTO y del IA (pág. 112).

2.1.3. Antecedentes Locales

“Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo”

Gallardo & Pescoran (2019). Realizó un análisis comparativo del diseño estructural del pavimento rígido y el pavimento flexible en la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo. (pág. 3). Se empleó la metodología AASHTO 93. Además, se consideró las recomendaciones propuestas por el Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma CE.010 Pavimentos urbanos, 2010, cuyas recomendaciones fueron de muy necesarios para establecer los espesores de capas del pavimento (pág. 17). Los resultados que obtuvieron en el diseño estructural del pavimento fue un espesor de capa asfáltica igual a 10 cm, una capa base de 20 cm y una sub base de 15 cm, con un costo aproximado de S/ 1'468,620.67 y para el caso del diseño estructural del pavimento de concreto, 20 cm para la losa de rígida, con un $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ y una base de 15 cm, con un valor monetario de S/ 2'152,674.75 (pág. 41). Concluyeron que, en el criterio económico, el valor monetario de por la ejecución del pavimento de concreto es 31% mayor del costo del pavimento flexible, por lo tanto, el costo es mayor en la conformación de pavimento rígido. (pág. 70).

El aporte de la tesis es brindar información sobre el diseño estructural de pavimentos a través de la metodología AASHTO 93, así como el análisis del pavimento flexible en comparación a otros pavimentos.

“Diseño estructural de pavimentos para mejorar la transitabilidad de las calles las Margaritas, 7 de Julio y Ricardo Palma del barrio 1 en el centro poblado Alto Trujillo”

Bazán & Vargas (2020). “Realizó el diseño estructural de los pavimentos de acuerdo con la metodología AASHTO 93 con la finalidad de ayudar en la mejora de transitabilidad (pág. 4). Utilizaron como metodología las recomendaciones detalladas en el Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, la Norma CE.010 y Norma GH.020, las cuales fueron utilizadas para el cálculo de cada espesor de las capas comprendidas en el paquete estructural del pavimento (pág. 24). Los resultados que se obtuvieron según el diseño estructural determinado para el pavimento flexible fueron: una capa asfáltica con 7.5 cm de espesor, base con espesor de 20 cm y una subbase de 10 cm, con valor monetario igual a S/. 2,584,807.35 y con un tiempo de ejecución de 114 días; para el pavimento de concreto se tiene una losa rígida de 20 cm de espesor y una capa base de 15 cm, con un valor monetario de S/. 3,259,059.76 y con un tiempo de ejecución de 140 días (pág. 38). Concluyeron que el pavimento flexible presenta a comparación del pavimento rígido, un tiempo y costo menor; lo que le da desde un enfoque económico y constructivo, o la conveniencia; pero recalca que requiere un mayor costo de mantenimiento (pág. 63).

El aporte de la tesis es obtener los criterios de la metodología AASHTO 93 para el diseño estructural del pavimento flexible, los ensayos de laboratorios necesarios que se deben realizar para realizar el diseño del pavimento y el modelo de la matriz de operacionalización de variables

2.2. Marco teórico

2.2.1 Pavimento Flexible

El pavimento está conformado por diferentes capas que van a ir de manera superpuesta en

dirección horizontal, los cuales se diseñan y van a ser construidos con materiales adecuados y que van a cumplir con parámetros indicados en el diseño. Estas capas van a ir de manera superpuesta sobre la subrasante. Estas capas van a resistir de manera adecuada todos los esfuerzos de cargas que van a ser de manera repetida durante todo el periodo para el cual fueron diseñadas, estas cargas son presentadas por la circulación del tránsito. (Montejo, 2002)

2.2.2 Metodología de Diseño AASHTO 93

Es una metodología que se desarrolló de manera empírica, ya que sus parámetros son los resultados experimentales obtenidos en el AASHO Road Test, que se desarrolló en Ottawa; lo que se deseaba lograr era obtener relaciones de suma confianza que serían arrojadas al aplicar cargas controladas en el pavimento de estudio.



Figura 1. AASHO Road Test

Nota. Extraído de American Concrete Pavement Association

2.2.3. Factores necesarios para determinar el Diseño de Pavimentos

2.2.3.1. Tráfico o Tránsito

Lo más importante en el diseño es tener en cuenta las cargas más pesadas, estas cargas van a ser por eje y se podrán clasificar como eje simple, eje tándem, o eje trídem, estas cargas van a ser un punto importante para definir la estructura de la carretera que va a cumplir durante el tiempo

para el que fue diseñado el pavimento. Al momento de pasar una carga por el pavimento, este va a tender a deformarse lo que se va a conocer como fatiga. Otros puntos que se debe de tener en cuenta con respecto al tránsito son las máximas presiones que se va a presentar al momento del contacto con el pavimento, también tener en cuenta las demandas tangenciales que se presentan en las curvas, zonas ya sea de aceleración como también de frenado, zonas donde se van a estacionar los vehículos, especialmente los vehículos pesados y un punto muy importante son las velocidades de operación que van a presentar los vehículos. (Montejo, 2002)

2.2.3.2. Tipos de vehículos según la disposición de sus ejes

En todas las ciudades existe una diversidad muy amplia sobre las características o propiedades de los vehículos que van a circular sobre el pavimento, lo cual provoca que se tenga un amplio espectro de ejes de carga, con dimensiones y parámetros variables ya sea en los espacios de las llantas, como en también en las presiones de inflado de estas; por lo tanto, no se puede estimar de manera precisa el daño que pueden producir las cargas por eje. Para esto se toma en cuenta a la única fuente confiable que es la que nos brinda el AASHO ROAD TEST, que toma en cuenta a un eje sencillo de 8.2 toneladas como eje patrón. (Montejo, 2002)

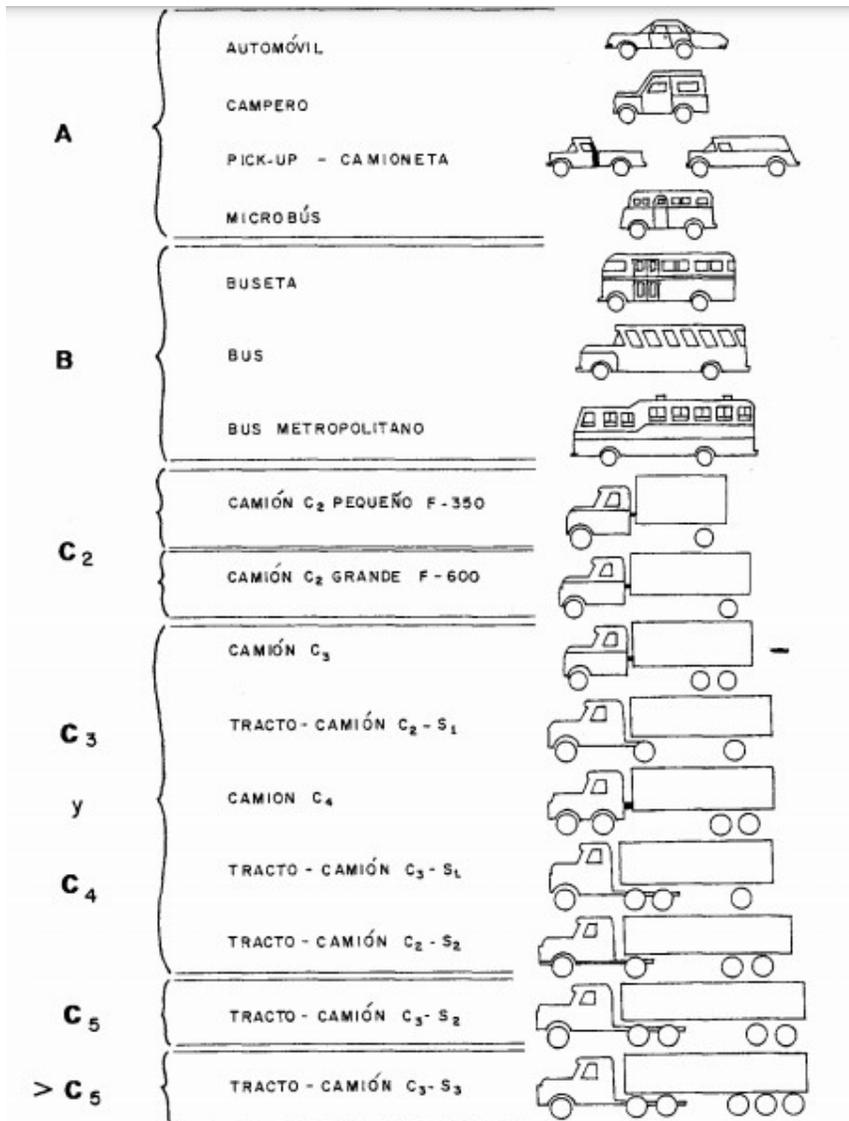


Figura 2. Conteos manuales de tránsito

Nota. Adaptado de *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (p. 20), Montejo, 2002, Stella Valbuena Fierro

2.2.3.3. Determinación del Tránsito Existente

La información que se debe de recolectar de una vía es:

- El tránsito promedio diario semana (TPDS)
- Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

El tránsito promedio diario se determina al realizar un conteo vehicular, durante los 7 días de

una semana, se debe de tener en cuenta a todos los vehículos que circulen por la vía a estudio; se debe de tener en cuenta que este conteo no va a ser el mismo en todos los días, y que va a ir variando dependiendo de los meses, estaciones; se recomienda hacer el conteo vehicula en época de verano. Este conteo total de toda la semana se divide en los días contados que va a ser 7, pudiendo obtener así el transito promedio diario semanal. Un punto a tener en cuenta es que cuando se desea diseñar en una nueva vía, no van a circular la cantidad de vehículos que circulan en una vía ya pavimentada, por eso, también se recomienda tomar referencias de vías cercanas, o de características similares. (Montejo, 2002)

2.2.3.4. Factor direccional y Factor Carril

El factor de distribución direccional va a estar expresado como una relación, lo cual va a corresponder a la cantidad de vehículos que van circular en una vía en un solo sentido del tráfico. El factor carril también es una relación que va a corresponder al carril que va a recibir la mayor cantidad de numero de ejes equivalentes (EE). Para un carril de diseño se debe de tener en cuenta el número de sentidos o direcciones que la calzada va a presentar. (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

Tabla 1. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Numero de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc
1 calzada	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
(para IMDa total de la	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60

calzada)	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.5
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
con	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
separador	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
central	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras (p. 75), 2014

2.2.3.5. Cálculo de tasas de crecimientos y proyección

Una tasa de crecimiento es de manera anual y va a depender de la variación y dinámica de un crecimiento socio-económico que va a estar expresado como el Producto Bruto Interno y del crecimiento poblacional. Las tasas de crecimiento, normalmente se van a encontrar dentro del rango de 2% a 6%. (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$$

T_n: Tráfico futuro (proyectado) al año “n” en veh/día

T_o: Tráfico actual en veh/día

n: Periodo de diseño (años)

r: Tasa anual de crecimiento del tráfico

2.2.3.6. Número de repeticiones de ejes equivalentes

Los ejes equivalentes (EE) van a ser la unidad de medida, un factor de equivalencia que va a ser la representación de un factor destructivo, estos van a ser los ejes acumulados durante todo el

tiempo de vida útil para el que fue diseñado el pavimento. Un eje equivalente está definido como el efecto de deterioro que será causado sobre el pavimento mediante un eje simple que va a estar conformado de dos ruedas, las cuales van a tener una carga de 8.2 tn; por otro lado, los neumáticos que van a conformar el eje van a presentar una presión de 80 lbs/pulg². (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

Tabla 2. Relación de Cargas por Eje para determinar los Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles

Tipo de eje	Eje equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = \left[\frac{P}{6.6} \right]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = \left[\frac{P}{8.2} \right]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje de ruedas doble + 1 eje de ruedas simples) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = \left[\frac{P}{14.8} \right]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{T2})	$EE_{TA2} = \left[\frac{P}{15.1} \right]^{4.0}$
Eje Trídem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de ruedas simples) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = \left[\frac{P}{20.7} \right]^{3.9}$
Eje Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR1})	$EE_{TR2} = \left[\frac{P}{21.8} \right]^{3.9}$

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras (p. 75), 2014

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalente de 8.2 tn, durante el periodo de diseño se usará la siguiente expresión:

$$N_{rep \text{ de } EE_{8.2tn}} = \sum (EE_{dia \text{ carril}} \times Fca \times 365)$$

2.2.3.7. Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño

Tabla 3. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de

diseño para caminos no pavimentados

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T _{NP1}	≤ 25,000 EE
T _{NP2}	> 25,000 EE ≤ 75,000 EE
T _{NP3}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{NP4}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE

Tabla 4. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño para pavimentos flexibles.

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T _{P5}	> 1,000,000 EE ≤ 1,500,000 EE
T _{P6}	> 1,500,000 EE ≤ 3,000,000 EE
T _{P7}	> 3,000,000 EE ≤ 5,000,000 EE
T _{P8}	> 5,000,000 EE ≤ 7,500,000 EE
T _{P9}	> 7,500,000 EE ≤ 10,000,000 EE
T _{P10}	> 10,000,000 EE ≤ 12,500,000 EE
T _{P11}	> 12,500,000 EE ≤ 15,000,000 EE
T _{P12}	> 15,000,000 EE ≤ 20,000,000 EE
T _{P13}	> 20,000,000 EE ≤ 25,000,000 EE
T _{P14}	> 25,000,000 EE ≤ 30,000,000 EE

T_{P15}

> 30,000,000 EE

2.2.4. La Subrasante

Esta va a ser la capa donde se van a superponer las demás capas que se incluirá la estructura del pavimento, por eso debe de presentar una muy buena calidad. La resistencia a la deformación o también conocida como capacidad de soporte va a ser un punto muy importante que se debe de evaluar en esta carpeta; se debe de tener en cuenta el tipo de material por el cual estará compuesto, ya que este material puede presentar hinchamiento, o también puede ser expansivo; que más adelante van a influir en la estructura, ocasionando daños severos. Muchos especialistas cuando observan que se puede presentar estos fenómenos tienden a realizar una estabilización de suelos, lo que más se emplea en una estabilización es cemento, cal o aditivo. Para tener las características físico mecánicas de los materiales que van a ser parte de la subrasante se deberá realizar investigaciones que van a consistir en realizar pozos en los cuales se va a explorar el material, estos son conocidos como calicatas y estas deben de tener como mínimo una profundidad de 1.5 metros (Montejo, 2002)

Tabla 5. Cantidad de calicatas para el estudio de suelos

Tipo de Carreteras	Profundidad (m) (a nivel de subrasante)	Número mínimo de calicatas	Observaciones
Autopistas: IMDA > 6000 veh/día, con calzadas separadas, cada una con dos o	A 1.50m	· Calzada con 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido · Calzada 3	

más carriles		carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido · Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: entre 6000>IMDA>4001 veh/día, con calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m	· Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido · Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido · Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: 4000> IMDA>2001 veh/día (1 calzada 2 carriles)	1.50m	· 4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: 2000> IMDA>401 veh/día (1 calzada 2 carriles)	1.50m	· 3 calicatas x km	Las calicatas tendrán una ubicación longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Tercera Clase: 400>IMDA> 201 veh/día (1 calzada 2 carriles)	1.50m	· 3 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m	· 1 calicata x km	

2.2.5. El Clima

La lluvia y la pronunciada variación de temperatura son los fenómenos que más daño pueden causar a un pavimento. Por un lado, tenemos a las lluvias, ya que va a caer directamente sobre la

superficie, va a tener una acción directa con el nivel freático, esta acción va a influenciar en la compresibilidad y resistencia de los suelos o materiales por los que está compuesta la subrasante, provocando variaciones en el volumen. Por otro lado, tenemos a la temperatura va a tener una influencia directa en el pavimento, ya que el asfalto perteneciente a la carpeta de rodadura presenta una elevada susceptibilidad térmica, lo cual al elevarse o disminuir la temperatura provocará que el módulo de elasticidad presente una sustancial modificación, lo cual se va a visualizar en la superficie del pavimento como deformaciones o agrietamientos, afectando así la serviciabilidad que debe de brindar una vía pavimentada. (Montejo, 2002)

En función de las temperaturas que van a presentar cada región, se debe seleccionar distintos rangos de penetración, para esto tenemos la siguiente tabla.

Tabla 6. Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó		95 – 100	
60 – 70 ó	60 - 70		Asfalto Modificado
modificado		120 - 150	

2.2.5 Variables de diseño

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.6 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R)$$

$$+ 8.07$$

2.2.5.1. W18

Se estable en base a la información del estudio de tráfico, va a ser el número acumulado de ejes simples equivalente a 80kN (18000 lb), para el periodo que se desea diseñar

2.2.5.2. Modulo de Resiliencia (Mr)

La resiliencia viene a ser la capacidad de absorber energía de un material, cuando se presenta alguna deformación elástica y vuelve a su estado inicial cuando la carga es eliminada. El módulo de resiliencia va a corresponder a la energía de deformación por unidad de volumen, que va a ser requerida para llevar de esta manera al material desde una tensión cero hasta el límite elástico.

$$Mr (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

2.2.5.3. Confiabilidad (%R)

La confiabilidad va a representar la probabilidad que una estructura se mantenga, durante el tiempo de diseño en el cual ha sido prevista; tener en cuenta que la confiabilidad va a variar dependiendo de los factores que intervienen en el desarrollo, interviniendo así en el comportamiento del pavimento. Resaltar que la confiabilidad no es un número que va a ingresar directamente a la ecuación que se emplea en el diseño; si no, para conocer esta probabilidad, debe de emplearse un coeficiente estadístico que se conoce como la Desviación Normal Estándar (Zr).

Tabla 7. Valores recomendables de nivel de Confiabilidad (10 o 20 años) según el tráfico

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)
Caminos de bajo volumen de transito	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%

Resto de caminos	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10,000,000	90%
	T _{P10}	10,000,001	12,500,000	90%
	T _{P11}	12,500,001	15,000,000	90%
	T _{P12}	15,000,001	20,000,000	90%
	T _{P13}	20,000,001	25,000,000	90%
	T _{P14}	25,000,001	30,000,000	90%
	T _{P15}	>30,000,000		95%

2.2.5.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Tabla 8. Coeficiente Estadístico de la desviación estándar normal (Zr) para una sola etapa de diseño

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de bajo volumen de tránsito	T _{P1}	150,001 - 300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001 - 500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001 - 750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001 - 1,000,000	-0.842
Resto de caminos	T _{P5}	1,000,001 - 1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001 - 3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001 - 5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001 - 7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001 - 10,000,000	-1.282
	T _{P10}	10,000,001 - 12,500,000	-1.282
	T _{P11}	12,500,001 - 15,000,000	-1.282
	T _{P12}	15,000,001 - 20,000,000	-1.645
	T _{P13}	20,000,001 - 25,000,000	-1.645
	T _{P14}	25,000,001 - 30,000,000	-1.645

TP15	>30,000,000	-1.645
------	-------------	--------

2.2.5.5 Índice de serviciabilidad Presente (PSI)

La serviciabilidad de una vía pavimentada interpreta la percepción de la calidad que va a presentar una superficie de rodadura, esta percepción la va a experimentar el mismo usuario al momento que va a circular con su vehículo, por tanto, depende de factores que van a estar asociados a las diversas características de las capas de rodadura y elementos que van a constituir la seguridad vial. Va a ser conocido como un índice de comodidad y seguridad, y se cuantifica en una escala de 0 a 5, el grado de confort que el usuario va a percibir.

Tabla 9. Diferencia de Serviciabilidad (Δ PSI)

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Diferencia de Serviciabilidad (Δ)
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP1	150,001 - 300,000	1.80
	TP2	300,001 - 500,000	1.80
	TP3	500,001 - 750,000	1.80
	TP4	750,001 - 1,000,000	1.80
Resto de caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	1.20
	TP15	>30,000,000	1.20

2.2.5.6 Numero estructural Requerido (SNR)

Va ser el número que expresa la resistencia que presenta un pavimento en términos de valor de soporte de suelo. Este va a representar el espesor total que va a poseer un pavimento, para luego ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, como son las carpetas de su base, base y carpeta de rodadura, para esto se emplearán diferentes coeficientes estructurales.

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = Espesores (en centímetros) de las capas: Superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

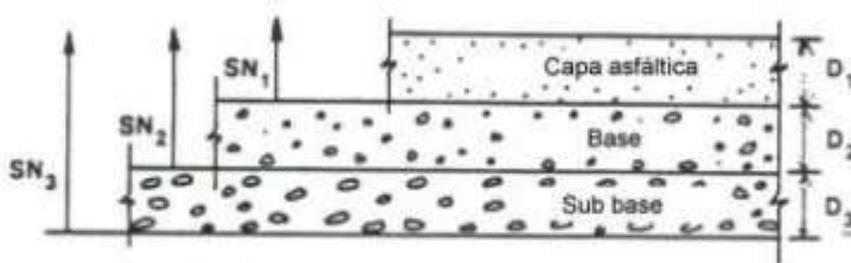


Figura 3. Procedimiento para determinar espesores mínimos de capas.

2.3. Marco conceptual

- **Subrasante**

Es la capa de soporte de la estructura de pavimento a diseñar, por lo que esta deberá tener una óptima calidad y resistir a las capas superpuestas. La propiedad más

significativa de esta es tener una resistencia o capacidad de soporte elevada, la cual soportará las cargas de la estructura superpuesta; para esta capa muchas veces, debido a la evaluación realizada, se realiza una estabilización con algún otro material debidamente evaluado (cemento, cal o aditivo), dicha estabilización se realiza con la finalidad de mejorar la capacidad de soporte de la subrasante. (Montejo, 2002)

- **Transito**

Es uno de los parámetros más importantes en el diseño del pavimento, el cual influye significativamente en el deterioro de la vía; el transito influenciará en el pavimento según el tráfico pesado que este tenga; por lo tanto, este parámetro determinará el rango de tiempo de vida para el cual se diseñó dicho pavimento. (Montejo, 2002)

- **Serviciabilidad**

El índice de serviciabilidad de una vía pavimentada, es una percepción visual de la superficie del pavimento, la cual se aprecia al momento que el usuario circula por la vía; el índice de serviciabilidad se determinará por un criterio de comodidad y seguridad, los valores de serviciabilidad oscila entre 0-5, el cual es el grado de confort que el usuario va a percibir. (La Guía de Diseño AASHTO 93)

- **Confiabilidad**

La confiabilidad es un factor que indica probabilidad de la estructura del pavimento, la cual desempeñará satisfactoriamente en el tiempo de vida del pavimento, la confiabilidad no influye directamente en la ecuación que se emplea para el diseño, dicho resultado es una probabilidad, la cual ayuda a obtener el resultado de la Desviación Estándar, dio resultado se emplea en la expresión matemática de diseño. (La Guía de Diseño AASHTO 93)

- **Módulo de resiliencia**

El módulo de resiliencia viene a ser la capacidad para absorber la energía de un material,

cuando se presente deformaciones elásticas de un material; y este recupera su estado inicial, cuando se deja de aplicar la carga (cargas de los vehículos). (La Guía de Diseño AASHTO 93).

2.4. Sistema de hipótesis

El diseño estructural de las avenidas en estudio, será un beneficio para los usuarios que transportan por la vía, teniendo como resultado una mayor seguridad y comodidad; ya que cumplen con las especificaciones encontradas en los manuales del MTC.

2.4.1. Variables

- **Variable independiente**

Diseño estructural.

2.4.2. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 10. Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unid
Diseño estructural	Consiste en la determinación de los espesores de cada capa que va a constituir la sección estructural del pavimento, la cual permitirá soportar las cargas durante un periodo de tiempo determinado (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos,2002)	Se realizará los estudios básicos necesarios, luego se determinarán los parámetros que van a intervenir en la ecuación del diseño.	Estudio Topográfico	Distancia	m
				Área de estudio	M2
				Ángulos	(°, ', ")
				Elevaciones	(msnm)
			Estudio Geotécnico	Contenido de Humedad	%
				Análisis granulométrico	Adimensional
				Límites de Atterbergg	Adimensional
				Peso específico	Kg/cm3
			Estudio de Trafico	CBR	%
				TMDA	Veh/año
			Parámetros de Diseño	Ejes Equivalentes	Adimensional
				Número de repeticiones de ejes equivalentes	Adimensional
				Periodo de diseño	Años
				Confiabilidad	%
				Serviciabilidad	Adimensional
				Desviación estándar total	Adimensional
				Módulo resiliente	KSI
Diseño Estructural	Número estructural	Adimensional			
	Coficiente estructural de capa	1/cm			
	Coficiente de drenaje de capa	Adimensional			
	Espesor de capa	pulgadas			

III. METODOLOGIA APLICADA

3.1. Tipo y nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Aplicada: Porque está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a problemas prácticos.

3.1.2. Nivel de investigación

Descriptiva; ya que los datos son obtenidos directamente de la realidad, sin alterar su estado en el que se encuentra.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Todas las avenidas que pertenecen a la ciudad de Trujillo, 2021

3.1.2. Muestra

En esta investigación se evaluará un total de 4 avenidas del Alto Trujillo, cuya suma de magnitudes es un total de 9.1 kilómetros, estas avenidas están en el sector Alto Trujillo, La Libertad.

3.3. Diseño de investigación

Diseño de investigación de campo ya que implica una recolección de datos reales del lugar de estudio, cuyos datos serán necesarios para complementar la investigación a realizar.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- Técnicas de recolección de datos

Se empleará técnicas de observación se realizará análisis de campo del estado de la vía, topografía y material que lo compone y análisis documental, ya que se realizará empleando los manuales y normas y todo tipo de documento que servirá como guía para el desarrollo del diseño estructural del pavimento

• **Instrumentos de recolección de datos**

Se emplearán guías de observación, que servirán para la inspección de la topografía, también de los tipos de suelos que puede presentar la vía, también se incluirán formatos que servirán para el conteo vehicular para luego poder calcular el volumen vehicular que presenta la vía. También se empleará ficha de resumen que brindan por ejemplo la norma AASHTO 93.

Tabla 11. Instrumentos de recolección de datos

Variable	Dimensiones	Instrumentos de Recolección de datos
Diseño estructural	Estudio Topográfico	Guía de observación 1
	Estudio Geotécnico	Guía de observación 2
		Guía de observación 3
		Guía de observación 4
		Guía de observación 5
	Estudio de Trafico	Guía de observación 6
		Ficha de resumen 1
Ficha de resumen 2		
Parámetros de Diseño	Ficha de resumen 3	
Diseño Estructural	Guía de observación 7	

Tabla 12. Validación de instrumentos

Dimensiones	Instrumentos de Recolección de datos	Validación
Estudio Topográfico	Guía de observación 1	Manual de topografía
Estudio Geotécnico	Guía de observación 2	Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014
	Guía de observación 3	
	Guía de observación 4	

	Guía de observación 5	
Estudio de Trafico	Guía de observación 6 Ficha de resumen 1 Ficha de resumen 2	Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014
Parámetros de Diseño	Ficha de resumen 3	Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014
Diseño Estructural	Guía de observación 7	Guía AASHTO 93

3.5. Procesamiento y análisis de datos

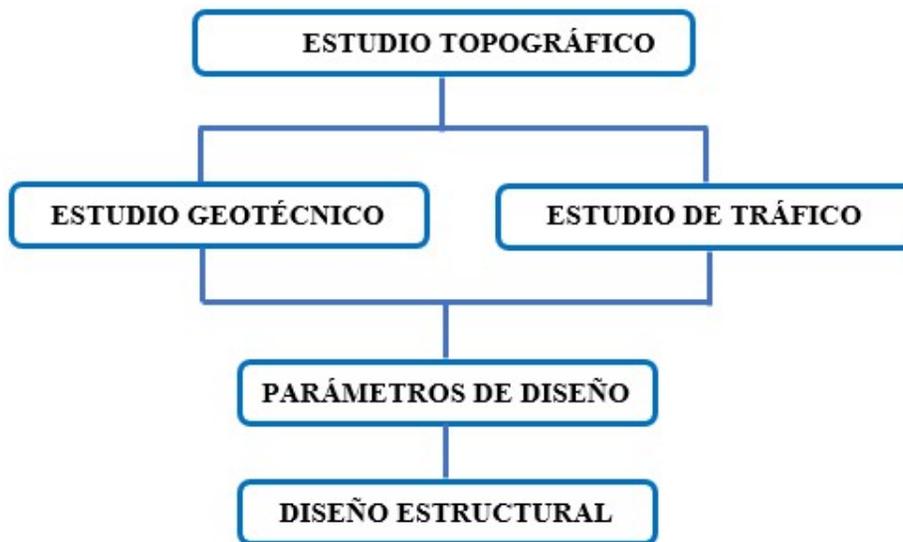


Figura 4. Esquema del procedimiento experimental

3.5.1. Estudio Topográfico

- Trabajo de campo

Se hará una verificación de cada uno de los instrumentos a emplear, como son estación total, GPS, entre otros; posterior a ello se realizará la georreferenciación previa de cada una de las avenidas en estudio con ayuda de las coordenadas que nos brinda el Instituto Geográfico

Nacional, y así obtener con los instrumentos las elevaciones y depresiones presentes en el lugar a lo largo de las avenidas elegidas.

Se tendrá en cuenta las intersecciones de calles, buzones y postes de alumbrado eléctrico para el posterior diseño de pavimento.

- Trabajo de Gabinete

Con la data obtenida del trabajo de campo, se procede a hacer el modelamiento de las avenidas con la ayuda del software Civil Autocad 3D, el cual nos ayudará con las correcciones ya sea en medidas o triangulación para el trazo del perfil longitudinal. Al finalizar tendremos los resultados plasmados en planos para una mejor lectura.

3.5.2. Estudio Geotécnico

Se realizará el estudio de suelos del terreno de cada avenida con un promedio de 2 calicatas en cada avenida, para la debida caracterización del material extraído y así obtener las propiedades que a continuación se detallan:

- Contenido de Humedad

Se realizará por cada muestra extraída el ensayo de contenido de humedad, la cual será llevada al laboratorio para la determinación de esta propiedad; cuyos equipos deben estar calibrados, como es el caso de la balanza con una precisión de 0.01 gr., el horno cuya temperatura a mantener debe estar alrededor de 110 +/- 5 °C.

El procedimiento del ensayo se describe a continuación:

- Colocar las muestras extraídas hasta una altura de $\frac{3}{4}$ de cada tara y proceder a pesarlas.
- Una vez pesadas, se colocan en el horno a una temperatura de 110 °C por un tiempo de 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se sacan las muestras secas y se proceden a pesar cada muestra.
- Finalmente se calcula el porcentaje de humedad empleando la siguiente expresión:

$$W\% = (\text{Peso de agua}/\text{Peso seco}) \times 100 = ((Wh - Ws) / (Ws)) \times 100$$

- Análisis Granulométrico

Se realizará el ensayo de granulometría para caracterizar el material, empleando tamices de 2", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8, N°10, N°40, N°100 y N°200.

El tamizado se realizará durante un minuto, con las mallas sobrepuestas de menor a mayor diámetro; ya sea manualmente o con vibrador mecánico. Con cada porcentaje de peso retenido de cada malla se evaluará y se clasificará el tipo de material según la norma MTC E 106.

- Límites de Atterberg

Este ensayo se realizará para la caracterización de suelos finos y sus propiedades plásticas necesarias para la conformación de las capas del pavimento, con la ayuda del sistema de clasificación SUCS de los suelos.

- CBR

El ensayo se realizará para evaluar la capacidad portante de suelo; la muestra a ensayar debe tener un peso de 6kg, 3 moldes de 6 pulgadas de diámetro y una altura de 7 pulgadas y se compactará con una cierta cantidad de golpes. Los equipos a utilizar son una prensa de carga, apisonador, deformímetros, pesas y diales.

3.5.3. Estudio de Tráfico

Se realizará el conteo vehicular de las avenidas en estudio por un periodo de 7 días durante las 24 horas, obteniendo así el IMDA y con esto los numero de ejes equivalentes, necesarios para determinar los espesores de capas estructurales del pavimento, como indica la guía del ministerio de transportes Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2014.

3.5.4 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño empleados para la estructura del pavimento serán calculados según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2014 como son Confiabilidad, Serviciabilidad, Desviación Estándar total y el Módulo Resiliente; cuyas fórmulas y tablas están en el mismo manual del MTC.

3.5.5 Diseño Estructural

Es el paso final para la determinación de los espesores de capas del pavimento, cuyos cálculos se obtuvieron en los puntos anteriores y los coeficientes estructurales de capa y drenaje de capa se tomarán del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2014; con estos datos se concluye en los espesores de la base, sub base y pavimento a emplear.

IV. METODOLOGIA EMPLEADA

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Diseño estructural

- **Estudio topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico de las avenidas principales del alto Trujillo, empleando el método de radiación, las cuales interceptan los sectores 1, 2, 3 y 4 del sector, teniendo como resultados las cotas, distancias y secciones de las vías, con la finalidad de tener una noción del movimiento de tierras que se debe realizar luego de determinar el diseño estructural del pavimento; dichos resultados se encuentran en el plano topográfico, en los anexos.

- **Estudio geotécnico**

Para el estudio geotécnico de las avenidas se extrajeron 3 muestras, las cuales se sometieron a los ensayos de Proctor modificado y CBR; dicho terreno tiene una característica común en las avenidas, las cuales conlleva a clasificar visualmente como un terreno arenoso mal graduado, cuyas propiedades se describen a continuación:

Tabla 13. Ensayos de Proctor y CBR para las muestras obtenidas

	PROCTOR MODIFICADO		CBR (%)
	MAX. DENS. SECA (g/cm ³)	HUMEDAD OPTIMA (%)	
C-1	1.781	7.0	13.0
C-2	1.787	7.2	13.8
C-3	1.788	6.9	13.2

Obteniendo como promedio un CBR de 13.3%, por lo tanto, la subrasante se encuentra en la categoría S3: Subrasante Buena, según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, y no es necesario un mejoramiento de sus propiedades.

- **Estudio de tráfico**

Se realizó el conteo vehicular en las avenidas 4 y la avenida quebrada de León, teniendo siendo la av. 4 la más transitada; dicho conteo se realizó durante 7 días, iniciando el estudio de tráfico el día lunes y culminando el día domingo con un horario de 8 am a 6 pm, teniendo como resultado promedio un IMDA igual a 1746 veh/día.

Luego del cálculo del IMDA se procedió en calcular en gabinete el número de ESALS promedio de las vías en estudio, teniendo como valor: 2276637.826 Número de ejes equivalentes.

- **Parámetros de diseño**

- Período de diseño:

El periodo de diseño proyectado para el pavimento es de 20 años.

- Confiabilidad:

La confiabilidad dispuesta para las avenidas en estudio tiene un valor igual a 85%.

- Serviciabilidad (P):

Los índices de serviciabilidad determinados para las avenidas, tienen los siguientes valores: $P_i=4.0$; $P_f= 2.5$ respectivamente.

- Desviación estándar total (So)

La desviación estándar normal para el diseño estructural es de -1.037.

- Módulo resiliente

El valor del módulo resiliente de la subrasante, calculado en el laboratorio tiene un valor de 13407.62 kg/cm²; como se indica en los anexos.

- **Diseño estructural**

Mediante los parámetros obtenidos anteriormente se llevó a calcular los espesores de las capas del paquete estructural, teniendo como valores los siguientes: Espesor de pavimento 0.09 m, espesor de base granular 0.175 m y una sub base granular de 0.15 m de espesor.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Diseño estructural

- *Estudio Topográfico*

Se realizaron los estudios topográficos de cada avenida, empleando el método de radiación con el equipo Estación Total LEICA TS 07 – R500, obteniendo en las cuatro avenidas una cota máxima de 242.00 msnm y una cota mínima de 142.00 msnm y geometría, curvas de nivel de cada una de ellas, dicho plano se detalla en los anexos.

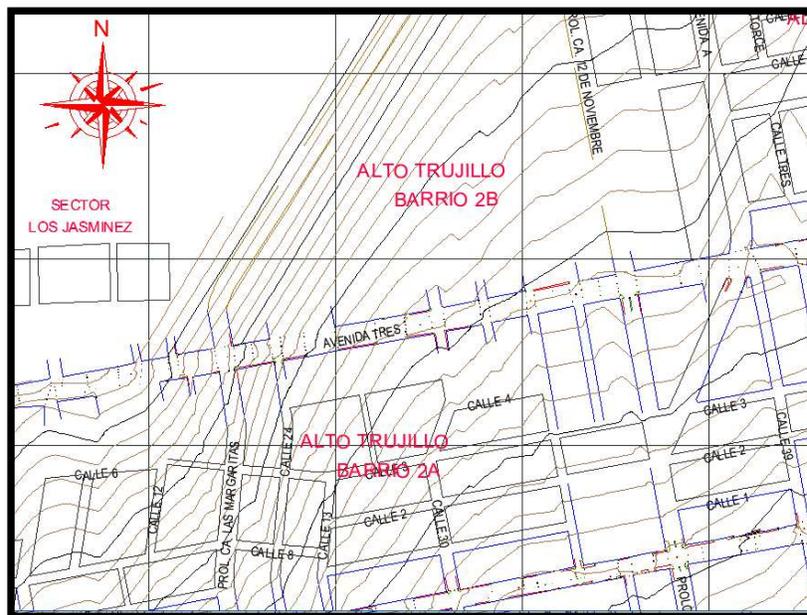


Figura 5. vista general de la avenida 3 del Alto Trujillo, El Porvenir

- *Estudio Geotécnico*

Los estudios geotécnicos se realizaron en el laboratorio, teniendo como resultados de las 3 muestras extrahidas de las calicatas; cuyos resultados se muestran a continuación:

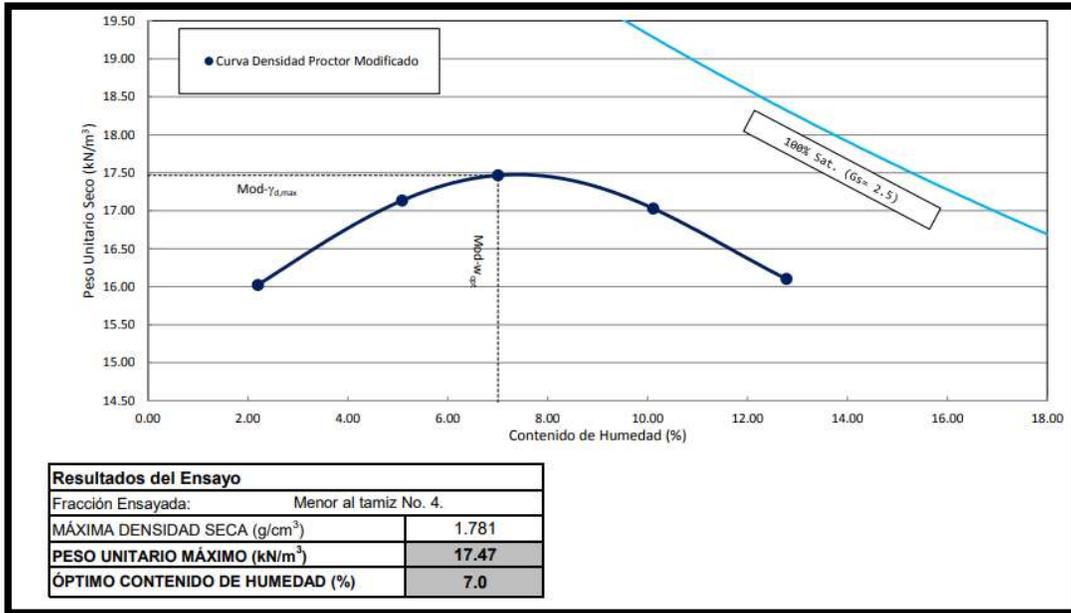


Figura 6. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-1

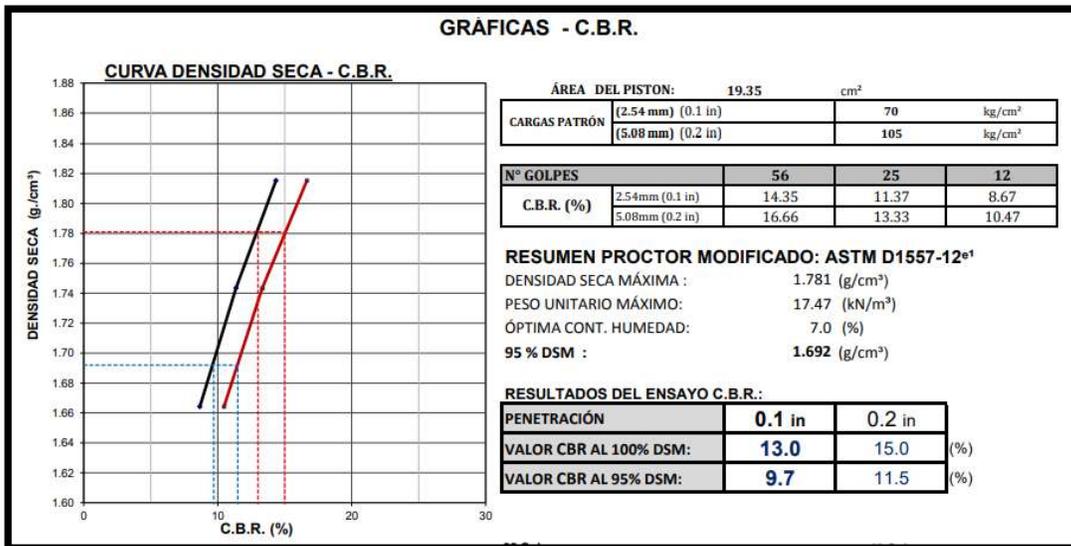


Figura 7. Ensayo CBR para la muestra M-1

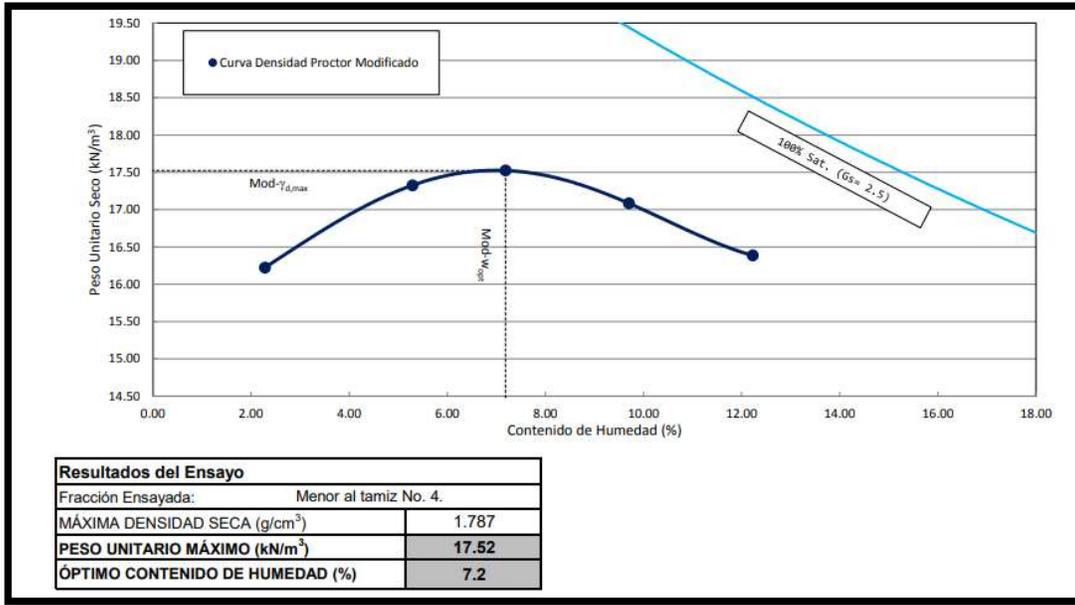


Figura 8. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-2

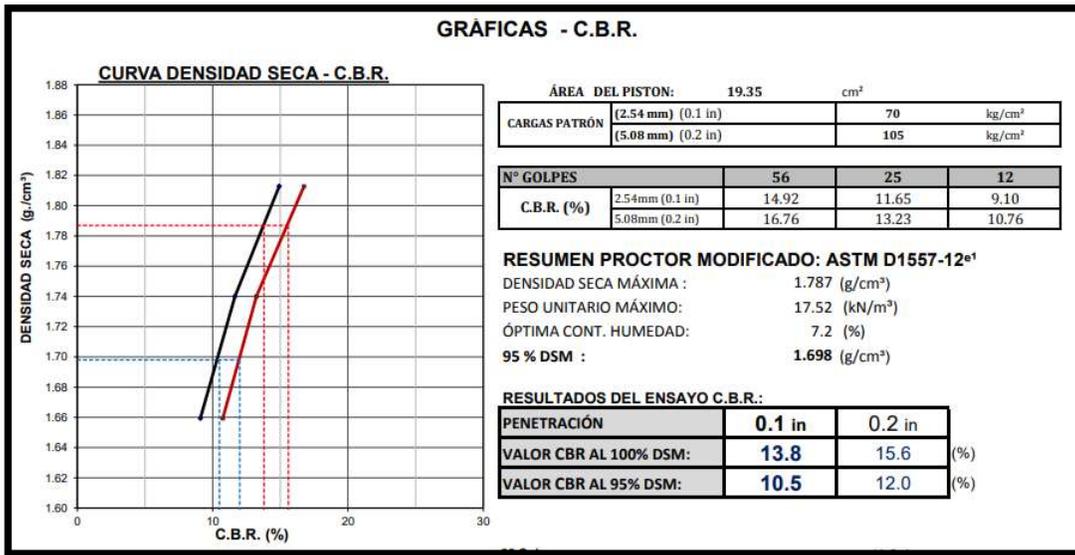


Figura 9. Ensayo CBR para la muestra M-2

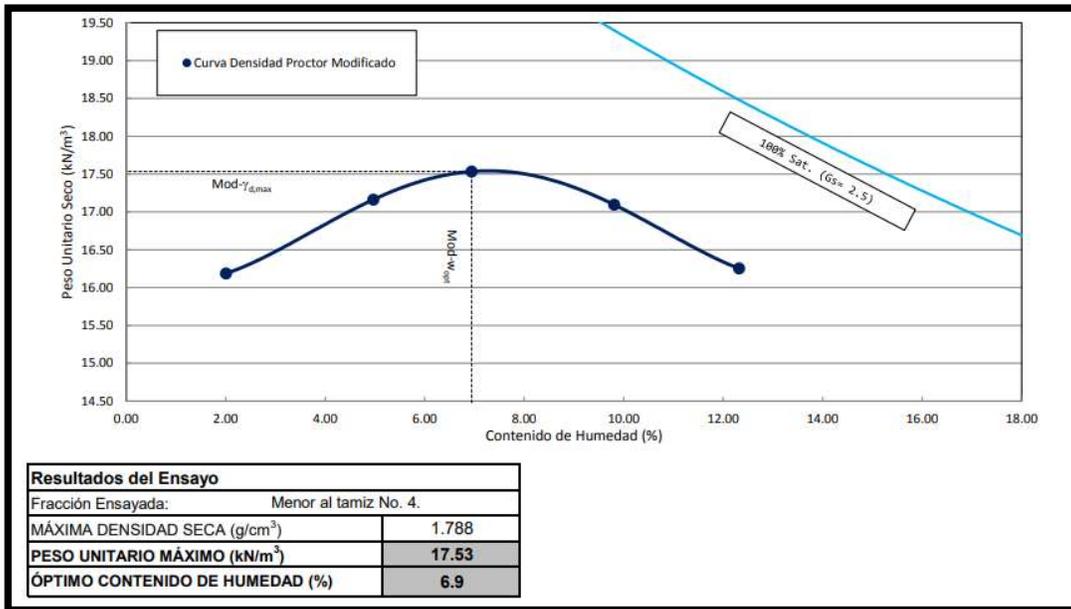


Figura 10. Ensayo de Proctor Modificado para la muestra M-3

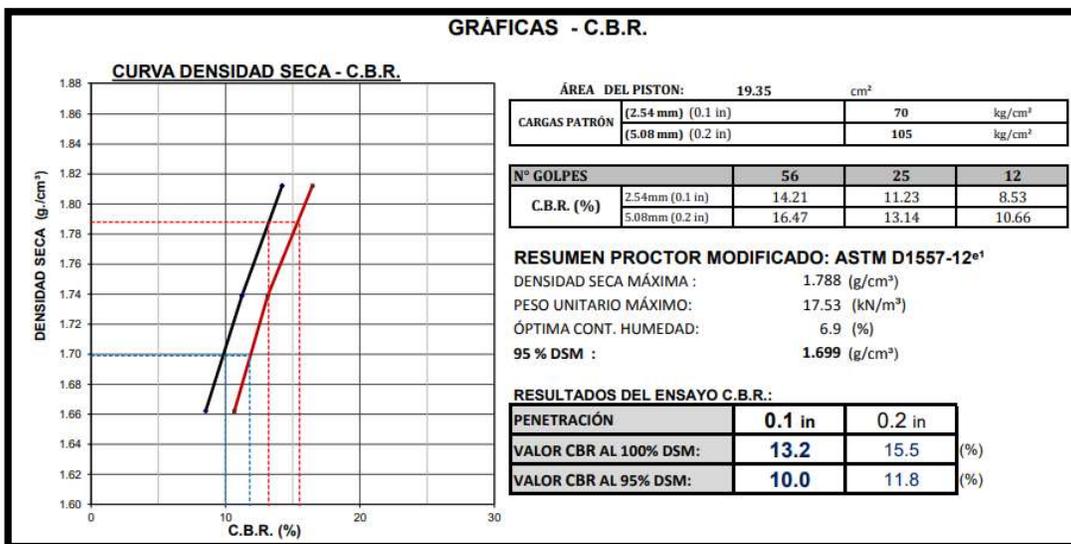


Figura 11. Ensayo CBR para la muestra M-3

- *Estudio de Tráfico*

El estudio de tráfico determinado para las secciones presenta los siguientes resultados:

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR												
	HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E	
LUNES	05:00	N	410	21	14	7	257	228	33	6	0	
	19:00	S	395	42	44	12	241	222	46	7	0	
		Total	805	63	58	19	498	450	79	13	0	
MARTES	05:00	N	386	19	17	11	254	230	38	12	0	
	19:00	S	386	36	46	17	238	214	46	9	0	
		Total	772	55	63	28	492	444	84	21	0	
MIÉRCOLES	05:00	N	392	20	14	7	257	231	35	8	0	
	19:00	S	388	30	44	12	240	229	45	7	0	
		Total	780	50	58	19	497	460	80	15	0	
JUEVES	05:00	N	388	23	14	6	255	235	31	9	0	
	19:00	S	378	35	37	11	243	223	40	4	0	
		Total	766	58	51	17	498	458	71	13	0	
VIERNES	05:00	N	402	21	14	10	255	227	23	8	0	
	19:00	S	386	31	36	9	240	230	41	5	0	
		Total	788	52	50	19	495	457	64	13	0	
SÁBADO	05:00	N	410	16	13	9	252	225	25	7	0	
	19:00	S	392	29	30	12	244	232	39	8	0	
		Total	802	45	43	21	496	457	64	15	0	
DOMINGO	05:00	N	383	16	12	7	254	227	28	5	0	
	19:00	S	364	36	35	12	239	219	43	7	0	
		Total	747	52	47	19	493	446	71	12	0	

Figura 12. Resumen de conteo vehicular

CÁLCULO DE IMDs, IMDA										
$IMD_s = \frac{Vl + Vm + Vmi + Vj + Vv + Vs + Vd}{7}$								$IMDA = IMDs \times Fc$		
	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	
IMD s	N	395.8571	19.4286	14.0000	8.1429	254.8571	229.0000	30.4286	7.8571	
	S	384.1429	34.1429	38.8571	12.1429	240.7143	224.1429	42.8571	6.7143	
	Total	780.0000	53.5714	52.8571	20.2857	495.5714	453.1429	73.2857	14.5714	
Factor de Corrección	Vehículo Ligero (Febrero)						0.8910			
	Vehículo Pesado (Febrero)						1.0102			
IMDA	N	352.70871	17.310857	12.474	7.2552857	227.07771	204.039	30.738943	7.9372857	
	S	342.27129	30.421286	34.621714	10.819286	214.47643	199.71129	43.294286	6.7827714	
	Total	694.98	47.732143	47.095714	18.074571	441.55414	403.75029	74.033229	14.720057	IMDA
IMDA 2021	TOTAL	695	48	48	19	442	404	75	15	1746 veh/dia

Figura 13. Cálculo del IMDA

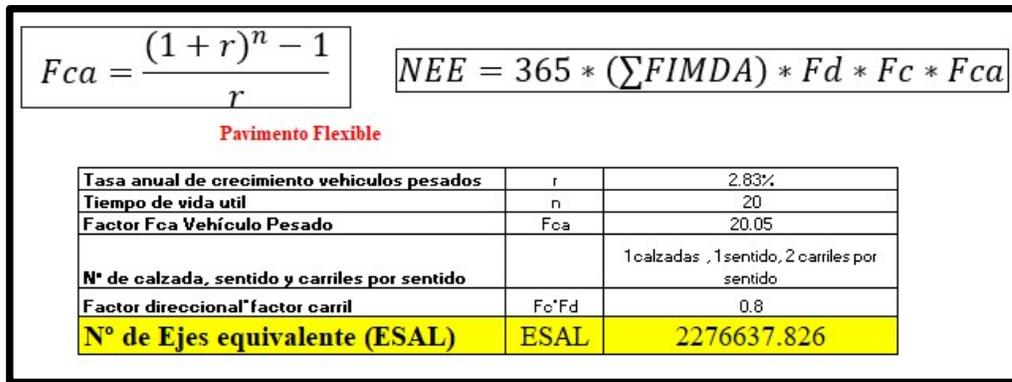


Figura 14. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes

- **Parámetros de Diseño**

Los parámetros de diseño determinados con ayuda del Manual de carreteras de Suelos y Pavimentos del MTC, son los siguientes:

Tabla 14. Parámetros de Diseño

Carpeta Asfáltica en caliente			
REE	=	438321.9359	
Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	=	Tp2	
W18	=	438321.94	
Psi(inicial)	=	3.8	
Psi(final)	=	2	
Δ Psi	=	1.8	
R	=	0.75	
Zr	=	-0.674	
So	=	0.45	
Calidad de Drenaje	:	BUENO	
Coefficiente de drenaje (m1)	=	1	
a1	=	0.17	0.43 pulg
a2	=	0.052	0.13 pulg
a3	=	0.047	0.12 pulg

Detallamos cada uno de los parámetros de diseño, obtenidos de la Guía AASHTO 93:

- Tipo de Tráfico Pesado

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TF1	150,001	300,000	3.80
	TF2	300,001	500,000	3.80
	TF3	500,001	750,000	3.80
	TF4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TF5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TF6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TF7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TF8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TF9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TF10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TF11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TF12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TF13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TF14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TF15		>30'000,000	4.20

Fuente: Elaboración propia, base a datos de la Guía AASHTO 93

Figura 15. Tipo de Tráfico Pesado

- Índice de Serviciabilidad

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TF1	150,001	300,000	3.80
	TF2	300,001	500,000	3.80
	TF3	500,001	750,000	3.80
	TF4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TF5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TF6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TF7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TF8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TF9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TF10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TF11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TF12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TF13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TF14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TF15		>30'000,000	4.20

Fuente: Elaboración propia, base a datos de la Guía AASHTO 93

Figura 16. Índice de Serviciabilidad Inicial

Cuadro 12.11
Índice de Serviabilidad Final (Pt)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15	>30'000,000		3.00

Figura 17. Índice de Serviabilidad Final

- Nivel de Confiabilidad

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
Resto de Caminos	TP4	750 001	1,000,000	80%
	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
TP15	>30'000,000		95%	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Figura 18. Nivel de Confiabilidad

- Coeficiente Estadístico de La Desviación Estándar Normal

Cuadro 12.8
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	Ejes EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T ₁₀	75,000	150,000	-0.385
	T ₁₁	150,001	300,000	-0.524
	T ₁₂	300,001	500,000	-0.674
	T ₁₃	500,001	750,000	-0.842
	T ₁₄	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T ₁₅	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T ₁₆	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T ₁₇	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T ₁₈	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T ₁₉	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T ₂₀	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T ₂₁	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T ₂₂	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T ₂₃	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T ₂₄	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T ₂₅	>30,000,000		-1.645

Figura 19. Coeficiente Estadístico de La Desviación Estándar Normal

- Calidad de Drenaje

Cuadro 12.14
Calidad del Drenaje

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

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

Figura 20. Calidad de Drenaje

- Coeficiente de Drenaje

Cuadro 12.15
Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_1
Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

Figura 21. Coeficiente de Drenaje

- Coeficientes Estructurales de las capas del Pavimento

Cuadro 12.13
Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Figura 22. Coeficientes Estructurales de las capas del Pavimento

- **Diseño Estructural**

El diseño estructural resultante para el pavimento es el siguiente:

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993**

PROYECTO :
SECCION km -

FECHA :

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.28E+06
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.0
d. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.5
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	85%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.036
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN ²)	42.21
b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE	27.08
c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	13.41

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

SN Requerido	G _t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
3.12	-0.25527	6.36	6.36

4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.43 pulg
Base granular (a2)	0.13 pulg
Subbase (a3)	0.12 pulg
b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase (m3)	1.00

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	3.12	3.09	8	20	15
2	3.12	3.13	9	17.5	15

OK

Figura 23. Diseño del Pavimento Flexible, empleando la metodología AASHTO 1993

Figura 24. Software AASHTO empleado

CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento topográfico de las avenidas principales del alto Trujillo, las cuales interceptan los sectores 1, 2, 3 y 4 del sector, empleando el método de radiación y obteniendo en las cuatro avenidas una cota máxima de 242.00 msnm y una cota mínima de 142.00 msnm.
- El estudio geotécnico tuvo como resultado: un Proctor modificado a la calicata C-1 con máx. Densidad seca igual a 1.781 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad igual a 7.0%, un Proctor modificado a la calicata C-2 con máx. Densidad seca igual a 1.787 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad igual a 7.2% y CBR; un Proctor modificado a la calicata C-3 con máx. Densidad seca igual a 1.788 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad igual a 6.9%; también un CBR para la calicata C-1 igual a 13.0%, un CBR para la calicata C-2 igual a 13.8% y un CBR para la calicata C-3 de 13.2%; obteniendo como promedio un CBR de 13.3%, por lo tanto, la subrasante se encuentra en la

categoría S3: Subrasante Buena.

- El estudio de tráfico realizado tuvo como IMDA igual a 1746 veh/día; con este dato se obtiene el número de ESALS el cual tiene un valor de 2276637.826 Número de ejes equivalentes.
- Para los valores de los parámetros de diseño se tomaron de las tablas que nos brinda el Manual de Suelos y Pavimentos obteniendo una confiabilidad de 75 %, una serviciabilidad inicial de 3.8 y una serviciabilidad final de 2, un módulo resiliente de 13407.62 kg/cm².
- Los espesores del paquete estructural determinados tienen las siguientes dimensiones: espesor de pavimento 0.09 m, espesor de base granular 0.175 m y una sub base granular de 0.15 m de espesor.

RECOMENDACIONES

- Las municipalidades y entidades de dichos sectores, deberían tener en cuenta estos tipos de investigaciones ya que servirían como base para poder proponer un adecuado diseño de la carpeta de rodadura para estas avenidas, realizando de esta manera la correcta ejecución de proyectos de inversión pública o privada, logrando la seguridad y comodidad de los pobladores de dichas localidades.
- Los profesionales especializados en la ingeniería vial deben de poner más interés en los sectores que se encuentran más alejados de las ciudades, proponiendo mejores diseños estructurales que resulten lo más económicos posibles sin disminuir la calidad y tiempo de vida de estos pavimentos.
- Para los futuros investigadores se recomienda estudiar y analizar nuevos métodos de diseño en pavimentos enfocados a localidad similares, con la finalidad de aportar y despertar el interés del resto de organizaciones buscando la manera de cerrar brechas, logrando la mejoría, tanto de seguridad, como económica de las localidades.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alfaro (2018) *Evaluación del deterioro del Pavimento con Método del Índice de Condición de Pavimentos en la av. La Cultura, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, 2018.*
- Bazán, Vargas (2020) *Diseño estructural de pavimentos para mejorar la transitabilidad de las calles las Margaritas, 7 de Julio y Ricardo Palma del barrio 1 en el centro poblado Alto Trujillo.*
- Gallardo, Pescoran (2019) *Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo.*
- Guerrero (2020) *Diseño y calculó el comportamiento de una estructura de pavimento flexible mediante el método de AASHTO 93 y el método Shell.*
- Issa, Samaneh, Ghanim (2021) *Predicción del índice de condición del pavimento utilizando un enfoque de redes neuronales artificiales.*
- Marcomini, Luiz, Sereni y Grégio (2019) *Evaluación del índice de condición del pavimento por diferentes métodos: Estudio de caso de Maringá, Brasil.*
- Roque y Roque (2020) *Evaluación Superficial del Pavimento con el método del Índice de condición PCI en la avenida Honorio Delgado, provincia y distrito de Trujillo, La Libertad, 2020.*
- Santos, Almeida, Feitosa, Lima (2020) *Validación de un método de recopilación de datos indirectos para evaluar el estado del pavimento del aeropuerto.*
- Shtayat, Moridpour, Best, Shroff y Raol (2019) *Una revisión de los sistemas de monitoreo del estado del pavimento en caminos pavimentados y sin pavimentar.*
- Staniek (2020) *Diagnóstico del estado del pavimento de la carretera mediante crowdsourcing de datos basado en teléfonos inteligentes en ciudades inteligentes.*

- Suarez (2017) *Diseño de la estructura de un pavimento flexible por medio de la implementación del método AASTHO 93, para la ampliación del costado occidental de la Autopista Norte desde la calle 245 (El Buda) hasta La Caro.*
- Trujillo y García (2020) *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible mediante el método del PCI en la calle Astopilco, distrito El Porvenir, provincia de Trujillo, La Libertad 2020.*
- Vega (2018) *Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (Km 1+000 A 2+000).*
- Yuto, Quiñones (2020) *Diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Perú en el distrito de Andahuaylas, 2020*

Anexos

- CONTEO VEHICULAR



Figura 25. Conteo vehicular sector 3



Figura 26. Transitabilidad de vehículos en la avenida 4 del Alto Trujillo.



Figura 27. Conteo vehicular de la avenida 4.



Figura 28. Conteo vehicular en avenida Quebrada del León



Figura 29. Estudio de tráfico en intersección de avenidas en estudio



Figura 30. Conteo vehicular sector 4, Alto Trujillo

- ESTUDIO DE SUELOS



Figura 31. Estudio de suelos, calicata 1



Figura 32. Calicata 1



Figura 33. Estudio de suelos, calicata 2



Figura 34. Estudio de suelos, calicata 3

- ESTUDIO TOPOGRAFICO



Figura 35. Estudio topográfico, sector 1



Figura 36. Estudio topográfico, sector 2



Figura 37. Estudio topográfico, sector 3



Figura 38. Estudio topográfico, sector 4



Figura 39. Estudio topográfico, sector 4, avenidas del Alto Trujillo

- ESTUDIO DE TRÁFICO (GABINETE)
- AVENIDA 4.

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV	I		
SENTIDO	N ←		S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	6 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	12	2			9	6	7			36	80
06:30	S	14	1	2		10	9	8			44	
06:30	N	13		1		10	7	3			34	77
07:00	S	14	2	3		12	9	3			43	
07:00	N	16	3	2	2	10	11	2			46	94
07:30	S	18	4	2	1	8	10	3	2		48	
07:30	N	19	1			9	9				38	82
08:00	S	17	1	3		11	10	2			44	
08:00	N	17		1		10	8	2			38	73
08:30	S	15		1		11	7	1			35	
08:30	N	18				9	9		1		37	76
09:00	S	17	2	2		8	9		1		39	
09:00	N	16	1	1		10	11				39	84
09:30	S	19	1	1		10	12	2			45	
09:30	N	19	1			9	12	2			43	87
10:00	S	18	4		2	9	9	2			44	
10:00	N	15				11	11	1			38	78
10:30	S	18		2		12	8				40	
10:30	N	15	3			11	11	1			41	77
11:00	S	13	2			8	10	2	1		36	
11:00	N	18	1	1		10	8	2	1		41	85
11:30	S	17	2	2		11	9	3			44	
11:30	N	17			1	9	10				37	76
12:00	S	15	3	1	2	8	10				39	
12:00	N	21		1		6	8				36	74
12:30	S	18	4	2		5	7	2			38	
12:30	N	13	1			10	9				33	66
13:00	S	12	2		2	7	8	2			33	
13:00	N	12		1		11	10	1			35	68
13:30	S	10		3		10	9	1			33	
13:30	N	12		1	1	11	10				35	72
14:00	S	11	1	2	1	13	9				37	
14:00	N	12				11	11	3			37	66
14:30	S	9		1		9	7	2	1		29	
14:30	N	20			2	10	8				40	79
15:00	S	19			1	7	10	2			39	
15:00	N	13				9	9	1	2		34	62
15:30	S	10				7	9	2			28	
15:30	N	12		1		10	7				30	66
16:00	S	11	4	3	1	9	6	2			36	
16:00	N	16	2		1	13	8		2		42	87
16:30	S	19	1	2	2	10	9		2		45	
16:30	N	18	2			9	7	1			37	80
17:00	S	20	2	2		9	7	3			43	
17:00	N	18		1		11	9				39	78
17:30	S	16	2	1		12	8				39	
17:30	N	16				9	6	1			32	72
18:00	S	17	3	3		8	8	1			40	
18:00	N	15	2	2		10	6	3			38	74
18:30	S	14		4		9	7	2			36	
18:30	N	17	2	1		10	7	3			40	72
19:00	S	14	1	2		8	6	1			32	
TOTAL N		410	21	14	7	257	228	33	6	0	976	
TOTAL S		395	42	44	12	241	222	46	7	0	1009	
PARCIAL:		805	63	58	19	498	450	79	13	0	1985	1985

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV	1		
SENTIDO	N ←		S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	7 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
0500	N										0	
0530	S										0	0
0530	N										0	
0600	S										0	0
0600	N	11	1			7	6	8			33	
0630	S	13	1	2		10	8	6			40	73
0630	N	13		1		9	7	3			33	
0700	S	14	2	2		9	8	2			37	70
0700	N	15	2		2	10	11	2			42	
0730	S	19	2	3	1	8	10	4	2		49	91
0730	N	14	1			9	10		1		35	
0800	S	17	3	3		11	8	2			44	
0800	N	15		1		10	7	3			36	71
0830	S	13		2		11	7	2			35	
0830	N	16				9	10		2		37	
0900	S	18	2	2	1	8	9	1	1		42	79
0900	N	16	1	2	1	10	11	1			42	
0930	S	18	1		1	10	9	2			41	83
0930	N	17	2			9	10	3	2		43	
1000	S	15	2			9	9	1			38	81
1000	N	16		1		11	10	1			39	
1030	S	16		2		12	8				38	77
1030	N	15	3			11	11	2			42	
1100	S	13	3	1		8	10	2	1		38	80
1100	N	18		1		10	8	1	2		40	
1130	S	17	1	3		11	9	2			43	83
1130	N	17			1	9	11				38	
1200	S	15	3	1	2	8	8		1		38	76
1200	N	21		1		6	8		1		37	
1230	S	18	2	2		5	7	2			36	73
1230	N	13	1		1	10	9				34	
1300	S	12	2		2	7	8	2			33	67
1300	N	12		1		11	10	1			35	
1330	S	10		3		10	9	2			34	69
1330	N	12	1	1	2	11	10				37	
1400	S	11	1	2	2	13	9				38	75
1400	N	12				11	11	3			37	
1430	S	9		1		9	7	3	1		30	67
1430	N	19			2	10	8				39	
1500	S	18	1		1	7	10	2			39	78
1500	N	13		1		9	9	1	2		35	
1530	S	10		1		7	9	2			29	64
1530	N	12		1		10	7	1			31	
1600	S	11	2	2	1	9	6	2			33	64
1600	N	16	2		1	13	7		1		40	
1630	S	19	1	3	2	10	8	1	2		46	86
1630	N	13	1			9	9	1			33	
1700	S	16	2	2		9	7	2			38	71
1700	N	15		2		11	9		1		38	
1730	S	16	2	1		12	8		1		40	78
1730	N	16				9	6	2			33	
1800	S	18	2	3		8	8	2			41	74
1800	N	14	2	2	1	10	6	3			38	
1830	S	16		3	2	9	8	1			39	77
1830	N	15	2	2		10	9	2			40	
1900	S	14	1	2		8	7	1			33	73
TOTAL N		386	19	17	11	254	230	38	12	0	967	
TOTAL S		386	36	46	17	238	214	46	9	0	992	
PARCIAL:		772	55	63	28	492	444	84	21	0	1959	1959

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV	1		
SENTIDO	N ←		S →
UBICACIÓN			
DIA Y FECHA	8 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	10	2			10	5	6			33	77
06:30	S	13	1	2		10	10	8			44	
06:30	N	13		1		9	7	3			33	74
07:00	S	12	2	3		11	9	4			41	
07:00	N	16	2	2	2	10	11	2			45	91
07:30	S	18	1	2	1	8	11	3	2		46	
07:30	N	19	1			9	9		1		39	83
08:00	S	17	1	3		11	10	2			44	
08:00	N	16		1		10	8	2			37	75
08:30	S	16		1		11	9	1			38	
08:30	N	17				9	9		1		36	77
09:00	S	18	2	2		8	10		1		41	
09:00	N	16	1	1		10	11				39	82
09:30	S	17	1	1		10	12	2			43	
09:30	N	16	2			9	11	3			41	83
10:00	S	18	1		2	9	10	2			42	
10:00	N	15				11	11	1			38	77
10:30	S	17		2		12	8				39	
10:30	N	15	3			11	11	1			41	77
11:00	S	13	2			8	10	2	1		36	
11:00	N	17	1	1		10	8	2	2		41	81
11:30	S	16	2	2		11	9				40	
11:30	N	17			1	9	10				37	76
12:00	S	15	2	1	2	8	10	1			39	
12:00	N	20		1		6	9				36	74
12:30	S	18	3	2		5	8	2			38	
12:30	N	13	1			10	9	1	1		35	69
13:00	S	12	2		2	7	8	2	1		34	
13:00	N	12		1		11	10	2			36	69
13:30	S	10		3		10	9	1			33	
13:30	N	12		1	1	11	10				35	72
14:00	S	11	1	2	1	13	9				37	
14:00	N	12				11	11	3			37	66
14:30	S	9		1		9	7	2	1		29	
14:30	N	17			2	10	8				37	75
15:00	S	19			1	7	9	2			38	
15:00	N	13				9	10	1	1		34	62
15:30	S	10				7	9	2			28	
15:30	N	12		1		10	8				31	64
16:00	S	11	1	3	1	9	6	2			33	
16:00	N	16	2		1	13	8		2		42	86
16:30	S	19	1	2	2	10	9		1		44	
16:30	N	18	1			9	7	1			36	77
17:00	S	19	1	2		9	7	3			41	
17:00	N	15		1		11	9	1			37	76
17:30	S	16	2	1		12	8				39	
17:30	N	16				9	7	1			33	71
18:00	S	15	3	3		8	8	1			38	
18:00	N	13	1	2		10	6	3			35	71
18:30	S	14		4		9	7	2			36	
18:30	N	16	3	1		10	8	2			40	74
19:00	S	15	1	2		8	7	1			34	
TOTAL N		392	20	14	7	257	231	35	8	0	964	
TOTAL S		388	30	44	12	240	229	45	7	0	995	
PARCIAL:		780	50	58	19	497	460	80	15	0	1959	1959

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV	1		
SENTIDO	N ←		S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	9 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	10	1			8	7	6			32	74
06:30	S	12	3	2		10	8	7			42	
06:30	N	11		1		9	8	4			33	68
07:00	S	10	2	3		8	9	3			35	
07:00	N	12	2	2	1	10	11	2	1		41	79
07:30	S	11	3	2	1	9	10	2			38	
07:30	N	12	2			9	8				31	67
08:00	S	9	1	3		11	10	2			36	
08:00	N	18		1		10	8	2			39	82
08:30	S	19		1		12	10	1			43	
08:30	N	14	1			9	9		1		34	68
09:00	S	14	2	2		8	8				34	
09:00	N	13	1	1		9	11				35	74
09:30	S	15	2	2		10	10				39	
09:30	N	16	1			9	12	2	1		41	84
10:00	S	19	3		2	8	9	2			43	
10:00	N	18				11	11	1			41	82
10:30	S	17		2		12	9	1			41	
10:30	N	18	2			11	11	1			43	81
11:00	S	16	2			9	10		1		38	
11:00	N	16	2	1		10	10	2	2		43	89
11:30	S	17	3	2		12	9	3			46	
11:30	N	15			1	9	10				35	69
12:00	S	14	1	1	2	8	8				34	
12:00	N	17		1		7	8				33	65
12:30	S	14	1	2		7	7	1			32	
12:30	N	13	2			10	9	1			35	68
13:00	S	12	2		2	7	8	2			33	
13:00	N	12		1		11	10	1			35	69
13:30	S	10		3		10	9	2			34	
13:30	N	12		1	1	10	9				33	70
14:00	S	11	1	2	1	12	10				37	
14:00	N	12				11	11	3			37	67
14:30	S	9		1		9	8	2	1		30	
14:30	N	18			2	10	8				38	75
15:00	S	17		1		7	10	2			37	
15:00	N	15				9	11	1	2		38	73
15:30	S	14				10	9	2			35	
15:30	N	16		1		10	7				34	70
16:00	S	15	3	1		9	6	2			36	
16:00	N	16	2		1	13	9		2		43	88
16:30	S	19	1	2	2	10	9		2		45	
16:30	N	15	2			9	8	1			35	71
17:00	S	14	1	2		9	7	3			36	
17:00	N	18	1	1		11	9				40	76
17:30	S	16	2	1		9	8				36	
17:30	N	16				9	6	1			32	68
18:00	S	17	1	1		8	8	1			36	
18:00	N	17	2	2		10	7				38	75
18:30	S	18				9	8	2			37	
18:30	N	18	2	1		11	7	3			42	80
19:00	S	19	1	2		10	6				38	
TOTAL N		388	23	14	6	255	235	31	9	0	961	
TOTAL S		378	35	37	11	243	223	40	4	0	971	
PARCIAL:		766	58	51	17	498	458	71	13	0	1932	1932

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV		1		
SENTIDO		N ←		S →
UBICACIÓN				
DÍA Y FECHA		10 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	11	3	1		10	7	6			38	77
06:30	S	10	2	2		9	9	7			39	
06:30	N	12		1	1	9	8	3			34	74
07:00	S	15	2	3		8	8	4			40	
07:00	N	17	3	1	2	11	11	2	1		48	93
07:30	S	19	2	2	1	9	9	1	2		45	
07:30	N	19	1			9	8		1		38	80
08:00	S	16	1	2		11	10	2			42	
08:00	N	17		1		9	9	1			37	74
08:30	S	15		1		9	10	1	1		37	
08:30	N	18				8	9		1		36	76
09:00	S	17	2	2		10	9				40	
09:00	N	16	1			8	11	1			37	75
09:30	S	19		1		7	9	2			38	
09:30	N	19	1		1	9	8	1			39	80
10:00	S	18	2		1	10	8	2			41	
10:00	N	15				10	11				36	77
10:30	S	18		2		12	9				41	
10:30	N	14	1	1		11	10	1			38	75
11:00	S	14	2			8	10	2	1		37	
11:00	N	18	1	1		10	8		1		39	82
11:30	S	17	2	1		11	9	3			43	
11:30	N	17			1	9	10				37	72
12:00	S	15	1	1	1	8	9				35	
12:00	N	17	1	1		9	8				36	75
12:30	S	16	2	2		9	8	2			39	
12:30	N	13	1			10	9				33	65
13:00	S	12	2			7	9	2			32	
13:00	N	12		1		11	10	1			35	65
13:30	S	10				10	9	1			30	
13:30	N	12		1	1	11	11				36	73
14:00	S	11	1	2	1	13	9				37	
14:00	N	12				11	11	3			37	66
14:30	S	9		1		9	8	2			29	
14:30	N	18			2	10	9				39	76
15:00	S	17	1		1	7	10	1			37	
15:00	N	13	1			9	9	1	2		35	65
15:30	S	10				8	10	2			30	
15:30	N	12		1		9	7				29	62
16:00	S	11	2	2	1	9	6	2			33	
16:00	N	16	2		1	13	8		2		42	88
16:30	S	19	1	2	2	10	11		1		46	
16:30	N	18				9	7	1			35	75
17:00	S	17	2	2		9	8	2			40	
17:00	N	18	1	1		11	9				40	80
17:30	S	16	2	1	1	12	8				40	
17:30	N	16			1	9	6	1			33	71
18:00	S	17	1	3		8	8	1			38	
18:00	N	15	2	2		10	6	1			36	71
18:30	S	14		2		9	8	2			35	
18:30	N	17	2	1		10	7				37	71
19:00	S	14	1	2		8	9				34	
TOTAL N		402	21	14	10	255	227	23	8	0	960	
TOTAL S		386	31	36	9	240	230	41	5	0	978	
PARCIAL:		788	52	50	19	495	457	64	13	0	1938	1938

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV		1		
SENTIDO		N ←		S →
UBICACIÓN				
DÍA Y FECHA		11 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	11	1			8	8	7			35	74
06:30	S	12	1			10	9	7			39	
06:30	N	13		1		9	8	3			34	69
07:00	S	10	2	1		10	8	4			35	
07:00	N	16	1	2	1	10	11	2	1		44	85
07:30	S	18		2	1	8	9	1	2		41	
07:30	N	18	1			9	10				38	81
08:00	S	18	1	1		11	10	2			43	
08:00	N	17		1	1	10	8	1			38	75
08:30	S	15		1		11	9	1			37	
08:30	N	19			1	9			1		39	82
09:00	S	18	2	2		8	12		1		43	
09:00	N	16	1	1		9	11				38	83
09:30	S	19	1	1		10	12	2			45	
09:30	N	19	1			9	11				40	85
10:00	S	18	2		2	10	9	2	2		45	
10:00	N	15				11	11	1			38	78
10:30	S	18		2		12	8				40	
10:30	N	15	3			10	10	1			39	74
11:00	S	13	1			9	9	2	1		35	
11:00	N	18	1	1		10	8	2	1		41	83
11:30	S	17	2	2		11	9	1			42	
11:30	N	17			1	9	10				37	76
12:00	S	15	3	1	2	8	10				39	
12:00	N	20				6	9				35	76
12:30	S	18	2	2		6	11	2			41	
12:30	N	13	1			10	7				31	64
13:00	S	12	2		2	7	8	2			33	
13:00	N	12		1		11	10	1			35	65
13:30	S	10				10	9	1			30	
13:30	N	12		1	1	11	9				34	69
14:00	S	11	1	2	1	13	7				35	
14:00	N	12				11	8	3			34	64
14:30	S	9		1		9	8	2	1		30	
14:30	N	20			2	10	8				40	79
15:00	S	19			1	7	10	2			39	
15:00	N	13				9	9	1	2		34	63
15:30	S	10				8	9	2			29	
15:30	N	13		1		10	7				31	64
16:00	S	13	1	2		9	6	2			33	
16:00	N	16	2		1	13	8		2		42	86
16:30	S	19	1	2	2	10	9		1		44	
16:30	N	18				9	7	1			35	76
17:00	S	19	2	2		9	8	1			41	
17:00	N	18		1		11	9				39	78
17:30	S	16	2	1		12	8				39	
17:30	N	16			1	9	6	1			33	73
18:00	S	17	1	3	1	8	9	1			40	
18:00	N	16	2	2		9	6				35	69
18:30	S	14	1			9	8	2			34	
18:30	N	17	2	1		10	7	1			38	72
19:00	S	14	1	2		9	8				34	
TOTAL N		410	16	13	9	252	225	25	7	0	957	
TOTAL S		392	29	30	12	244	232	39	8	0	986	
PARCIAL:		802	45	43	21	496	457	64	15	0	1943	1943

ESTUDIO DE TRAFICO - AV. 4

TRAMO DE LA AV		1		
SENTIDO		N ←		S →
UBICACIÓN				
DIA Y FECHA		12 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	10	1			9	7	6			33	75
06:30	S	12	2	2		10	9	7			42	
06:30	N	13		1		9	8	3			34	71
07:00	S	11	2	2		10	9	3			37	
07:00	N	15	2	2	2	10	11	2			44	89
07:30	S	17	3	2	1	8	9	4	1		45	
07:30	N	19				9	9				37	78
08:00	S	17	1	2		11	8	2			41	
08:00	N	18		1		10	8	2			39	76
08:30	S	15		2		11	7	1	1		37	
08:30	N	12				9	9		1		31	64
09:00	S	11	2	2		8	9		1		33	
09:00	N	12	1			9	11				33	67
09:30	S	9	2	1		10	10	2			34	
09:30	N	18	1			9	8	1			37	78
10:00	S	19	1		2	9	9	1			41	
10:00	N	13				11	11	1			36	68
10:30	S	10		2		12	8				32	
10:30	N	12	3			11	11	1			38	72
11:00	S	11	2			8	10	2	1		34	
11:00	N	16		1		10	8	2			37	83
11:30	S	19	2	2		11	9	3			46	
11:30	N	18			1	9	10				38	78
12:00	S	17	3	1	2	8	9				40	
12:00	N	18				6	8				32	71
12:30	S	18	2	2		7	8	2			39	
12:30	N	13	1			10	9				33	66
13:00	S	12	2		2	7	8	2			33	
13:00	N	12		1		11	10	1			35	65
13:30	S	10				10	9	1			30	
13:30	N	12		1	1	11	10				35	71
14:00	S	11	1	2	1	12	9				36	
14:00	N	12				10	11	1			34	66
14:30	S	11		1		9	8	2	1		32	
14:30	N	18			2	10	8				38	76
15:00	S	19			1	7	9	2			38	
15:00	N	13				9	9	1	2		34	61
15:30	S	10				7	8	2			27	
15:30	N	12		1		10	7				30	63
16:00	S	11	2	2	1	9	6	2			33	
16:00	N	16	2		1	13	8		1		41	87
16:30	S	19	1	2	2	10	10		2		46	
16:30	N	18				9	8	1			36	76
17:00	S	17	2	2		9	7	3			40	
17:00	N	18		1		11	9				39	77
17:30	S	16	2	1		11	8				38	
17:30	N	16	1			9	6	1			33	71
18:00	S	15	3	3		8	8	1			38	
18:00	N	15	2	2		10	6	2	1		38	68
18:30	S	13				9	8				30	
18:30	N	14	2	1		10	7	3			37	70
19:00	S	14	1	2		8	7	1			33	
TOTAL N		383	16	12	7	254	227	28	5	0	932	
TOTAL S		364	36	35	12	239	219	43	7	0	955	
PARCIAL:		747	52	47	19	493	446	71	12	0	1887	1887

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

	HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E
LUNES	05:00	N	410	21	14	7	257	228	33	6	0
	19:00	S	395	42	44	12	241	222	46	7	0
		Total	805	63	58	19	498	450	79	13	0
MARTES	05:00	N	386	19	17	11	254	230	38	12	0
	19:00	S	386	36	46	17	238	214	46	9	0
		Total	772	55	63	28	492	444	84	21	0
MIÉRCOLES	05:00	N	392	20	14	7	257	231	35	8	0
	19:00	S	388	30	44	12	240	229	45	7	0
		Total	780	50	58	19	497	460	80	15	0
JUEVES	05:00	N	388	23	14	6	255	235	31	9	0
	19:00	S	378	35	37	11	243	223	40	4	0
		Total	766	58	51	17	498	458	71	13	0
VIERNES	05:00	N	402	21	14	10	255	227	23	8	0
	19:00	S	386	31	36	9	240	230	41	5	0
		Total	788	52	50	19	495	457	64	13	0
SÁBADO	05:00	N	410	16	13	9	252	225	25	7	0
	19:00	S	392	29	30	12	244	232	39	8	0
		Total	802	45	43	21	496	457	64	15	0
DOMINGO	05:00	N	383	16	12	7	254	227	28	5	0
	19:00	S	364	36	35	12	239	219	43	7	0
		Total	747	52	47	19	493	446	71	12	0

CÁLCULO DE IMDs, IMDA

$$IMD_s = \frac{Vl + Vm + Vmi + Vj + Vv + Vs + Vd}{7}$$

$$IMDA = IMDs \times Fc$$

	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E
IMD s	N	395.8571	19.4286	14.0000	8.1429	254.8571	229.0000	30.4286	7.8571	0.0000
	S	384.1429	34.1429	38.8571	12.1429	240.7143	224.1429	42.8571	6.7143	0.0000
	Total	780.0000	53.5714	52.8571	20.2857	495.5714	453.1429	73.2857	14.5714	0.0000
Factor de Corrección	Vehículo Ligero (Febrero)						0.8910			
	Vehículo Pesado (Febrero)						1.0102			
IMDA	N	352.709	17.3109	12.474	7.25529	227.078	204.039	30.7389	7.93729	0
	S	342.271	30.4213	34.6217	10.8193	214.476	199.711	43.2943	6.78277	0
	Total	694.98	47.7321	47.0957	18.0746	441.554	403.75	74.0332	14.7201	0
IMDA 2021	TOTAL	695	48	48	19	442	404	75	15	0

En este caso por ser tema de rehabilitación se considera el IMDA actual

Tipo de vehículo	IMDA 2021	TIPO DE EJE	NÚMERO LLANTAS	CARGA EJE TON.	Fp FLEXIBLE	F. IMDA FLEXIBLE	
Vehículo Ligero	Auto	695	SIMPLE	2	1	0.000527	0.366276506
		695	SIMPLE	2	1	0.000527	0.366276506
	S. Wagon	48	SIMPLE	2	1	0.000527	0.025296795
		48	SIMPLE	2	1	0.000527	0.025296795
	Pick Up	48	SIMPLE	2	1	0.000527	0.025296795
		48	SIMPLE	2	1	0.000527	0.025296795
	Panel	19	SIMPLE	2	1	0.000527	0.010013315
		19	SIMPLE	2	1	0.000527	0.010013315
	Combi	442	SIMPLE	2	1	0.000527	0.232941317
		442	SIMPLE	2	1	0.000527	0.232941317
Vehículo Pesado	Micro	404	SIMPLE	2	1	0.000527	0.212914688
		404	SIMPLE	2	1	0.000527	0.212914688
	2E	75	SIMPLE	2	7	1.265367	94.90250615
		75	SIMPLE	4	11	3.238287	242.871522
	3E	15	SIMPLE	2	7	1.265367	18.98050123
		15	TANDEM	8	18	2.019213	30.28820181
	4E	0	SIMPLE	2	7	1.265367	0
		0	TRIDEM	10	23	1.232419	0

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$NEE = 365 * (\sum FIMDA) * Fd * Fc * Fca$$

Pavimento Flexible

Tasa anual de crecimiento vehiculos pesados	r	2.83%
Tiempo de vida util	n	20
Factor Fca Vehículo Pesado	Fca	20.05
N° de calzada, sentido y carriles por sentido		1 calzadas , 1 sentido, 2 carriles por sentido
Factor direccional*factor carril	Fc*Fd	0.8
N° de Ejes equivalente (ESAL)	ESAL	2276637.826

- AVENIDA QUEBRADA EL LEON

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON	1		
SENTIDO	N ←		S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	6 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
0500	N										0	0
0530	S										0	
0530	N										0	0
0600	S										0	
0600	N	5	1			1					7	15
0630	S	6	1			1					8	
0630	N	8		1				2			11	23
0700	S	9	2					1			12	
0700	N	10		1			1				12	28
0730	S	12		2			2				16	
0730	N	9	1		1						11	20
0800	S	7	1	1							9	
0800	N	7		1			1		1		10	17
0830	S	5				1	1				7	
0830	N	8				1					9	24
0900	S	7	2	2		2		2			15	
0900	N	6	1				1	1			9	23
0930	S	9		1	2		2				14	
0930	N	9	1					1	1		12	24
1000	S	8	2					1	1		12	
1000	N	5				2					7	19
1030	S	8		1		3					12	
1030	N	5	1				1				7	15
1100	S	3	2				3				8	
1100	N	8		1				2			11	24
1130	S	7	2	2				2			13	
1130	N	7									7	15
1200	S	5	2	1							8	
1200	N	11									11	23
1230	S	8	1	2		1					12	
1230	N	5				1	2				8	17
1300	S	3	2		1	1	2				9	
1300	N	4		1							5	8
1330	S	3									3	
1330	N	12		1							13	24
1400	S	8	1	2							11	
1400	N	6				2	1	3			12	27
1430	S	9		1		2	1	2			15	
1430	N	10									10	19
1500	S	9									9	
1500	N	6				1					7	15
1530	S	5			1	2					8	
1530	N	7		1		1	2	1			12	22
1600	S	5		2		1	1	1			10	
1600	N	8	2								10	22
1630	S	9	1	1					1		12	
1630	N	8	1						1		10	22
1700	S	10	2								12	
1700	N	8									8	18
1730	S	6	2		1	1					10	
1730	N	6				2					8	18
1800	S	7	1			2					10	
1800	N	5	2	2							9	14
1830	S	4					1				5	
1830	N	7	2	1			1				11	18
1900	S	4	1	2							7	
TOTAL N		190	12	10	1	11	10	10	3	0	247	
TOTAL S		176	25	20	5	17	13	9	2	0	267	
PARCIAL:		366	37	30	6	28	23	19	5	0	514	514

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	7 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	3				1					4	10
06:30	S	4	1			1					6	
06:30	N	6		1				2			9	19
07:00	S	7	2					1			10	
07:00	N	8	1				1				10	20
07:30	S	7		1			2				10	
07:30	N	9	1		1						11	20
08:00	S	6	2	1							9	
08:00	N	4		1			1		1		7	15
08:30	S	6				1	1				8	
08:30	N	8				1					9	22
09:00	S	7	2			2		2			13	
09:00	N	6	1				1	1			9	23
09:30	S	9		1	2		2				14	
09:30	N	10						1	1		12	18
10:00	S	5						1			6	
10:00	N	5				2					7	13
10:30	S	4		1		1					6	
10:30	N	5	1				1				7	14
11:00	S	3	2				1		1		7	
11:00	N	8						1			9	21
11:30	S	7	2			1		2			12	
11:30	N	10				1					11	18
12:00	S	5	1	1							7	
12:00	N	5									5	13
12:30	S	4	1	2		1					8	
12:30	N	6					2				8	22
13:00	S	9	2		1	1	1				14	
13:00	N	10		1							11	17
13:30	S	5						1			6	
13:30	N	5									5	10
14:00	S	4	1								5	
14:00	N	5				2	1	2	1		11	20
14:30	S	3		1		2	1	2			9	
14:30	N	8									8	15
15:00	S	7									7	
15:00	N	10				1					11	19
15:30	S	5			1	2					8	
15:30	N	5				1		1			7	13
16:00	S	4				1		1			6	
16:00	N	6	2								8	19
16:30	S	8	1	1			1				11	
16:30	N	8					1				9	22
17:00	S	10	2			1					13	
17:00	N	8		1							9	22
17:30	S	7	2	1	1	1		1			13	
17:30	N	6				1					7	15
18:00	S	7	1								8	
18:00	N	6	1	1							8	13
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	8	2	1			1				12	19
19:00	S	5	1	1							7	
TOTAL N		178	9	6	1	10	9	8	3	0	224	
TOTAL S		152	23	11	5	15	10	11	1	0	228	
PARCIAL:		330	32	17	6	25	19	19	4	0	452	452

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DIA Y FECHA		8 DIC	2021

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	3				1					4	13
06:30	S	5	1			2	1				9	
06:30	N	5		1			1	2			9	18
07:00	S	6	2					1			9	
07:00	N	8	1				1				10	21
07:30	S	7		1			2		1		11	
07:30	N	10	1		1		1				13	22
08:00	S	5	2	1				1			9	
08:00	N	5		2			1		1		9	15
08:30	S	4	1			1					6	
08:30	N	5									5	14
09:00	S	3	2			2		2			9	
09:00	N	8	1			1	1	1			12	24
09:30	S	7		1	2		1		1		12	
09:30	N	10							1		11	16
10:00	S	5									5	
10:00	N	5				2					7	13
10:30	S	4		1		1					6	
10:30	N	6	1				1				8	19
11:00	S	8	1				1		1		11	
11:00	N	8						1			9	24
11:30	S	10	2			1		2			15	
11:30	N	8				1					9	17
12:00	S	6	1	1							8	
12:00	N	5			1						6	12
12:30	S	4		2							6	
12:30	N	6					2	1			9	16
13:00	S	4	1			1	1				7	
13:00	N	8		1							9	15
13:30	S	5						1			6	
13:30	N	6									6	11
14:00	S	4	1								5	
14:00	N	5						2	1		8	15
14:30	S	4				1	1	1			7	
14:30	N	8									8	15
15:00	S	7									7	
15:00	N	10				1					11	20
15:30	S	5			1	2			1		9	
15:30	N	5					1				6	12
16:00	S	4		1	1						6	
16:00	N	6	1								7	19
16:30	S	8	1	1			1	1			12	
16:30	N	8					1	2			11	24
17:00	S	10	2			1					13	
17:00	N	6		1							7	17
17:30	S	7	1	1				1			10	
17:30	N	6				1					7	13
18:00	S	4	1					1			6	
18:00	N	6		1	1		1				9	14
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	6	1	1			1				9	15
19:00	S	5	1								6	
TOTAL N		172	6	7	3	7	12	9	3	0	219	
TOTAL S		145	20	9	4	13	9	11	4	0	215	
PARCIAL:		317	26	16	7	20	21	20	7	0	434	434

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DIA Y FECHA		9 DIC	2021

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	3				1					4	10
06:30	S	4	1			1					6	
06:30	N	6		1				2			9	19
07:00	S	7	2					1			10	
07:00	N	8	1				1				10	20
07:30	S	7		1			2				10	
07:30	N	9	1		1						11	20
08:00	S	6	2	1							9	
08:00	N	4		1			1		1		7	15
08:30	S	6				1	1				8	
08:30	N	8				1					9	22
09:00	S	7	2			2		2			13	
09:00	N	6	1				1	1			9	23
09:30	S	9		1	2		2				14	
09:30	N	10						1	1		12	18
10:00	S	5						1			6	
10:00	N	5				2					7	13
10:30	S	4		1		1					6	
10:30	N	5	1				1				7	14
11:00	S	3	2				1		1		7	
11:00	N	8						1			9	21
11:30	S	7	2			1		2			12	
11:30	N	10				1					11	18
12:00	S	5	1	1							7	
12:00	N	5									5	13
12:30	S	4	1	2		1					8	
12:30	N	6					2				8	22
13:00	S	9	2		1	1	1				14	
13:00	N	10		1							11	17
13:30	S	5						1			6	
13:30	N	5									5	10
14:00	S	4	1								5	
14:00	N	5				2	1	2	1		11	20
14:30	S	3		1		2	1	2			9	
14:30	N	8									8	15
15:00	S	7									7	
15:00	N	10				1					11	19
15:30	S	5			1	2					8	
15:30	N	5				1		1			7	13
16:00	S	4				1		1			6	
16:00	N	6	2								8	19
16:30	S	8	1	1			1				11	
16:30	N	8					1				9	22
17:00	S	10	2			1					13	
17:00	N	8		1							9	22
17:30	S	7	2	1	1	1		1			13	
17:30	N	6				1					7	15
18:00	S	7	1								8	
18:00	N	6	1	1							8	13
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	8	2	1			1				12	19
19:00	S	5	1	1							7	
TOTAL N		178	9	6	1	10	9	8	3	0	224	
TOTAL S		152	23	11	5	15	10	11	1	0	228	
PARCIAL:		330	32	17	6	25	19	19	4	0	452	452

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DÍA Y FECHA	10 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	3				1					4	10
06:30	S	4	1			1					6	
06:30	N	6			1			2			9	19
07:00	S	7	2					1			10	
07:00	N	8	1				1				10	20
07:30	S	7			1		2				10	
07:30	N	9	1			1					11	20
08:00	S	6	2		1						9	
08:00	N	4			1		1		1		7	15
08:30	S	6				1	1				8	
08:30	N	8				1					9	22
09:00	S	7	2			2		2			13	
09:00	N	6	1				1	1			9	23
09:30	S	9			1	2	2				14	
09:30	N	10						1	1		12	18
10:00	S	5						1			6	
10:00	N	5				2					7	13
10:30	S	4			1	1					6	
10:30	N	5	1				1				7	14
11:00	S	3	2				1		1		7	
11:00	N	8						1			9	21
11:30	S	7	2			1		2			12	
11:30	N	10				1					11	18
12:00	S	5	1		1						7	
12:00	N	5									5	13
12:30	S	4	1		2	1					8	
12:30	N	6					2				8	22
13:00	S	9	2			1	1				14	
13:00	N	10			1						11	17
13:30	S	5						1			6	
13:30	N	5									5	10
14:00	S	4	1								5	
14:00	N	5				2	1	2	1		11	20
14:30	S	3			1		2	1	2		9	
14:30	N	8									8	15
15:00	S	7									7	
15:00	N	10				1					11	19
15:30	S	5				1	2				8	
15:30	N	5					1				7	13
16:00	S	4					1	1			6	
16:00	N	6	2								8	19
16:30	S	8	1		1			1			11	
16:30	N	8					1				9	22
17:00	S	10	2			1					13	
17:00	N	8			1						9	22
17:30	S	7	2		1	1	1		1		13	
17:30	N	6					1				7	15
18:00	S	7	1								8	
18:00	N	6	1		1						8	13
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	8	2		1			1			12	19
19:00	S	5	1		1						7	
TOTAL N		178	9		6	1	10	9	8	3	0	224
TOTAL S		152	23		11	5	15	10	11	1	0	228
PARCIAL:		330	32		17	6	25	19	19	4	0	452

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DIA Y FECHA	11 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	5	1			1					7	15
06:30	S	6	1			1					8	
06:30	N	8		1				2			11	23
07:00	S	9	2					1			12	
07:00	N	10		1			1				12	28
07:30	S	12		2			2				16	
07:30	N	9	1		1						11	20
08:00	S	7	1	1							9	
08:00	N	7		1			1		1		10	17
08:30	S	5				1	1				7	
08:30	N	8				1					9	24
09:00	S	7	2	2		2		2			15	
09:00	N	6	1				1	1			9	23
09:30	S	9		1	2		2				14	
09:30	N	9	1					1	1		12	24
10:00	S	8	2					1	1		12	
10:00	N	5				2					7	19
10:30	S	8		1		3					12	
10:30	N	5	1				1				7	15
11:00	S	3	2				3				8	
11:00	N	8		1				2			11	24
11:30	S	7	2	2				2			13	
11:30	N	7									7	15
12:00	S	5	2	1							8	
12:00	N	11									11	23
12:30	S	8	1	2		1					12	
12:30	N	5				1	2				8	17
13:00	S	3	2		1	1	2				9	
13:00	N	4		1							5	8
13:30	S	3									3	
13:30	N	12		1							13	24
14:00	S	8	1	2							11	
14:00	N	6				2	1	3			12	27
14:30	S	9		1		2	1	2			15	
14:30	N	10									10	19
15:00	S	9									9	
15:00	N	6				1					7	15
15:30	S	5			1	2					8	
15:30	N	7		1		1	2	1			12	22
16:00	S	5		2		1	1	1			10	
16:00	N	8	2								10	22
16:30	S	9	1	1					1		12	
16:30	N	8	1						1		10	22
17:00	S	10	2								12	
17:00	N	8		1							9	20
17:30	S	6	2	1	1	1					11	
17:30	N	6				2					8	18
18:00	S	7	1			2					10	
18:00	N	5	2	2							9	14
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	7	2	1			1				11	18
19:00	S	4	1	2							7	
TOTAL N		190	12	11	1	11	10	10	3	0	248	
TOTAL S		176	25	21	5	17	13	9	2	0	268	
PARCIAL:		366	37	32	6	28	23	19	5	0	516	516

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

TRAMO DE LA AV QUEBRADA EL LEON		1	
SENTIDO		N ←	S →
UBICACIÓN			
DIA Y FECHA	12 DIC	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			Total x 1/2 Hora	Suma ambos sentidos
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E		
05:00	N										0	0
05:30	S										0	
05:30	N										0	0
06:00	S										0	
06:00	N	5	1			1					7	15
06:30	S	6	1			1					8	
06:30	N	8		1				2			11	23
07:00	S	9	2					1			12	
07:00	N	10		1			1				12	28
07:30	S	12		2			2				16	
07:30	N	9	1		1						11	20
08:00	S	7	1	1							9	
08:00	N	7		1			1		1		10	17
08:30	S	5				1	1				7	
08:30	N	8				1					9	24
09:00	S	7	2	2		2		2			15	
09:00	N	6	1				1	1			9	23
09:30	S	9		1	2		2				14	
09:30	N	9	1					1	1		12	24
10:00	S	8	2					1	1		12	
10:00	N	5				2					7	19
10:30	S	8		1		3					12	
10:30	N	5	1				1				7	15
11:00	S	3	2				3				8	
11:00	N	8		1				2			11	24
11:30	S	7	2	2				2			13	
11:30	N	7									7	15
12:00	S	5	2	1							8	
12:00	N	11									11	23
12:30	S	8	1	2		1					12	
12:30	N	5				1	2				8	17
13:00	S	3	2		1	1	2				9	
13:00	N	4		1							5	8
13:30	S	3									3	
13:30	N	12		1							13	24
14:00	S	8	1	2							11	
14:00	N	6				2	1	3			12	27
14:30	S	9		1		2	1	2			15	
14:30	N	10									10	19
15:00	S	9									9	
15:00	N	6				1					7	15
15:30	S	5			1	2					8	
15:30	N	7		1		1	2	1			12	22
16:00	S	5		2		1	1	1			10	
16:00	N	8	2								10	22
16:30	S	9	1	1					1		12	
16:30	N	8	1						1		10	22
17:00	S	10	2								12	
17:00	N	8		1							9	20
17:30	S	6	2	1	1	1					11	
17:30	N	6				2					8	18
18:00	S	7	1			2					10	
18:00	N	5	2	2							9	14
18:30	S	4					1				5	
18:30	N	7	2	1			1				11	18
19:00	S	4	1	2							7	
TOTAL N		190	12	11	1	11	10	10	3	0	248	
TOTAL S		176	25	21	5	17	13	9	2	0	268	
PARCIAL:		366	37	32	6	28	23	19	5	0	516	516

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

	HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E
LUNES	05:00	N	190	12	10	1	11	10	10	3	0
	19:00	S	176	25	20	5	17	13	9	2	0
		Total	366	37	30	6	28	23	19	5	0
MARTES	05:00	N	178	9	6	1	10	9	8	3	0
	19:00	S	152	23	11	5	15	10	11	1	0
		Total	330	32	17	6	25	19	19	4	0
MIÉRCOLES	05:00	N	172	6	7	3	7	12	9	3	0
	19:00	S	145	20	9	4	13	9	11	4	0
		Total	317	26	16	7	20	21	20	7	0
JUEVES	05:00	N	178	9	6	1	10	9	8	3	0
	19:00	S	152	23	11	5	15	10	11	1	0
		Total	330	32	17	6	25	19	19	4	0
VIERNES	05:00	N	178	9	6	1	10	9	8	3	0
	19:00	S	152	23	11	5	15	10	11	1	0
		Total	330	32	17	6	25	19	19	4	0
SÁBADO	05:00	N	190	12	11	1	11	10	10	3	0
	19:00	S	176	25	21	5	17	13	9	2	0
		Total	366	37	32	6	28	23	19	5	0
DOMINGO	05:00	N	190	12	11	1	11	10	10	3	0
	19:00	S	176	25	21	5	17	13	9	2	0
		Total	366	37	32	6	28	23	19	5	0

CÁLCULO DE IMDs, IMDA

$$IMD_s = \frac{Vl + Vm + Vmi + Vj + Vv + Vs + Vd}{7}$$

$$IMDA = IMDs \times Fc$$

	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E
IMD s	N	182.2857	9.8571	8.1429	1.2857	10.0000	9.8571	9.0000	3.0000	0.0000
	S	161.2857	23.4286	14.8571	4.8571	15.5714	11.1429	10.1429	1.8571	0.0000
	Total	343.5714	33.2857	23.0000	6.1429	25.5714	21.0000	19.1429	4.8571	0.0000
Factor de Corrección	Vehículo Ligero (Febrero)						0.8910			
	Vehículo Pesado (Febrero)						1.0102			
IMDA	N	162.417	8.78271	7.25529	1.14557	8.91	8.78271	9.0918	3.0306	0
	S	143.706	20.8749	13.2377	4.32771	13.8741	9.92829	10.2463	1.87609	0
	Total	306.122	29.6576	20.493	5.47329	22.7841	18.711	19.3381	4.90669	0
IMDA 2021	TOTAL	307	30	21	6	23	19	20	5	0

En este caso por ser tema de rehabilitación se considera el IMDA actual

Tipo de vehículo		IMDA 2021	TIPO DE EJE	NÚMERO LLANTAS	CARGA EJE TON.	Fp FLEXIBLE	F. IMDA FLEXIBLE
Vehículo Ligero	Auto	307	SIMPLE	2	1	0.000527	0.161794082
		307	SIMPLE	2	1	0.000527	0.161794082
	S. Wagon	30	SIMPLE	2	1	0.000527	0.015810497
		30	SIMPLE	2	1	0.000527	0.015810497
	Pick Up	21	SIMPLE	2	1	0.000527	0.011067348
		21	SIMPLE	2	1	0.000527	0.011067348
	Panel	6	SIMPLE	2	1	0.000527	0.003162099
		6	SIMPLE	2	1	0.000527	0.003162099
	Combi	23	SIMPLE	2	1	0.000527	0.012121381
		23	SIMPLE	2	1	0.000527	0.012121381
Vehículo Pesado	2E	20	SIMPLE	2	7	1.265367	25.30733497
		20	SIMPLE	4	11	3.238287	64.76573921
	3E	5	SIMPLE	2	7	1.265367	6.326833744
		5	TANDEM	8	18	2.019213	10.09606727
	4E	0	SIMPLE	2	7	1.265367	0
		0	TRIDEM	10	23	1.232419	0

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$NEE = 365 * (\sum FIMDA) * Fd * Fc * Fca$$

Pavimento Flexible

Tasa anual de crecimiento vehículos pesados	r	2.83%
Tiempo de vida útil	n	20
Factor Fca Vehículo Pesado	Fca	20.05
Nº de calzada, sentido y carriles por sentido		1 calzadas , 1 sentido, 2 carriles por sentido
Factor direccional*factor carril	Fc*Fd	0.8
Nº de Ejes equivalente (ESAL)	ESAL	626117.2991

• ESTUDIO GEOTÉCNICO

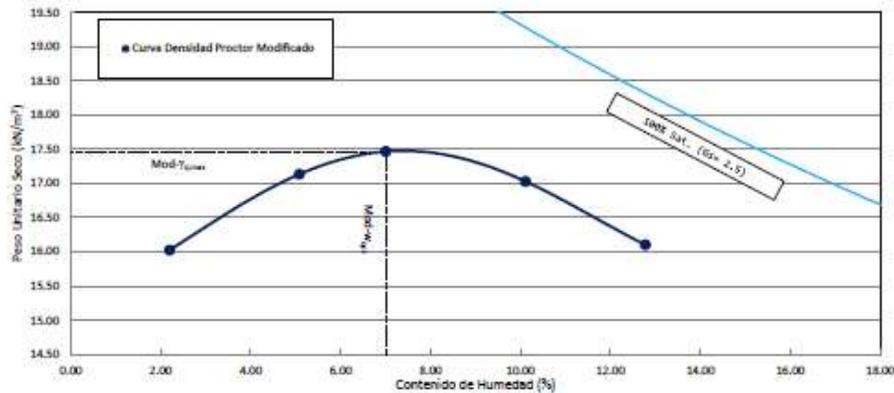
 <p>KINSA GEO LABORATORIO DE GEOTECNIA CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN</p>	INFORME DE ENSAYO		Código	9GC-F-08
	CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS EMPLEANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kN-m/m²) ASTM D1557-12^e		Versión	01
			Página	1 de 1

Proyecto : "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021"
 Solicitante : Br. Hellen Denisse Lujan García. Muestreado por: Solicitante
 Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Poverin - La Libertad. Ensayado por: R. Quiliche
 Material : Terreno Natural Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida		Equipo Empleado	
N° de Calicata	: C-1.	Moide Proctor Modificado	
N° de Muestra	: M-1	Volumen de molde:	945 cm ³
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.	Masa de Moide:	4654 g
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.	Método de Preparación:	húmedo
Profundidad	: -0.30m a -1.50m	Fracción de Ensayo (%):	100
% Ret. Tamiz 3/4 in.:	0	G _s Fracción de Ensayo ⁽¹⁾ :	2.5
% Ret. Tamiz 3/8 in.:	0	Tipo de martillo	Manual
% Ret. Tamiz No. 4:	0		
Método de Ensayo:	A		

Registros y Cálculos del Ensayo

Prueba No.	1	2	3	4	5
Masa de suelo + molde (g)	6232	6389	6455	6461	6404
Masa de suelo (g)	1578	1735	1801	1807	1750
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.670	1.836	1.906	1.912	1.882
Tara No.	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Masa de tara (g)	53.2	56.1	56.4	52.7	52.4
Masa de suelo húmedo + tara (g)	722.4	763.0	655.1	672.4	702.0
Masa de suelo seco + tara (g)	708.0	728.8	615.9	615.5	628.4
HUMEDAD (%)	2.2	5.1	7.0	10.1	12.8
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.634	1.747	1.781	1.737	1.642
PESO UNITARIO SECO (kNm ³)	16.02	17.13	17.47	17.03	16.10



Resultados del Ensayo	
Fracción Ensayada:	Menor al tamiz No. 4.
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.781
PESO UNITARIO MÁXIMO (kNm ³)	17.47
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.0

Intervenciones:

ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:



KINSA GEOLABS S.A.C.
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659



INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

Código	80C-F-22
Versión	01
Página	1 de 2

Proyecto : *DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021*

Solicitante : Br. Helen Denisse Lujan Garcia.

Muestreado por: Solicitante

Ensayado por: R. Quiñiche

Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.

Material : Terreno Natural

Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida

N° de Calicata : C-1.
 N° de Muestra : M-1
 Clasificación Visual : Arena mal graduada.
 Tamaño Máximo Considerado : 3/8 in.
 Profundidad : -0.30m a -1.50m

Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 30 kg aprox.
 Método de Preparación: húmedo

Registros y Cálculos del Ensayo

Sobrecarga Aplicada : 4530 g

CONDICIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Cepes/N° Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g)	12723.0	13013.0	12498.0	12727.0	12325.0	12571.0
Masa del Molde (g)	8624.9	8624.9	8540.0	8540.0	8547.7	8547.7
Masa de la Muestra húmeda (g)	4098.1	4388.1	3958.0	4187.0	3777.3	4023.3
Volumen de la Muestra (cm ³)	2109.2	2109.2	2120.0	2120.0	2121.0	2121.0
Densidad húmeda (g./cm ³)	1.943	2.081	1.867	1.975	1.781	1.897

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Masa muestra húmeda + Tara (g)	566.7	601.2	572.4	650.6	570.3	613.5
Masa muestra seca + Tara (g)	532.8	539.1	537.9	582.3	536.3	548.6
Masa del Agua (g)	33.9	62.1	34.5	68.3	34.0	64.9
Masa de la Tara (g)	50.1	52.3	50.4	50.1	51.0	50.5
Masa muestra Seca (g)	482.7	486.8	487.5	532.2	485.3	498.1
Contenido de Humedad (%)	7.02	12.76	7.08	12.83	7.01	13.03
DENSIDAD SECA (g./cm ³)	1.815		1.744		1.664	
PESO UNITARIO SECO (kN/m ²)	17.80		17.10		16.32	

EXPANSIÓN	Molde N° 1		2		3		
	Tiempo (horas)	Lectura (mil)	Hincham. (mm)	Lectura (mil)	Hincham. (mm)	Lectura (mil)	Hincham. (mm)
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							

NO EXPANSIVO

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pu/g)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	0.64	0.025	76.1	3.9	51.1	2.64	41.0	2.12
1.27	0.050	117.7	6.1	85.8	4.44	66.5	3.44	
1.91	0.075	186.0	9.6	126.7	6.55	92.0	4.76	
2.54	0.100	244.9	12.7	186.0	9.61	123.2	6.37	
3.81	0.150	292.4	15.1	216.9	11.21	158.0	8.17	
5.08	0.200	312.2	16.1	251.2	12.90	199.1	10.29	
6.35	0.250	354.6	18.3	289.0	14.96	226.6	11.71	
7.62	0.300	383.1	19.8	317.8	16.43	265.9	13.74	
12.7	0.500	419.8	21.7	351.0	18.14	302.4	15.63	

ENSAYADO POR:

Nombre y firma:

REVISADO POR:

Nombre y firma:



INFORME DE ENSAYO
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA
BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN
LABORATORIO
ASTM D 1883

Código	SQC-F-22
Versión	01
Página	2 de 2

Proyecto : *DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021*

Solicitante : Br. Helen Denisse Lujan Garcia.

Muestreado por: Solicitante
 Ensayado por: R. Quiliche

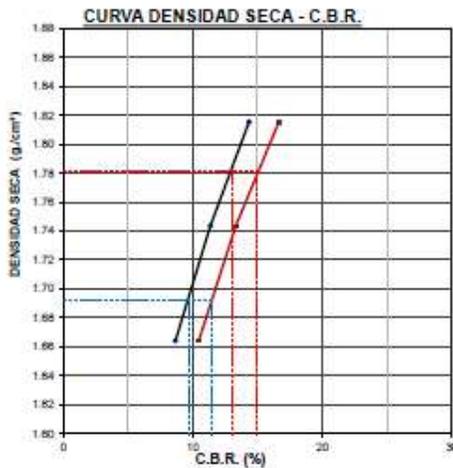
Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.

Materia: Terreno Natural

Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida	
N° de Calicata	: C-1.
N° de Muestra	: M.1
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.
Profundidad	: -0.30m a -1.50m
Presentación/ Cantidad:	1 saco/ 30 kg aprox.
Método de Preparación:	húmedo

GRÁFICAS - C.B.R.

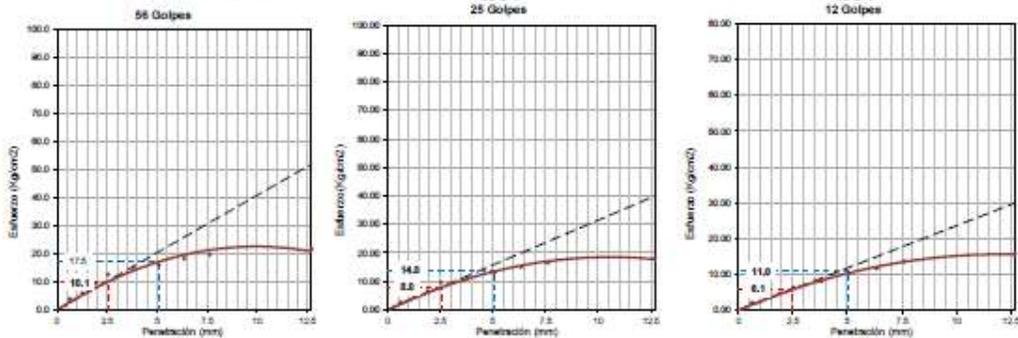


ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²		
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1 in)	70	kg/cm²	
	(5.08 mm) (0.2 in)	105	kg/cm²	
N° GOLPES	56	25	12	
	C.B.R. (%)	2.54mm (0.1 in)	14.35	11.37
	5.08mm (0.2 in)	16.66	13.33	10.47

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO: ASTM D1557-12e'
 DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.781 (g/cm³)
 PESO UNITARIO MÁXIMO: 17.47 (kN/m²)
 ÓPTIMA CONT. HUMEDAD: 7.0 (%)
 95 % DSM : 1.692 (g/cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1 in	0.2 in
VALOR CBR AL 100% DSM:	13.0	15.0 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	9.7	11.5 (%)



ENSAYADO POR:

Nombre y firma:

REVISADO POR:

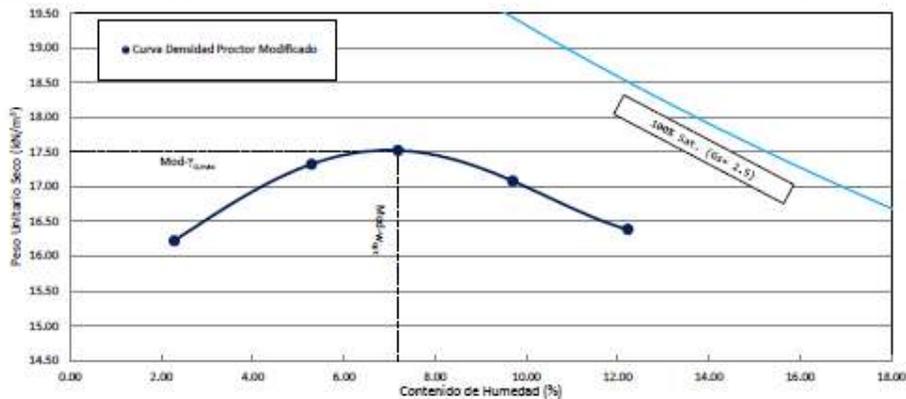
Nombre y firma:

 KINSA GEOLABS LABORATORIO DE GEOTECNIA CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN	INFORME DE ENSAYO	Código	8GC-F-08
	CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS EMPLEANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kN·m/m³) ASTM D1557-12¹	Version	01
		Página	1 de 1

Proyecto : "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021"
 Solicitante : Br. Hellen Denisse Lujan García. Muestreado por: Solicitante
 Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad. Ensayado por: R. Quiliche
 Material : Terreno Natural Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida		Equipo Empleado	
N° de Calicata	: C-2.	Moide Proctor Modificado	
N° de Muestra	: M-1	Volumen de moide: 945 cm ³	
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.	Masa de Moide: 4654 g	
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.	Tipo de martillo	
Profundidad	: -0.30m a -1.50m	Manual	
% Ret. Tamiz 3/4 in.:	0	Fracción de Ensayo (%):	100
% Ret. Tamiz 3/8 in.:	0	G _s Fracción de Ensayo ⁽¹⁾ :	2.5
% Ret. Tamiz No. 4:	0		
Método de Ensayo:	A		

Registros y Cálculos del Ensayo					
Prueba No.	1	2	3	4	5
Masa de suelo + molde (g)	6253	6412	6464	6460	6426
Masa de suelo (g)	1599	1758	1810	1806	1772
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.692	1.860	1.915	1.911	1.875
Tara No.	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Masa de tara (g)	50.8	53.2	50.1	51.5	52.7
Masa de suelo húmedo + tara (g)	678.5	727.5	669.1	698.2	709.0
Masa de suelo seco + tara (g)	664.5	693.7	627.6	641.0	637.5
HUMEDAD (%)	2.3	5.3	7.2	9.7	12.2
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.654	1.767	1.787	1.742	1.671
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	16.22	17.33	17.52	17.08	16.39



Resultados del Ensayo	
Fracción Ensayada:	Menor al tamiz No. 4.
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.787
PESO UNITARIO MÁXIMO (kN/m ³)	17.52
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.2

firmas:

ENSAYADO POR: Nombre y firma: 	REVISADO POR: Nombre y firma: 
--	---

	INFORME DE ENSAYO	Código	90C-F-22
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO ASTM D 1883	Versión	01
		Página	2 de 2

Proyecto : "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021"

Solicitante : Br. Heleen Denisse Lujan Garcia.

Muestreado por: Solicitante

Ensayado por: R. Quiliche

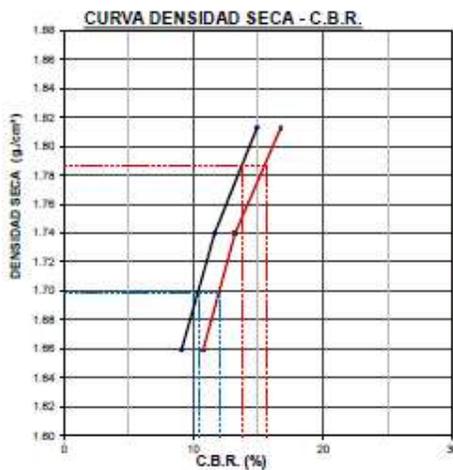
Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.

Material : Terreno Natural

Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida	
N° de Calicata	: C-2
N° de Muestra	: M.1
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.
Profundidad	: -0.30m a -1.50m
	Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 30 kg aprox.
	Método de Preparación: húmedo

GRÁFICAS - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1 in)	79 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2 in)	105 kg/cm²

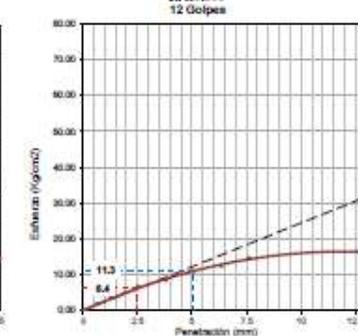
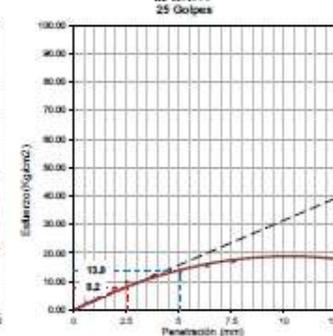
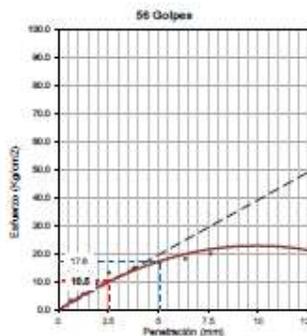
N° GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1 in)	14.92	11.65
	5.08mm (0.2 in)	16.76	13.23

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO: ASTM D1557-12^c

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.787 (g/cm³)
 PESO UNITARIO MÁXIMO: 17.52 (kN/m²)
 ÓPTIMA CONT. HUMEDAD: 7.2 (%)
 95 % DSM : 1.698 (g/cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1 in	0.2 in	
VALOR CBR AL 100% DSM:	13.8	15.6	(%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	10.5	12.0	(%)



ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:



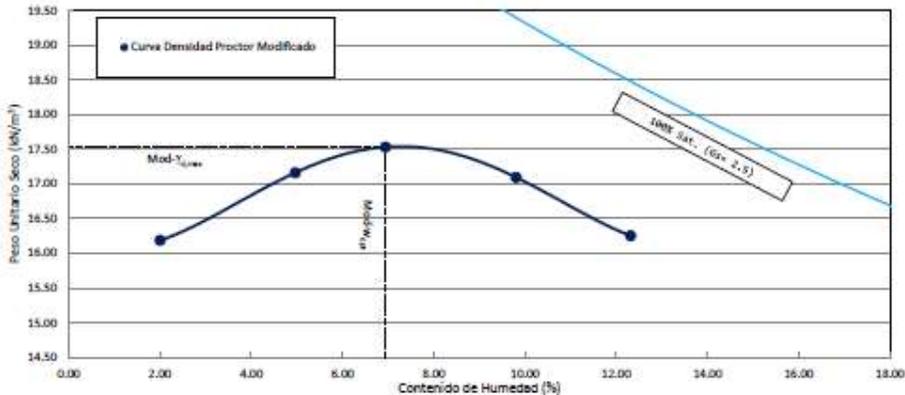
	INFORME DE ENSAYO	Código	9GC-F-08
	CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS EMPLEANDO ENERGÍA MODIFICADA (2.700 kN·m/m³) ASTM D1557-12 ¹	Versión	01
		Página	1 de 1

Proyecto : "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021"
 Solicitante : Br. Hellen Denisse Lujan García. Muestreado por: Solicitante
 Ensayado por: R. Quiliche
 Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.
 Material : Terreno Natural Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida		Equipo Empleado	
N° de Calicata	: C-3.	Molde Proctor Modificado	
N° de Muestra	: M-1	Volumen del molde:	945 cm ³
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.	Masa de Molde:	4654 g
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.	Método de Preparación:	húmedo
Profundidad	: -0.30m a -1.50m	Presentación/ Cantidad:	1 saco/ 30 kg aprox.
% Ret. Tamiz 3/4 in.:	0	Fracción de Ensayo (%):	100
% Ret. Tamiz 3/8 in.:	0	G _s Fracción de Ensayo ⁽¹⁾ :	2.5
% Ret. Tamiz No. 4:	0	Tipo de martillo	Manual
Método de Ensayo:	A		

Registros y Cálculos del Ensayo

Prueba No.	1	2	3	4	5
Masa de suelo + molde (g)	6245	6390	6461	6463	6413
Masa de suelo (g)	1591	1736	1807	1809	1759
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.684	1.837	1.912	1.914	1.861
Tara No.	T-11	T-12	T-13	T-14	T-15
Masa de tara (g)	52.5	54.2	52.1	52.6	53.3
Masa de suelo húmedo + tara (g)	698.2	713.6	694.3	718.8	682.5
Masa de suelo seco + tara (g)	685.5	682.4	682.6	659.3	613.5
HÚMEDAD (%)	2.0	5.0	6.9	9.8	12.3
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.650	1.750	1.788	1.743	1.657
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	16.19	17.16	17.53	17.10	16.25



Resultados del Ensayo	
Fración Ensayada:	Menor al tamiz No. 4.
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.788
PESO UNITARIO MÁXIMO (kN/m ³)	17.53
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.9

aciones:

ENSAYADO POR:
Nombre y firma:


REVISADO POR:
Nombre y firma:


	INFORME DE ENSAYO		Código	90C-F-22
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO		Versión	01
			Página	1 de 2

Proyecto : "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021"

Solicitante : Br. Helen Denisse Lujan Garcia.

Muestreado por: Solicitante

Ensayado por: R. Quiliche

Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.

Materia : Terreno Natural

Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida	
N° de Calicata	: C-3.
N° de Muestra	: M-1
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.
Profundidad	: -0.30m a -1.50m
Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 30 kg aprox.	
Método de Preparación: húmedo	

Registros y Cálculos del Ensayo

Sobrecarga Aplicada : 4530 g

CONDICIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/N° Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g)	12715.0	13022.0	12487.0	12716.0	12321.0	12564.0
Masa del Molde (g)	8624.9	8624.9	8540.0	8540.0	8547.7	8547.7
Masa de la Muestra húmeda (g)	4090.1	4397.1	3947.0	4176.0	3773.3	4016.3
Volumen de la Muestra (cm ³)	2109.2	2109.2	2120.0	2120.0	2121.0	2121.0
Densidad húmeda (g./cm ³)	1.939	2.085	1.862	1.970	1.779	1.894

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Tara N°	1	2	3	4	5	6
Masa muestra húmeda + Tara (g)	572.4	635.0	590.8	612.4	602.3	642.8
Masa muestra seca + Tara (g)	538.3	568.7	559.2	548.2	566.1	574.8
Masa del Agua (g)	34.1	66.3	35.6	64.2	36.2	68.0
Masa de la Tara (g)	51.2	50.3	51.0	50.5	50.8	51.4
Masa muestra Seca (g)	487.1	518.4	504.2	497.7	515.3	523.4
Contenido de Humedad (%)	7.00	12.79	7.06	12.90	7.09	12.99
DENSIDAD SECA (g./cm ³)	1.812		1.739		1.662	
PESO UNITARIO SECO (kN/m ³)	17.77		17.05		16.30	

EXPANSIÓN	Molde N°	1		2		3	
	Tiempo (horas)	Lectura dial	Hincham. (mm)	Lectura dial	Hincham. (mm)	Lectura dial	Hincham. (mm)
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

NO EXPANSIVO

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
			0.64	0.025	73.5	3.8	51.8	2.68
1.27	0.050	114.8	5.9	86.2	4.46	65.9	3.41	
1.91	0.075	179.9	9.3	127.0	6.56	93.3	4.82	
2.54	0.100	245.1	12.7	185.7	9.60	124.2	6.42	
3.81	0.150	289.0	14.9	214.5	11.09	159.7	8.26	
5.08	0.200	310.8	16.1	257.2	13.30	201.3	10.41	
6.35	0.250	349.6	18.1	291.2	15.05	231.0	11.94	
7.62	0.300	381.0	19.7	318.3	16.45	270.4	13.98	
12.7	0.500	420.4	21.7	349.7	18.08	311.6	16.11	

ENSAYADO POR:

Nombre y firma:



REVISADO POR:

Nombre y firma:





INFORME DE ENSAYO
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CALIFORNIA
BEARING RATIO (CBR) DE SUELOS COMPACTADOS EN
LABORATORIO
ASTM D 1883

Código	SQC-F-22
Versión	01
Página	2 de 2

Proyecto : *DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AVENIDAS DE ALTO TRUJILLO, SECTORES 1, 2, 3 Y 4, TRUJILLO 2021*

Solicitante : Br. Helen Denisse Lujan Garcia.

Muestreado por: Solicitante

Ensayado por: R. Quiliche

Ubicación : C.P. Alto Trujillo - El Porvenir - La Libertad.

Material : Terreno Natural

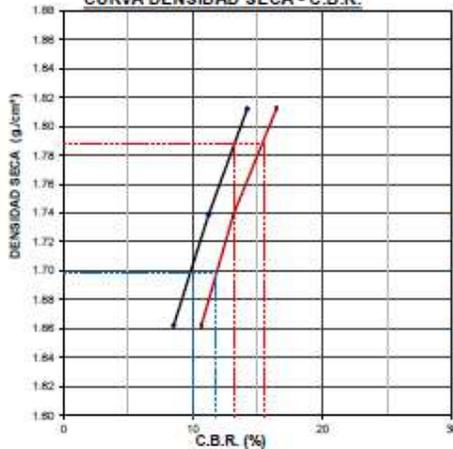
Fecha de Entrega de Informe: 11/12/21

Datos de la Muestra Recibida

N° de Calicata	: C-3.	Presentación/ Cantidad: 1 saco/ 30 kg aprox.
N° de Muestra	: M.1	
Clasificación Visual	: Arena mal graduada.	Método de Preparación: húmedo
Tamaño Máximo Considerado	: 3/8 in.	
Profundidad	: -0.30m a -1.50m	

GRÁFICAS - C.B.R.

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN: 19.35 cm²

CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1 in)	70	kg/cm²
	(5.00 mm) (0.2 in)	105	kg/cm²

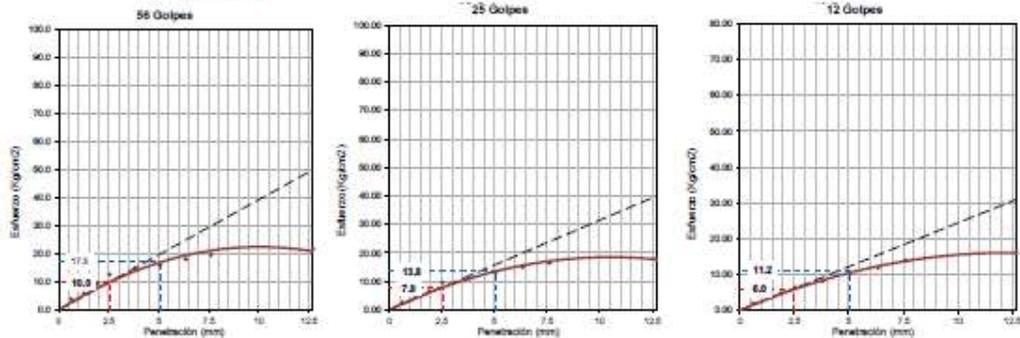
N° GOLPES	56	25	12	
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1 in)	14.21	11.23	0.53
	5.00mm (0.2 in)	16.47	13.14	10.66

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO: ASTM D1557-12^e

DENSIDAD SECA MÁXIMA :	1.788 (g/cm³)
PESO UNITARIO MÁXIMO:	17.53 (kN/m²)
ÓPTIMA CONT. HUMEDAD:	6.9 (%)
95 % DSM :	1.699 (g/cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1 in	0.2 in	
VALOR CBR AL 100% DSM:	13.2	15.5	(%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	10.0	11.8	(%)



ENSAYADO POR:

Nombre y firma:

REVISADO POR:

Nombre y firma:

ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 144629

- DISEÑO ESTRUCTURAL

Pavimento

	CBR	Mr
Subrasante	13 %	13407.62
Sub base	40 %	27083.78
Base	80 %	42205.45

Carpe ta Asfaltica en caliente

REE	=	2276637.826	
Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	=	Tp6	
W18	=	2276637.83	
Psi(inicial)	=	4	
Psi(final)	=	2.5	
Δ Psi	=	1.5	
R	=	0.85	
Zr	=	-1.036	
So	=	0.45	
Calidad de Drenaje	:	BUENO	
Coefficiente de drenaje (m1)	=	1	
a1	=	0.17	0.43 pulg
a2	=	0.052	0.13 pulg
a3	=	0.047	0.12 pulg

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confianza Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
Resto de Caminos	TP4	750,001	1,000,000	80%
	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
TP15		>30'000,000	95%	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93

Cuadro 12.11
Índice de Serviciabilidad Final (Pt)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15	>30'000,000		3.00

Cuadro 12.8
Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TR0	75,000	150,000	-0.385
	TR1	150,001	300,000	-0.524
	TR2	300,001	500,000	-0.674
	TR3	500,001	750,000	-0.842
	TR4	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TR5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TR6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TR7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TR8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TR9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TR10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TR11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TR12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TR13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TR14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TR15	>30'000,000		-1.645

Tabla XXV. Tiempos de drenaje para capas granulares

Calidad del Drenaje	50% de saturación
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993**

PROYECTO :
SECCION km -

FECHA :

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

- a. PERIODO DE DISEÑO (Años)
- b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)
- c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)
- d. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)
- e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)

20
2.28E+06
4.0
2.5
85%
-1.036
0.45

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

- a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN2) 42.21
- b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE 27.08
- c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) 13.41

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 13407.62 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 2276637.825844**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 3.12

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

SN Requerido	G _t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
3.12	-0.25527	6.36	6.36

4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico (a1)	0.43	pulg
Base granular (a2)	0.13	pulg
Subbase (a3)	0.12	pulg

b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2)	1.00
Subbase (m3)	1.00

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	3.12	3.09	8	20	15
2	3.12	3.13	9	17.5	15

OK