

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON LAS METODOLOGIAS AASHTO-93 E INVIAS EN LA VÍA PRINCIPAL LAS PALMERAS DE PACASMAYO, LA LIBERTAD 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil



Autores:

Jonathan Lombardo Cueva Huatay

Wilter Nilson Tarrillo Tarrillo

Asesor:

Ing. Germán Sagastegui Vasquez

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, quien nos brinda cuidado y salud.

A nuestras familias por su gran amor y paciencia, por ser el pilar de todos los logros y el desarrollo de propósitos en esta pequeña parte de nuestras vidas.

A nuestro asesor y docente, el Ing. German Sagastegui Vasquez y a todos los docentes de la universidad privada del norte.

A todos nuestros amigos por su afecto y colaboración en nuestro crecimiento personal, intelectual y social. Así como en el desarrollo de nuestra vida universitaria.

A todos los que con su compromiso y trabajo dan prestigio de nuestro Programa Nacional de Beca 18 y por el constante monitoreo para poder realizar las metas trazadas.

Jonathan Lombardo Cueva Huatay

Wilter Nilson Tarrillo Tarrillo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios, por darnos la dicha y el privilegio de estar con vida y brindarnos sabiduría y entendimiento para poder realizar este proyecto de investigación.

Agradecemos al Ing. German Sagastegui Vasquez responsable aceptar ser nuestro asesor y también, por impartirnos sus conocimientos y guiarnos para el desarrollo adecuado de nuestro proyecto de investigación.

A nuestros padres y hermanos quienes a lo largo de nuestras vidas nos han brindado un apoyo incondicional.

Agradecemos al Programa Nacional de Beca 18 por el apoyo y la oportunidad que nos brindaron de realizar nuestros estudios superiores.

Finalmente, un enorme agradecimiento a nuestra querida y prestigiosa Universidad Privada del Norte por abrir sus puertas y prepararnos con una educación de excelencia para ser los mejores profesionales.

Jonathan Lombardo Cueva Huatay

Wilter Nilson Tarrillo Tarrillo

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	46
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	69
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Número de calicatas para exploración de suelos.....	25
Tabla 2: Clasificación de suelos según tamaño de partícula	26
Tabla 3: Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS	27
Tabla 4: Categorías de subrasante	28
Tabla 5: Factores de distribución y carril	29
Tabla 6: Número de Ejes Equivalentes	31
Tabla 7: Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes (E.E.) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.	32
Tabla 8: Categoría de la vía.....	37
Tabla 9: Periodo de diseño estructural.	37
Tabla 10: Rango de tránsito en ejes equivalentes.....	39
Tabla 11: Regiones climáticas	39
Tabla 12: Categoría de subrasante.....	42
Tabla 13: Resumen de las cartas de diseño	43
Tabla 14: Esquema de investigación	46
Tabla 15: Tamaño de muestra	47
Tabla 16: Matriz de operacionalización de variable.....	48
Tabla 17: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
Tabla 18: Tasa de crecimiento promedio	57
Tabla 19: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, en el carril de diseño.....	58
Tabla 20: Referido al porcentaje de la Máxima Densidad Seca con una penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm) según el tipo de tráfico.....	59
Tabla 21: Parámetros de confiabilidad, desviación estándar e índice de serviciabilidad presente	59
Tabla 22: Coeficientes estructurales de capas de las capas de pavimento	60
Tabla 23: Espesores mínimos en pulgadas, en función a ejes equivalentes	61
Tabla 24: Coeficientes de drenaje en relación con Calidad de drenaje	62
Tabla 25: Categorías de vías según tránsito promedio diario.....	64
Tabla 26: Categorías de vías según periodo de diseño estructural.....	64
Tabla 27: Categorías de vías según periodo de diseño estructural	65
Tabla 28: Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación	65

Tabla 29: Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación	66
Tabla 30: Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación	67
Tabla 31: Ensayo de Granulometría – calicata 01	69
Tabla 32: Contenido de Humedad – calicata 01	69
Tabla 33: Ensayo de Granulometría – calicata 02	70
Tabla 34: Contenido de Humedad – calicata 02	70
Tabla 35: Ensayo de Granulometría – calicata 03	71
Tabla 36: Contenido de Humedad – calicata 03	71
Tabla 37: Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 01	73
Tabla 38: Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 02	73
Tabla 39: Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 03	74
Tabla 40: Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 01	74
Tabla 41: Número de golpes según carga de penetración de 1” y 2”	75
Tabla 42: Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-01	75
Tabla 43: Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 02	76
Tabla 44: Número de golpes según carga de penetración de 1” y 2”	76
Tabla 45: Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-02	76
Tabla 46: Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 03	77
Tabla 47: Número de golpes según carga de penetración de 1” y 2”	78
Tabla 48: Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-03	78
Tabla 49: Ejes Equivalentes y Factor Camión	79
Tabla 50: Índice Medio Diario Semanal – Promedio de vehículos diarios	80
Tabla 51: Estudio de tráfico – Cargas de Ejes Equivalentes	80
Tabla 52: Parámetros de diseño de la metodología AASHTO 93	81
Tabla 53: Coeficientes estructurales, de drenaje de capas de pavimento	82
Tabla 54: Espesores de capas de estructura de pavimentos con método AASHTO 93	82
Tabla 55: Metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	83
Tabla 56: Estructura del pavimento flexible con método INVIAS	83
Tabla 57: Estructura del pavimento flexible con método INVIAS y AASHTO 93	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del pavimento flexible	24
Figura 2: Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO	27
Figura 3: Descripción del diseño del método INVIAS	44
Figura 4: Tipo de investigación.....	46
Figura 5: Tipo de muestreo	47
Figura 6: Instrumentos y análisis de datos	52
Figura 7: Cuadro sinóptico del procedimiento de la presente tesis.....	53
Figura 8: Ecuación AASHTO 93 para cálculo de SN mediante parámetros del AASHTO	63
Figura 9: Espesores de capas de la estructura del pavimento flexible según la carta N° 4 del manual INVIAS	68
Figura 10: Perfil estratigráfico – calicata 01	72
Figura 11: Perfil estratigráfico – calicata 02	72
Figura 12: Perfil estratigráfico – calicata 03	72
Figura 13: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% C-01	75
Figura 14: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% - C-02.....	77
Figura 15: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% - C-03.....	78
Figura 16: Ecuación AASHTO 93 para obtención de SN (Número estructural).....	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Crecimiento de tránsito y proyección.....	29
Ecuación 2: Factor de crecimiento acumulado.....	30
Ecuación 3: Diseño de la estructura del pavimento flexible.....	33
Ecuación 4: Correlación de CBR menor del 7.2% con Módulo Resiliente.....	33
Ecuación 5: Correlación de CBR entre el 7.2% y 20% con Módulo Resiliente	33
Ecuación 6: Correlación de CBR mayor del 20% con Módulo Resiliente.....	33
Ecuación 7: Número Estructural SN	35
Ecuación 8: Estimación de tránsito mediante método INVIAS	38
Ecuación 9: Módulo de Resiliencia.....	40
Ecuación 10: Módulo Resiliente de diseño de subrasante afectado por factor ambiental..	41
Ecuación 11: Módulo resiliente óptimo en condiciones óptima inferidas	41
Ecuación 12: Índice Medio Diario Semanal.....	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la vía principal Las Palmeras de la provincia de Pacasmayo, teniendo como principal objetivo realizar el análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO-93 e INVIAS. Para la elaboración de la tesis se utilizó un diseño descriptivo no experimental, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia y para la recolección de datos se realizó la técnica de observación mediante la realización de estudios de suelos y de tráfico. Así también la revisión documental para el desarrollo de diseño del pavimento flexible con ambos métodos, así mismo para el análisis de datos se hizo por el método de estadística descriptiva. Se obtuvieron como resultados un CBR de diseño del 58% y para el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93, el espesor de la carpeta asfáltica fue de 9 cm, la base de 15 cm. Por otro lado, con el método INVIAS, su espesor de la carpeta asfáltica es de 6 cm como capa de rodadura y 7.5 cm como capa intermedia, en la base de 15 cm y la sub base de 15 cm, siendo el diseño estructural del pavimento más óptimo, el método AASHTO 93.

Palabras clave: Diseño estructural, AASHTO 93, INVIAS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo el transporte es una de las piezas fundamentales para el desarrollo económico y social de los países del mundo. Además, la infraestructura de transporte sirve de nexo entre las personas y el empleo, la educación y los servicios de salud. Así mismo, debido a que en nuestro país una gran cantidad de estructuras viales se encuentran en malas condiciones, lo que ocasiona incomodidad en los conductores y en la población en general es por ello, que para esta investigación hemos tomado en cuenta a la ciudad de Pacasmayo para un estudio de la vía principal Las palmeras. Con el fin de realizar una comparación entre las metodologías AASHTO 93 la cual es una de las más utilizadas en el Perú y por otra parte la metodología INVIAS que también es una metodología aplicada mayormente en Colombia en el diseño de pavimentos flexibles y así finalmente poder obtener un óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible para el lugar de estudio antes mencionado.

Los métodos de diseño tienen como finalidad analizar el comportamiento de la estructura del pavimento simulada ante diferentes esfuerzos y condiciones para determinar su vida útil. Para ello se estableció un método de diseño en el que se tuvieron en cuenta diferentes variables considerando los parámetros inherentes a la durabilidad de la estructura, estos parámetros son los que diferencian una metodología de otra (López Chaparro, 2015).

Por otro lado, en Ambato, debido a la realidad nacional han tenido que recurrir ya no a los manuales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) existentes, sino al uso de metodologías como la AASHTO '93 para el diseño de la estructura de sus pavimentos flexibles. De igual manera, en uno de sus antecedentes investigados utiliza la metodología INVIAS (López Valencia, 2016).

También en San Salvador, desde hace años atrás el diseño de pavimentos flexibles se realiza aplicando la metodología AASHTO-93. Así mismo, en la búsqueda nuevas alternativas para el diseño estructural de pavimentos flexibles generan un primer acercamiento a las alternativas IMTPAVE y CR-ME, mediante el desarrollo de un análisis comparativo entre la metodología AASHTO-93 y dichas alternativas con el propósito de realizar una mayor concordancia con las necesidades actuales de los pavimentos flexibles (García Vargas, Gutiérrez Romero, & Hernandez Soriano, 2014). En el Perú se ha realizado el diseño de estructuras de pavimentos flexibles a través de diferentes metodologías, en la región de Lambayeque, cuenta con un alto porcentaje de vías sin pavimentación. Además, esto genera dificultad para el desarrollo de dicha región y para el país, es por ello que, presenta en su investigación una comparación entre la metodología AASHTO-93 y la metodología del Instituto del asfalto para el diseño de pavimento flexible y así poder determinar cuál de dichas metodologías es la más óptima (Irigoin Quesquén, 2018).

En la región de la Libertad también se ha realizado múltiples estudios e investigaciones es así, en la actualidad, las carreteras que conectan localidades de diferentes zonas pertenecientes a las provincias de la región juegan un papel protagónico en el desarrollo del transporte; es así, que presentan un análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles entre las metodologías de la AASHTO-93 y el Instituto del Asfalto realizado para determinar la alternativa que ofrece mejores resultados (Briceño Torres & Narcizo Burgos, 2019).

Por otro lado, una de las entidades que se encarga de regular, diseñar, ejecutar y la supervisión de la infraestructura de transportes y comunicaciones en el Perú, es el Ministerio De Transportes y Comunicaciones (MTC). Así mismo, en la zona de estudio la entidad encargada de realizar el diseño, ejecución y supervisión de la

infraestructura de los pavimentos flexibles es la Municipalidad Provincial de Pacasmayo.

López después de haber realizados los diseños de las estructuras de pavimento, para las diferentes metodologías como la AASHTO 93, INVIAS y Racional, se encontró, que cada una contempla diferentes parámetros generando una variación en los dimensionamientos finales, en general se observó que todas las metodologías contemplaban cuatro parámetros fundamentales, tal como lo es el tránsito, la resistencia al corte del suelo de soporte, las propiedades de los materiales que constituyen la estructura de pavimento (López Chaparro, 2015).

Torres en una de las tesis concluye que el espesor de la estructura de pavimento flexible por el método AASHTO es de 53 y 63,5 cm, mientras que por el método racional es de 62 y 72,5 cm, teniendo una variación entre 12% - 14% y de acuerdo a ello se observa que la diferencia de los resultados está relacionada directamente con las variables que intervienen en cada metodología, por ejemplo, el método racional tiene en cuenta la temperatura de la región, influyendo directamente en la determinación del módulo dinámico de mezcla, ya que el comportamiento del asfalto está directamente relacionado con la temperatura de funcionamiento, a diferencia del método AASHTO el cual tiene en cuenta la temperatura de las condiciones locales en donde se desarrolló el método (Torre Chacon, 2018).

Del mismo modo Irigoien concluyó que, en la aplicación del método de diseño, considerando el mejoramiento de la subrasante, se puede determinar que el espesor total de la capa de estructura del pavimento utilizando el método AASHTO 93 es mayor que el espesor total del método del Instituto del asfalto (un 27.28%). Así mismo, al evaluar los resultados económicos se concluyó que el costo directo de la construcción del pavimento flexible con el método AASHTO 93 es más económico en

comparación con el método del Instituto del asfalto en un 8.22% de diferencia (Irigoin Quesquén, 2018).

En concordancia con las investigaciones citadas se observa que los métodos AASHTO 93, INVIAS y otros métodos se diferencian en algunos de sus parámetros y así mismo en la similitud de algunas de ellas tal como el tránsito, la resistencia al corte del suelo de soporte, las propiedades de los materiales que constituyen la estructura de pavimento. De tal manera que cada método lleva a un resultado final que es obtener los espesores de la carpeta asfáltica, que luego de ello implica en un análisis comparativo de sus respectivos resultados como también el análisis del costo que puede generar al realizar cada método.

Adicionalmente, Coral Consorcio S.A.C es una empresa empadronada en el Registro Nacional de Proveedores para hacer contrataciones con el Estado, Coral Consorcio S.A.C en el año 2019 ha ejecutado la obra que pertenece al proyecto “Recuperación de la Av. Miraflores, tramo Av. 26 de marzo y Av. España, distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, región La libertad”, la cual esta obra consistió en el diseño de pavimento flexible con la guía AASHTO 93.

Así mismo, la Concesionaria Vial del Sol S.A. (COVISOL) está conformada por el grupo Hidalgo e Hidalgo S.A (HeH) y Construcción y Administración S.A. (CASA). La cual es una empresa privada comprometida con brindar servicios de construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura vial de la Autopista del Sol. En julio del 2018 terminó de ejecutar el tramo de evitamiento Chocope EV-03 que consta de 3.11 km de longitud. Cabe recalcar que el diseño del pavimento flexible fue realizado por la metodología AASHTO 93.

En la actualidad, Pacasmayo es una de las provincias de la región La Libertad más importantes y hermosas de la región en cuanto a su cultura y economía. Sin embargo,

el desarrollo urbano del distrito de Pacasmayo es deplorable, esto resulta paradójico ya que Pacasmayo cuenta con una fábrica de cemento que por el volumen de su producción resulta ser una de las más importante del país y es así, que la realidad nos muestra muchas calles no pavimentadas y polvorientas, con aceras en su mayoría deterioradas por efecto del tiempo. Es así, que el AA. HH Las Palmeras perteneciente a dicho distrito es una de las zonas con uno de los peores desarrollos urbanísticos, contando con problemas como la falta de pavimentación de algunas calles y pistas deterioradas.

La vía principal del AA. HH Las Palmeras se encuentra en malas condiciones, debido a la circulación diaria de vehículos y al pobre mantenimiento que se le ha brindado, se ha ocasionado el deterioro del pavimento a través del transcurso del tiempo, generando el malestar e inseguridad de las personas. Es así que se ha previsto un análisis comparativo de las metodologías AASHTO 93 e INVIAS para determinar el mejor diseño de la estructura de pavimento flexible para esta zona de estudio.

Por lo antes expuesto, la realidad del estado de los pavimentos de la infraestructura de la comunidad de Pacasmayo es lamentable por su deterioro y falta de conservación. Es por ello, que la presente investigación pretende elaborar un análisis comparativo de las metodologías AASHTO-93 e INVIAS en el diseño estructural de pavimentos flexibles. Así mismo, se identificarán las variables y parámetros de diseño; también, se analizarán los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible mediante las metodologías AASHTO-93 e INVIAS.

Finalmente, al no llevarse a cabo esta investigación, en la actualidad se seguirá realizando estudios y diseños estructurales de pavimentos flexibles de una manera tradicional y/o convencional como se viene llevando a cabo hasta ahora, es decir se seguirá diseñando con los métodos ya empleados en el diseño y construcción de las

vías en el Perú, sin aplicar ningún otro tipo de método o metodología que vayan más allá y sin poder cambiar la realidad actual.

1.1.1. Antecedentes:

Irigoin Quesquén en su investigación tuvo como objetivo realizar el estudio comparativo entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para determinar el óptimo diseño del pavimento flexible, en el aspecto estructural de espesores, costos y durabilidad. Para llevar a cabo su investigación utilizó como metodología la técnica de la observación y revisión documental donde usó muestras de campo para realizar ensayos y por otra parte hizo el uso de manuales, guías y normas para su elaboración. Como resultado al aplicar el método AASHTO 93 obtuvo los siguientes espesores estructurales del pavimento: carpeta asfáltica de 4 pulgadas, base de 6 pulgadas y sub base de 6 pulgadas; mientras que, con el método del Instituto del Asfalto: carpeta asfáltica de 6 pulgadas, base de 6 pulgadas y sub base de 6 pulgadas. Finalmente concluyó que para el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93, es el más óptimo en comparación al método del Instituto del Asfalto debido a que los parámetros principales que influyeron en los diseños fue el módulo resiliente de la subrasante, el número de cargas de ejes equivalentes simples y el factor ambiental. Así mismo, el CBR obtenido del terreno de fundación fue de un nivel de pobre a regular, lo cuál fue en cierta medida predominante en la estructura del pavimento obtenido. (Irigoin Quesquén, 2018).

La aportación de esta investigación resalta en un punto importante que es la metodología a seguir, pues la observación para recolectar datos y obtener muestras en campo mediante fichas de recolección de datos para posteriormente a través de la realización de ensayos y revisión de guías y normas estandarizadas se pueda obtener resultados confiables y realizar un cuadro comparativo de tal forma que se pueda

deducir un óptimo resultado. Además de ello nos aporta que los parámetros de diseño, tanto como los ejes equivalentes de carga, la temperatura y el CBR de la subrasante son influyentes en la determinación de la estructura del pavimento.

Los autores Briceño y Narcizo tuvieron en esta investigación como objetivo realizar el análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible entre las metodologías de la AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto en Julcán, La Libertad. Para alcanzar su objetivo se empleó la técnica de la observación donde se hizo el levantamiento topográfico, estudio de suelos, estudio de tráfico mediante fichas y registros para obtención de datos, luego de ello determinó los espesores de capas que conforma el pavimento flexible para dos tramos contemplando sus variables de diseño y procedimientos estipulados en sus guías década método. En la investigación se obtuvo como resultados aplicando el método AASHTO 93 un ESAL de 292,033.80 ejes equivalentes y un CBR de diseño del 8.5% y 53.5% del primer y segundo tramo respectivamente y por el método de ecuación una capa de rodadura de 3'', una base de 5.5'' y una sub base de 3.5'' para el tramo N°01 y para el tramo N° 02 obtuvo una capa de rodadura de 3'', una base de 5.5'', así mismo aplicando el método del IA (Instituto del Asfalto) se obtuvo un ESAL de 200,427.038 de ejes equivalentes y una capa de rodadura de 4'', una base de 6'' y una sub base de 6'' para el tramo N° 01, para el tramo N° 02 una capa de rodadura de 4'', una base de 6'' y una sub base de 6'' mediante la carta de diseño de agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C. Finalmente se concluyó, que la alternativa recomendable para las características del Camino vecinal de Chuan parte baja a Julcán, es el diseño estructural del pavimento flexible dado por la metodología de la AASHTO-93 por el método de ecuación, ya que presenta mayor precisión en sus cálculos. (Briceño Torres & Narcizo Burgos, 2019)

Esta investigación tiene una gran aportación en lo que respecta a los resultados ya que nos señala que al utilizar el método de ecuación y no un método gráfico para las metodologías que se aplicarán, los resultados que se obtendrán serán con mayor precisión. Así mismo el porcentaje de CBR de la subrasante influye en los espesores de la estructura del pavimento ya que al tener un CBR excelente no sería necesario poner una sub base en el diseño estructural. Todos estos factores mencionados intervienen al momento de hacer el análisis comparativo del diseño estructural del pavimento.

Para esta tesis de investigación el autor Yapachura Cayllahua tuvo como objetivo la comparación técnica y económica de las metodologías AASHTO93 e IA para el diseño de pavimento flexible de la variante de la carretera PE-26B. Para llevar a cabo con el objetivo se utilizó la técnica de observación donde se pudo evidenciar las condiciones del lugar de estudio para la recolección de datos que se hizo mediante formatos de registros, que estos son brindados por normas estandarizadas correspondiente al tema de estudio. Se obtuvo como resultados de un estudio de suelos obteniendo un CBR del 14.4% y un módulo resiliente de 14084.55 PSI, obteniendo un número estructural SN de 2.42 y los resultados de espesor de capa para un diseño de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93, con una capa de asfalto de 7.5 cm y una capa base granular de 22.0 cm. Por otro lado, el espesor de la capa asfáltica obtenida por el método IA es de 7,5 cm y la capa base es de 15,0 cm. Finalmente, el autor concluyó concluyen que técnicamente ambos métodos dan buenos resultados, pero la metodología del Instituto del Asfalto (IA) tiende a presentar menos grietas y daños por agrietamiento durante la fase de diseño porque tiene una capa de asfalto más gruesa y haciendo un énfasis en el balance técnico económico la metodología AASHTO 93 ofrece una mejor opción frente a la metodología del IA. (Yapachura Cayllahua, 2018)

Esta investigación nos aporta a la presente un buen panorama sobre la utilización de instrumento de recolección de datos, que son brindados por normas estandarizadas de acuerdo al estudio que se está investigando para así obtener un orden y mayor entendimiento al momento de procesar los resultados, así mismo el autor señala que al obtener un mayor espesor en la carpeta asfáltica tiende a presentar menos falla a lo largo del tiempo. Además de ello se rescata lo que es el módulo resiliente ya que esta correlacionado con el CBR.

Los autores Peñaloza Cabrera y Vasquez Canchanya tuvieron como objetivo identificar y cuantificar la influencia que tiene los diferentes parámetros del diseño al pavimento flexible para poder determinar la vida útil que se obtendrá en la vía de estudio. La metodología que se empleó es la técnica de observación donde se realizó el estudio de suelo y de tráfico y como instrumentos se empleó los registros de datos que se obtuvieron en campo. Como resultados en la investigación se obtuvo mediante el ensayo granulométrico un tipo de suelo de arena limosa con grava con la clarificación SUCS un tipo SM y con la clasificación AASHTO A-1-b, con un índice de plasticidad de 1 presentando un suelo poco arcilloso y con un CBR del 15% y en el diseño estructural del pavimento flexible mediante el método AASHTO93 constituida por la carpeta asfáltica 14 cm, base 25 cm y sub base 25 cm, en comparación del método Shell con una contextura de suelo conformada por la carpeta asfáltica de 11 cm, base 17 cm y sub base 15 cm. Finalmente el autor concluyó que de acuerdo a las dos alternativas la estructura de pavimento que se va diseñar se optó por el método Shell mediante verificación por capas con la cual optimizó siendo la más económica, además concluyó que la determinación del pavimento, influyen el estudio de suelo. (Peñaloza Cabrera & Vasquez Canchanya, 2020)

Esta tesis de investigación nos aporta que el estudio de suelos es muy importante para el diseño estructural del pavimento flexible ya que a medida influye en la determinación de los espesores de capas, eso dependiendo del tipo de suelo y el porcentaje de CBR que se obtenga de los ensayos para caracterización físico mecánicas del suelo.

Salamanca Niño y Zuluaga Bautista en su investigación tuvieron como uno de sus objetivos proyectar las estructuras de pavimentos flexibles por medio de las metodologías INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía La Ye - Santa Lucia ubicada en el departamento del Cesar. Para el desarrollo de este estudio se empleó la técnica de observación mediante fichas de recolección de datos durante el estudio de tráfico, levantamiento topográfico y el estudio de suelos para luego ser procesados mediante las normas y guías de cada metodología. Se obtuvieron como resultados el número de ejes equivalentes a usar de 514.425 para el método AASHTO 93 e Instituto del Asfalto, así mismo el número de ejes equivalentes para el método INVIAS fue de 596.219 ya que esto fue obtenido multiplicado por el factor de confiabilidad del 90% como indica la norma de dicho método, Así mismo, para la determinación de los espesores de la estructura del pavimento flexible aplicando el método INVIAS se tuvo en cuenta los factores climáticos y ambientales que en el lugar de estudio estuvo una temperatura entre 20 °C y 30 °C con una precipitación anual de 200 mm definiendo de esta manera como un clima cálido seco y semi húmedo, además de ello con un CBR del 7% que influyó para determinar el espesor de la carpeta asfáltica que fue de 10 cm, una base granular de 20 cm, una sub base granular de 40 cm, para el método AASHTO 93, para la capa asfáltica es de 17.5 cm y una capa base granular de 10 cm, una sub base granular de 10 cm, así también para el método del Instituto del Asfalto, para la capa asfáltica es

de 11 cm y una capa base granular de 30 cm, una sub capa base granular de 30 cm. Finalmente se concluyó que la estructura que se propone construir dentro de los 6,5 km de carretera se evalúa como una estructura según el método del Instituto del Asfalto porque es capaz de soportar los esfuerzos causados por el tráfico vehicular esperado de 0,51 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas bajo unas características de suelos de tipo limo-arcillosos y areno limosos, para un periodo de diseño de 10 años contados a partir del año 2014. (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014)

Esta investigación tiene un gran aporte donde los autores señalan que, a medida del paso del tiempo, a esto se refiere con el periodo de diseño del pavimento flexible, la carga de tráfico anualmente y las características del suelo influyen mucho en la durabilidad de la estructura del pavimento, es por ello que se debe resaltar mucho en los parámetros que toma cada metodología, ya que dependiendo de ello influenciará en los resultados del diseño estructural del pavimento flexible. Además de ello resaltar que el número de ejes equivalentes fueron las mismas para los tres métodos, salvo el método INVIAS ya que fue multiplicado por un factor de confiabilidad del 90%.

Colana Coayla tuvo como objetivo principal del proyecto de investigación en realizar el cálculo de espesores del pavimento elástico utilizando dos metodologías conocidas para realizar un comparativo y proponer espesores finales para una rehabilitación de la Av. Santa Fortunata. La metodología que empleó fue la técnica de observación y mediante formatos de registros, ábacos, tablas de diseño y pequeños programas que se utilizó para la obtención de los valores de espesores de la subbase, base y la carpeta asfáltica. Como resultado obtuvo un ESAL de 5'734,536.543, con un flujo vehicular de 1026.43 veh/día, siendo el promedio semanal. Por otro lado como resultado en los espesores para la capa de rodadura de 2 pulgadas y para la base granular 7 pulgadas, quedando una estructura de 25 centímetros, aplicando la metodología del Instituto del

Asfalto y los espesores para capa de rodadura de 2 pulgadas, para la base granular 6 pulgadas y para la subbase granular 10 pulgadas, quedando una estructura de 50 centímetros, aplicando la metodología del AASHTO 93. Finalmente, el autor concluyó que la estructura óptima del diseño estructural del pavimento flexible se determinó con la metodología AASHTO 93. (Colana Coayla, 2021)

La aportación de esta investigación es la importancia del manejo de formatos de registros, programas software que nos permitirá un mejor cálculo en los resultados que se analizarán para la comparativa de cada metodología en el diseño del pavimento flexible. Además de ello en esta tesis nos aporta que las cargas de ejes equivalentes son diferentes para cada proyecto.

Los autores Correia Macias y Mauricio Ojeda en su investigación tuvieron como objetivo analizar y comparar los métodos AASHTO-93 y mecanicista racional para el diseño óptimo del pavimento flexible de la vía vecinal Potosí provincia del Guayas. Para el desarrollo de la investigación se usó como metodología la técnica de observación ya que se realizó un conteo vehicular manual para obtener una ficha que indique los vehículos que circulan en la vía y dentro de los instrumentos que se utilizaron fueron los estudios de suelos y fichas de conteo vehicular. Posteriormente se tuvo como resultados en los espesores de la estructura del pavimento flexible con una carpeta asfáltica de 7.5 cm, una base granular de 17.5cm aplicando el método AASHTO 93, mientras con método racional la carpeta asfáltica de 6 cm, y una base cementicia de 15 cm. Finalmente los autores concluyeron el análisis comparativo entre ambas metodologías de diseño de pavimento, de lo cual se pudo extraer que la metodología Racional diseña estructuras con un promedio de vida útil más alto sin intervención por daños que se produzcan en la estructura a corto o mediano plazo, debido a que es un

método más conservador que el AASHTO-93. (Correia Macias & Mauricio Ojeda, 2021).

La aportación que nos brinda esta investigación es de mucha importancia ya que señala que la metodología AASHTO 93 al ser comparada con el método Racional para el diseño de pavimento flexible es menos conservador ya que las variables de diseño se obtienen mediante parámetros empíricos a través de nomogramas y correlaciones estadísticas y no considera el comportamiento del material que conforma la estructura del pavimento.

En esta investigación Valentín Castro y Lunarejo Robles tuvieron como objetivo realizar un óptimo diseño estructural del pavimento flexible utilizando y comparando entre las dos metodologías AASHTO 93 e Instituto del Asfalto en el tramo cruce del centro poblado el Castillo hasta el kilómetro 15+000 sector bajo canal, centro poblado Cascajal Santa Ancash. Para la metodología de esta investigación se utilizó la técnica de la observación, ya que mediante ella se pudo registrar la información en el transcurso de su proceso, utilizando como instrumentos protocolo de laboratorio, guías de observación, fichas técnicas y guía de recojo en campo. Como resultado los autores obtuvieron que al aplicar el método AASHTO 93 se obtuvo los siguientes espesores estructurales del pavimento: carpeta asfáltica de 2 pulgadas, base de 8 pulgadas y sub base de 10 pulgadas; mientras que, con el método del Instituto del Asfalto: carpeta asfáltica de 4 pulgadas, base de 12 pulgadas y sub base de 14 pulgadas. Al finalizar los autores concluyeron que realizar la comparación entre ambos métodos, resultó que el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93, es el más óptimo en comparación al método del Instituto del Asfalto. (Valentín Castro & Lunarejo Robles, 2019)

El aporte de esta investigación destaca en la metodología a seguir, pues la técnica de observación usando instrumentos como protocolo de laboratorio, fichas técnicas y guía de recojo en campo, se puede obtener resultados confiables y realizar un cuadro comparativo de tal forma que se pueda deducir un óptimo resultado.

Minchán Lezcano en su investigación nos presenta como su objetivo principal hacer un análisis comparativo de las metodologías AASHTO y PCA de un pavimento rígido, aplicado al pasaje San Mateo, barrio Mollepampa de la ciudad de Cajamarca. Para lograr su objetivo usó la técnica de observación, lo cual en primer lugar se realizó una calicata y recopilo muestras del suelo en campo obteniendo un valor del 13% de CBR, despues procedió hacer un levantamiento topográfico para después hacer el estudio de tráfico obteniendo los datos mediante formatos de registros. Como resultados en el diseño del pavimento rígido por los métodos AASHTO y PCA, consiguió un espesor de 19 cm y 23 cm respectivamente. Finalmente, el autor concluyó analizando estos dos métodos donde se determina que el espesor del pavimento según el método AASHTO es menor que el diseño por el método PCA; Menores costos de construcción de pavimentos. Sin embargo, el diseño PCA es aclamado como la mejor metodología, ya que el espesor de 23 cm es adecuado para análisis de fatiga y erosión, mientras que el espesor de 19 cm correspondiente al método AASHTO no sería adecuado para esos escaneos, a pesar de que la línea tiene un volumen bajo. Tráfico vehicular. ACP garantiza un análisis más preciso y conveniente del espesor de la lámina durante la vida útil del pavimento. (Minchán Lezcano, 2019)

El aporte de esta investigación nos menciona un tema importante lo cual es el estudio de suelo que se hace mediante ensayos para saber la característica de la subrasante con porcentaje del CBR, y de esta manera tomar en cuenta los espesores del diseño estructural del pavimento, así mismo en esta investigación nos aporta que no

necesariamente un buen diseño es aquel que tiene menor espesor en su estructura debido a que debe cumplir con ciertos parámetros que la norma establece, con la finalidad que el pavimento cumpla con el periodo de vida útil que se diseñó.

1.1.2. Definiciones conceptuales

1.1.2.1. Pavimento

El pavimento es una estructura multicapa construida sobre el subsuelo de la calzada para resistir y distribuir los esfuerzos que ejercen los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y confort en la circulación. Por lo general, incluye una capa de desgaste, una base y un revestimiento. (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015)

A. Carpeta de rodadura

Capa de rodadura: La parte superior de la superficie de la carretera, que puede ser de hormigón bituminoso (plástico) o cemento Portland (duro) o pavimento, con la función de soporte directo para el tráfico. (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015)

B. Base

Es la capa debajo de la laminación que soporta, distribuye y transmite las cargas provocadas por el tráfico. Esta capa será de material drenante granular (CBR > 80%) o tratada con asfalto, cal o cemento. (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015)

C. Subbase

Es una capa específica de material y de un espesor de diseño que proporciona soporte para la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y tamaño del (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015).

1.1.2.2. Subrasante del camino

El terreno de fundación es la superficie terminada de la carretera a nivel de excavación (corte y relleno), sobre la cual se construye la estructura de pavimento o calzada.

La subrasante es la ubicación directa de la estructura del pavimento y es parte del prisma de una carretera, construida entre la superficie o plano natural y la estructura del pavimento. (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015).

1.1.2.3. El pavimento flexible

Es una estructura formada por capas granulares (base, subcapa) y la capa de superficial formada por materiales bituminosos como ligantes, áridos y modificadores en su caso. Se considera principalmente como el proceso abrasivo del asfalto sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial de doble capa, pavimento microbiológico, asfalto de piedra triturada, asfalto frío y asfalto caliente. (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015)

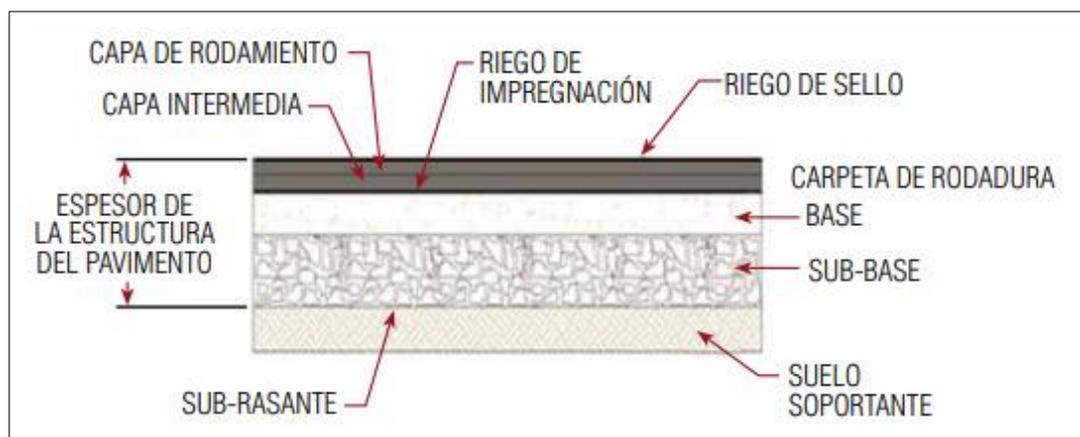


Figura 1: Estructura del pavimento flexible

Fuente: Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras

1.1.2.4. Estudio de suelos

A. Caracterización de subrasante

Para la averiguación de ciertas características del suelo se lleva a cabo la excavación de calicatas de 1.5 m de profundidad mínima donde estos pozos se ubicarán a lo largo y de manera alternada, dentro del rango que cubre el ancho de la calzada o a distancias aproximadamente iguales. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

Tabla 1 :
Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopista: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzada separadas, cada una con dos o más carriles.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 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.	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada uno con dos o más carriles.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 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: carreteras con IMDA ente 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con IMDA ente 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con IMDA ente 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de tránsito: carreteras con un IMD ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.5 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	° 1 calicatas x km	

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

B. Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo señala la clasificación de los tamaños que posee el agregado por medio del tamizado y tiene como objetivo la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, categorizados en su función de su tamaño. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

Tabla 2:
Clasificación de suelos según tamaño de partícula

Tipo de material		Tamaños de partícula
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 m - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 m - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

C. Clasificación de suelos

Establecidas las características de los suelos mediante el ensayo de granulometría, el índice de plasticidad son clasificados de acuerdo al método para construcción de vías, su clasificación se efectuará por el AASHTO y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

Tabla 3:
Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de suelos AASHTO M-145	Clasificación de suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, GV, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”
Sección: Suelos y Pavimentos.

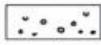
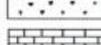
Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Figura 2: Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

D. CBR de suelos

El ensayo de CBR abarca el procedimiento para definir el índice de la capacidad de resistencia del suelo conocido como California Bearing Ratio (CBR). Este ensayo se realiza comúnmente en laboratorio en condiciones que se controla la humedad y densidad. El índice de CBR es utilizado para determinar la capacidad de soporte de suelos al 95% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 2.54 mm, de subrasante, capas de base, sub base, afirmado, etc (Crespo, 2004, como se citó en Yapachura, 2018).

Una vez definida el valor del CBR de diseño, se clasificará a que categoría se subrasante pertenece.

Tabla 4:
Categorías de subrasante

Categorías de subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR \geq 30%

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”
Sección: Suelos y Pavimentos.

1.1.2.5. Estudio de Tráfico

Surge la exigencia del reporte del estudio de tráfico realizado en campo desde dos puntos de enfoque: el diseño estructural del pavimento y la capacidad de los tramos viales, para conocer el flujo vehicular del tránsito. Para la estimación del estudio de tráfico dependerá de la demanda que influirá en la estructura del pavimento durante el periodo de vida útil. Además de ello el estudio de tráfico deberá proporcionar el índice medio diario anual (IMDA) para el tramo de estudio. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

A. Factor direccional y Factor Carril

Según El Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos-MTC nos dice que el factor dirección y carril concierne a la cantidad de circulación de vehículos pesados, pero por lo general corresponde al 50% del tráfico total en ambos sentidos. No obstante, en algunos casos se da la posibilidad que un sentido sea más importante que el otro, dependiendo al número de sentidos y carriles por vía, esto en concordancia con el factor de ponderación aplicado al IMD. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Tabla 5:
Factores de distribución y carril

Número de calzadas	Número de sentido	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fd)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzada con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

B. Tasa de crecimiento

A medida que pasa el tiempo el tránsito vehicular tiende a crecer y es por ello que para el diseño de la estructura del pavimento se debe considerar la tasa de crecimiento, la cual determina el aproximado crecimiento que tendrá en la zona de estudio. (Clis Vanegas, 2019).

La tasa de crecimiento anual del tránsito se determina en función al crecimiento socio-económicos, en donde se relaciona la tasa de crecimiento de vehículos livianos con la tasa de crecimiento poblacional y la tasa de crecimiento de vehículos pesados con la tasa de crecimiento anual del PBI (Producto Bruto Interno). Por lo general en la norma se indica que la tasa de crecimiento debe estar en el rango del 2% al 6%. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

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

Ecuación 1: Crecimiento de tránsito y proyección

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año n en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base 0) en veh/día.

n = Número de años del periodo de diseño.

r = tasa anual de crecimiento del tránsito.

A continuación, se indicarán las fórmulas para obtener el Factor de crecimiento acumulado (Fca) para el periodo de diseño. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

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

Ecuación 2: Factor de crecimiento acumulado

Donde:

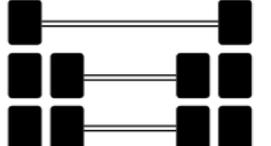
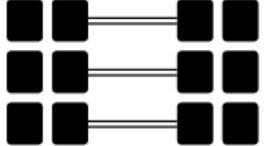
r : Tasa anual de crecimiento

n : Periodo de diseño

C. Número de ejes equivalentes

Los Ejes Equivalentes (E.E.) son elementos de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento. Así mismo el deterioro del pavimento es causado por la carga de los ejes simples de dos neumáticos que contiene una carga de 8.2 tn peso, con neumáticos a la presión de 80 lb/pulg². (Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública en Carreteras, 2015)

Tabla 6:
 Número de Ejes Equivalentes

Conjunto de Eje	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con rueda simple)	1RS	2	
EJE SIMPLE (Con rueda doble)	1RD	4	
EJE TANDEM (1 Eje rueda simple + 1 Eje rueda doble)	1RS + 1RD	6	
EJE TANDEM (2 Rueda doble)	2 RD	8	
EJE TRIDEM (1 Rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1RD + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes rueda doble)	3RD	12	

Fuente: Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras

Para el cálculo de los EE se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93 para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

Tabla 7:
Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes (E.E.) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE4.2tn)
Ejes Simples de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} =[P/6.6] ^{4.0}
Ejes Simples de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} =[P/8.2] ^{4.0}
Ejes Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} =[P/14.8] ^{4.0}
Ejes Tándem (2 ejes ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} =[P/15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} =[P/14.8] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} =[P/21.8] ^{3.9}

P = peso por eje en toneladas

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

D. Índice Medio Diaria Anual (IMDA)

Cantidad de vehículos que circulan durante un año (365 días) en una vía, o también el flujo vehicular que pasan por un tramo de vía en 24 horas en el día medio del año. Se denomina IMD al conocer el tráfico total de un país, zona, carretera o tramo. (Fundación Laboral de la Construcción, 2022).

1.1.2.6. Tipos de Diseño

A. Diseño de estructura de Pavimento Flexible según la metodología AASHTO-93

El método originalmente conocido como AASHTO 93, fue realizado en los Estados Unidos en la década de los 60, en donde se basó en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, según afirma (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014). Así mismo, el MCSGGO-MTC se indica que el fin del diseño el cálculo del Número Estructural requerido (SNr), en donde se identifican y determinan los espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subbase para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección:

Suelos y Pavimentos., 2014). A continuación, se presenta la fórmula básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible mediante AAHTO-93:

$$(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36(SN + 1) - 0.2 + \frac{\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32(M_R) - 8.07$$

Ecuación 3: Diseño de la estructura del pavimento flexible

Donde:

W18: “Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para un periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Módulo de Resiliencia (Mr): Es la medida de la rigidez del suelo, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide) (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Según la guía AASHTO 93 tenemos la siguientes formulas del Módulo Resiliente en correlación con el porcentaje del CBR

$$CBR < 7.2 \% \rightarrow Mr = 1500 \times CBR$$

Ecuación 4: Correlación de CBR menor del 7.2% con Módulo Resiliente

$$7.2\% CBR < 20 \% \rightarrow Mr = 3000 \times CBR^{0.65}$$

Ecuación 5: Correlación de CBR entre el 7.2% y 20% con Módulo Resiliente

$$\text{Ecuación 2} \quad CBR > 20 \% \rightarrow Mr = 4326 \times \ln CBR + 241$$

Ecuación 6: Correlación de CBR mayor del 20% con Módulo Resiliente

Confiabilidad (%R): Representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r): representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Desviación Estándar Combinada (S_o): Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45 (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI): Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Variación de Serviciabilidad (Δ PSI): Es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Numero Estructural Requerido (SNR): Representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014).

Irigoin nos dice que “SN es un indicador requerido para resistir las cargas vehiculares y espesores totales del pavimento” (Irigoin Quesquén, 2018) y según El Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos-MTC se le conoce como: “Número Estructural Requerido (SNR)” (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014). Se determina con la siguiente fórmula:

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots$$

Ecuación 7: Número Estructural SN

Donde:

- a_1, a_2, a_3 : son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.
- m_1, m_2, m_3 : son los coeficientes de drenaje.
- D_1, D_2, D_3 = son los espesores de capas, en pulgadas o cm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

Así mismo, El Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos-MTC afirma que la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay una variedad de combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de

servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación con el tránsito que debe soportar la calzada. (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos., 2014)

B. Diseño de estructura de Pavimento Flexible según la metodología INVIAS

Los procedimientos para el diseño estructural de pavimentos asfálticos presentados por el INVIAS (Instituto Nacional de Vías) son aplicables a carreteras y autopistas interurbanas de dos o más carriles y abarca todas las gamas probables de tránsito. Los diseños están basados en una combinación de métodos existentes, en la experiencia, la teoría de comportamiento estructural y los materiales disponibles (Mosquera Ibarra, 2014).

Período de análisis y período de diseño estructural

Según el manual de diseño de pavimentos asfálticos en las vías con medios y altos volúmenes de tránsito, nos indica que el periodo de diseño es adoptado por conveniencia para el cual se desea la construcción de la estructura de la vía. El periodo de diseño del pavimento se establece un tiempo de vida útil con un alto grado de confiabilidad el cual no requerirá ningún mantenimiento estructural.. (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998). Así mismo, para la selección de los periodos de análisis y diseño de diseño de presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8:
Categoría de la vía

	Categoría de la vía			
	I	II	III	Especial
Descripción	Autopistas interurbanas caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Transito promedio diario	>5000	1000 - 10000	<1000	<10000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (1998)

Por otro lado, el manual presenta la tabla de periodos estructural recomendado.

Tabla 9:
Periodo de diseño estructural.

Categoría de la vía	Periodo de diseño estructural (años)	
	Rango	Recomendado
I	10 - 30	20
II	10 - 20	15
III	10 - 20	10
Especial	7 - 20	10 - 15

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (1998)

Confiabilidad

Según López argumenta que: “Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones climáticas que tiene lugar en ese periodo de tiempo” (López Valencia, 2016).

Estimación de tránsito de diseño

Según el manual INVIAS, para la determinación del tránsito tiene como finalidad la contabilización del número de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (N), que transitan por el carril de diseño durante un periodo de tiempo, que por lo general se encuentra entre los 10 años y 20 años según la categoría de vía. (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998)

$$N' = 10^{0.57Z_r} * N$$

Ecuación 8: Estimación de tránsito mediante método INVIAS

Donde:

- N' = es el tránsito equivalente va corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.
- Z_r = el correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada
- Por otro lado, para el caso del 90% de confiabilidad el Z_r es igual a 1. 282 por lo tanto la expresión quedará:

$$N' = 1.159 * N$$

A continuación, se presenta que según el Manual INVIAS (1998), nos da a conocer una tabla donde se puede ubicar la designación de los rangos de tránsito de acuerdo a los rangos de tránsito acumulado por el carril de diseño (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998).

Tabla 10:
Rango de tránsito en ejes equivalentes

Designación de rango de tránsito	Rango de Tránsito en ejes equivalentes
T1	$500,000 < N \leq 1,000,000$
T2	$1,000,000 < N \leq 2,000,000$
T3	$2,000,000 < N \leq 4,000,000$
T4	$4,000,000 < N \leq 6,000,000$
T5	$6,000,000 < N \leq 10,000,000$
T6	$10,000,000 < N \leq 15,000,000$
T7	$15,000,000 < N \leq 20,000,000$
T8	$20,000,000 < N \leq 30,000,000$
T9	$30,000,000 < N \leq 40,000,000$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (1998)

Factores Climáticos y Ambientales

Según el manual de altos medios volúmenes de tránsito, se indica que el país de Colombia basándose en las precipitaciones y temperatura se ha distribuido en seis regiones climáticas con el objetivo de que el variado clima induzca de manera adecuada en el diseño del pavimento (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 1998). Asimismo, se presenta la tabla regiones climáticas según la temperatura y precipitación media anual:

Tabla 11:
Regiones climáticas

N°	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 – 20	< 2000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 - 4000
R5	Cálido húmedo	20 - 30	2000 - 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 – 30	> 4000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (1998)

La subrasante

El terreno de fundación está establecido como un suelo listo y compactado que soportar las capas de la estructura del pavimento. Así también, las características del suelo son usadas para la elección de los materiales, las especificaciones, control de calidad de su construcción. Así mismo, la calidad del material de la subrasante está en función al módulo de resiliencia, módulo de Poisson, y la capacidad de soporte del suelo que es el porcentaje del CBR. (López Valencia, 2016).

Módulo de resiliencia (Mr)

La realización del ensayo del módulo de resiliencia tiene como finalidad examinar las características de los materiales de como tiende a comportarse cuando están bajo a las cargas de los neumáticos del tránsito. Oportunamente hay hallazgos de factores que son usados para calcular el módulo de resiliencia (Mr) en correlación con el CBR.(López Valencia, 2016).

Por otro lado, Según el manual INVIAS, indica que para suelos con valores de CBR entre 12 y 80%, se recomienda la siguiente expresión del Laboratorio de Transporte e Investigaciones de Carreteras del Reino Unido (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 2015). Así mismo, para obtener el módulo resiliente aplicamos la siguiente formula:

$$Mr = 22.1 \times CBR^{0.55} \text{ (Mr en Mpa)}$$

Ecuación 9: Módulo de Resiliencia

Donde:

- Mr = Módulo resiliente, expresado en Mpa.
- CBR = Relación de soporte de California (CBR) del suelo de la subrasante, expresada en porcentaje.

Módulo Resiliente de Diseño de la Subrasante Afectado por el Factor Ambiental

En el manual INVIAS, podemos encontrar dos ecuaciones las cuales al aplicarse se obtiene dicho módulo resilientes de diseño y son las siguientes (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 2015):

$$M_{rD} = F_{amb} \times M_{r.opt}$$

Ecuación 10: Módulo Resiliente de diseño de subrasante afectado por factor ambiental

Donde:

- M_{rD} = Módulo resiliente de diseño de la subrasante afectado por el factor ambiental., expresado en Mpa.
- F_{amb} =Factor ambiental anual correspondiente.
- $M_{r. opt}$ = Módulo resiliente en condiciones óptimas inferidas.

$$M_{r.opt} = \frac{M_{r.inalterado\ del\ periodo}}{F_{amb\ del\ mes}}$$

Ecuación 11: Módulo resiliente óptimo en condiciones óptima inferidas

Donde:

- $M_{r, opt}$ = Módulo resiliente en condiciones óptimas inferido del CBR característico o módulo resiliente y las condiciones ambientales del sitio.
- M_r = Módulo resiliente obtenido a partir de condiciones inalteradas del mes escogido como de ejecución de las pruebas.
- $F_{amb\ del\ mes}$ = Factor ambiental calculado correspondiente al mes escogido como ejecución de las pruebas.

Módulo Resiliente de Diseño de la Subrasante Afectado por el Factor Ambiental

De acuerdo al manual INVIAS, da entender que, los resultados hallados del módulo resiliente repercutido por el clima, el terreno de fundación se debe clasificar en función a las categorías indicadas en la siguiente tabla. (INVIAS, Portal del Intituto Nacional de Vías, 2015):

Tabla 12:
Categoría de subrasante

Categoría de subrasante	Intervalo Módulo resiliente de diseño, M_{rD} (Mpa)
S1	$35 \leq M_{rD} < 40$
S2	$40 \leq M_{rD} < 45$
S3	$45 \leq M_{rD} < 55$
S4	$55 \leq M_{rD} < 70$
S5	$70 \leq M_{rD} < 85$
S6	$85 \leq M_{rD} < 100$
S7	$100 \leq M_{rD} < 125$
S8	$M_{rD} \geq 125$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (2015)

Cartas de diseño

Según el manual Invias, con base en la información de: condiciones climáticas, niveles de tránsito, condiciones de resistencia de los suelos de subrasante y características de los materiales definidos para cada una de las capas, se diseñaron las secciones estructurales para las diferentes combinaciones de las variables, indicándose para las alternativas de diseño, los materiales y espesores correspondientes, que garantizan un buen diseño estructural (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 2015). Dentro del manual se establecieron siete (7) cartas de diseño, donde cada carta contempla los aspectos que se resumen en la tabla:

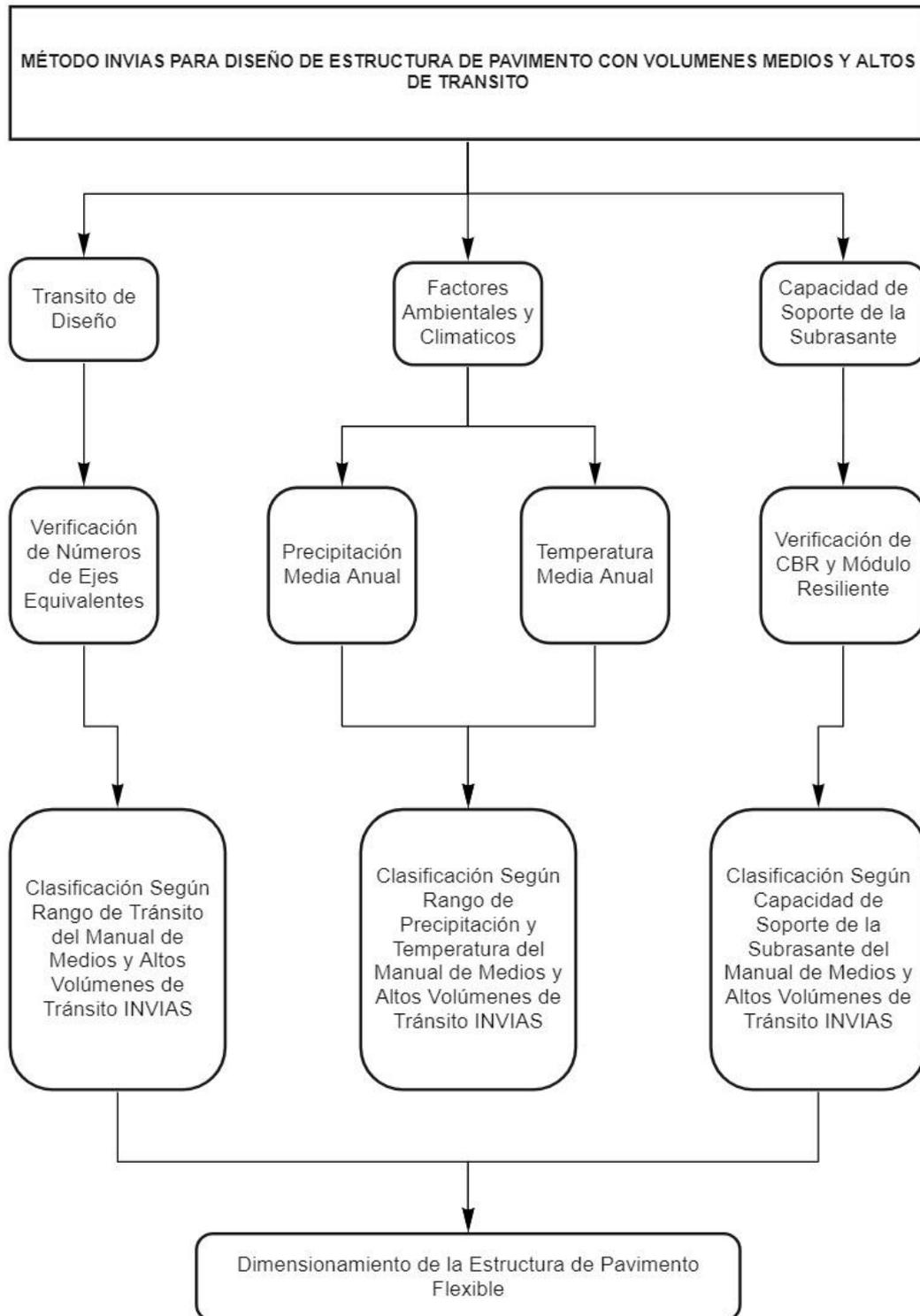
Tabla 13:
Resumen de las cartas de diseño

Carta N°	Rango de temperatura	Resistencia de subrasante	Rango de tránsito	Materiales Tabla 6.8
1	T1: 4 a 10 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
2	T2: 10 a 14 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
3	T3: 14 a 18 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
4	T4: 18 a 22 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
5	T5: 22 a 26 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
6	T6: 26 a 30 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables
7	T7: 30 a 36 °C	S1 a S8	T1 a T9	Variables

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, (2015)

Por su parte Medina afirma que, el método INVIAS se orienta con una variedad de cartas de diseño con el fin establecer los espesores de capas del diseño estructural del pavimento. Además para el cálculo de los módulos de capas se utiliza el método Racional. (Medina Sanchez, 2015).

Por otro lado, Salamanca & Zuluaga presentan un organizador visual del “Método INVIAS para diseño de estructuras de pavimento con volúmenes medios y altos de tránsito” (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014).



miro

Figura 3: Descripción del diseño del método INVIAS

Fuente: Salamanca y Zuluaga (2014, p. 30)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO - 93 e INVIAS en la vía principal Las Palmeras de Pacasmayo, La Libertad 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO-93 e INVIAS en la vía principal Las Palmeras de Pacasmayo, La Libertad 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1: Realizar un Estudio de Suelos con fines de pavimentación.

OE2: Realizar un Estudio de Tráfico.

OE3: Realizar el diseño del Pavimento Flexible mediante el método AASHTO93.

OE4: Realizar el diseño del Pavimento Flexible mediante el método INVIAS.

OE5: Comparar el óptimo diseño estructural del pavimento flexible mediante las metodologías AASHTO 93 e INVIAS

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El análisis comparativo de los métodos AASHTO 93 e INVIAS realizará el diseño óptimo de la estructura de pavimentos flexibles para la vía principal Las Palmeras de Pacasmayo, La Libertad 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental aplicada porque depende del empleo de los conocimientos existentes de la investigación básica para corroborar la investigación a realizarse. Según el diseño es tipo transversal descriptivo puesto que la presente tesis se realizó en un determinado tiempo.

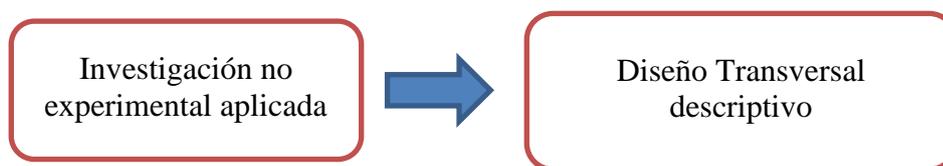


Figura 4: Tipo de investigación

Fuente: Propia

Tabla 14:
Esquema de investigación

Estudio	Tratamiento
M	O

Fuente: Propia

Donde:

- M: Muestra
- O: Observación

2.1.1. Población y muestra

2.1.1.1. Población

Todos los pavimentos flexibles de la provincia de Pacasmayo, La Libertad año 2021.

2.1.1.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilístico y por conveniencia, debido que la muestra en este caso no se obtendrá por medio de un criterio estadístico, sino por un juicio técnico y conveniente de parte de los investigadores, con el fin de tener una mayor facilidad y accesibilidad de obtención y registro de datos de campo. Siendo así que la muestra quedó definida como el pavimento flexible de la vía principal Las Palmeras de Pacasmayo (ver anexo 37).

Tipo de muestreo

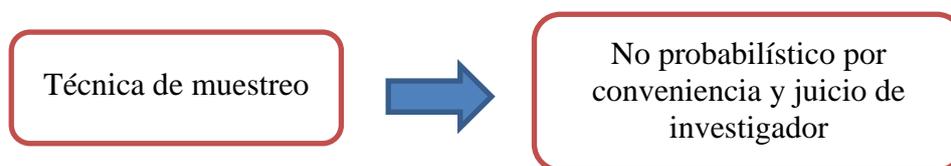


Figura 5: Tipo de muestreo

Fuente: Propia

Tabla 15:
Tamaño de muestra (ver anexo 37 y 38)

Elemento	Tipo de pavimento	Tipo carretera	Ancho	Longitud	Clase
Vía Principal Las Palmeras	Pavimento flexible	1 calzada con 2 carriles de dos sentidos	6 m	1.30 km	Carretera de segunda clase

Fuente: Propia

2.1.2. Operacionalización de las variables

Tabla 16:
Matriz de operacionalización de variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI. Vía principal las palmeras de Pacasmayo, La Libertad	Calles conformado de una red vial de una ciudad o centro poblado que no es integrante del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018).	Basandose en algunos datos sencillos como el CBR, y el número de ejes equivalentes se puede definir un criterio para establecer un modelo de estructura. (Vargas Angarita, 2018).	Estudio de suelos	Granulometría Proctor modificado CBR (%)
			Estudio de tráfico	Conteo Vehicular Factor camión ESAL
VD. Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO 93 e Invias 2021.	Para el análisis del cuál diseño es recomendable para el lugar de estudio está en función a sus parámetros de diseño que se consideran en cada metodología, puesto que a mayores parámetros de diseño se puede tener una mejor proyección del diseño a realizar, así como un diseño adaptado a la realidad del lugar de estudio, tanto en el tiempo de construcción, mantenimiento y de su vida útil. (Briceño Torres & Narcizo Burgos, 2019).	Se desarrolla la investigación e indagación de documentos, normas, con el objetivo de realizar y examinar los parámetros estandarizados por cada método de diseño, ya que los hallazgos encontrados se analizarán de acuerdo a la dimensión estructural del pavimento.. (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014).	Parámetros de diseño de método AASHTO 93	Periodo de diseño W18 Módulo resiliencia (Mr) Confiabilidad (%R) Desviación estándar normal (Zr) Desviación estándar combinada (So) Índice de servicibilidad inicial (Pi) Índice de servicibilidad final (Pf) Numero estructural (SN)
			Numero Estructural Propuesto (SNR)	Coefficientes estructural de capas Espesores (cm) Coefficientes de drenaje
			Estructura de pavimento	Carpeta Asfáltica (cm) Base (cm) Sub base (cm)

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VD. Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO 93 e INVIAS 2021.	Para el análisis del cuál diseño es recomendable para el lugar de estudio está en función a sus parámetros de diseño que se consideran en cada metodología, puesto que a mayores parámetros de diseño se puede tener una mejor proyección del diseño a realizar, así como un diseño adaptado a la realidad del lugar de estudio, tanto en el tiempo de construcción, mantenimiento y de su vida útil. (Briceño Torres & Narcizo Burgos, 2019).	Se desarrolla la investigación e indagación de documentos, normas, con el objetivo de realizar y examinar los parámetros estandarizados por cada método de diseño, ya que los hallazgos encontrados se analizarán de acuerdo a la dimensión estructural del pavimento.. (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014).	Parámetros del diseño del método INVIAS	Tránsito de diseño (E.E) Factores ambientales y climáticos (°C) Capacidad de soporte de la subrasante (Mr) Estructura de pavimento (Cartas de diseño)
			Análisis comparativo de Diseño Estructural	Carpeta Asfáltica MDC-19 (cm) Carpeta Asfáltica MDC-25 (cm) Base Granular (cm) Sub base granular (cm)

Fuente: Propia

2.2. Materiales, Instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación fueron los siguientes:

- Hojas y lapiceros para registro de obtención de datos.
- Dispositivos móviles con cámara fotográfica.
- Laptop portátil con acceso a internet para procesamiento de información.
- Herramientas manuales para excavación de calicatas (Pico, barreta y palana).
- Equipos de protección personal para excavación de calicatas y ensayos en laboratorio.
- Equipos de laboratorios para ensayos de granulometría, proctor y CBR.

2.2.2. Instrumentos y método de recolección de datos

2.2.2.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos será mediante la revisión documental y la observación a causa que la investigación es aplicativo y teórico. Para ello en la revisión documental se recolectará información de diversas normas tales como los manuales del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), cuales son el manual de suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos R.D N°10 – 2014, manual de especificaciones técnicas para construcción EG-2013, norma AASHTO 93 y manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito

(INVIAS), así mismo la revisión documental de tesis y artículos relacionados a los temas de comparación de metodología de AASHTO 93 e INVIAS. Respecto a la observación, se recolectará a través de los trabajos de campo como el estudio de suelos donde se hará ensayos de granulometría, CBR, y estudio de tráfico, con el fin de realizar el análisis comparativo de las metodologías AASHTO 93 e INVIAS en el diseño estructural de pavimentos flexibles.

2.2.2.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron las fichas de resumen, los cuadros de registro de información, matriz descriptiva y las plantillas de datos. Así mismo, los formatos de conteo vehicular, registro de datos de ensayos. Por intermedio de estos instrumentos se procesó la información obtenida de la revisión documental de normas, trabajos de investigación, fichas técnicas y para la técnica de observación los trabajos de campo como el estudio de diseño de tráfico, ensayos de CBR.

Tabla 17:
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLE	RECOLECCIÓN DE DATOS	
	Técnica	Instrumento
Dependiente: Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO 93 e Invias 2021.	Revisión Documental	Fichas de resumen. (anexo N°04 - 23)
		Cuadros de registro.(anexo N°01)
		Matriz descriptiva. (anexo N°02)
		Plantillas de datos. (anexo N°03)
Independiente: Subrasante en la vía principal las palmeras de Pacasmayo, La Libertad	Observación	Formatos de conteo vehicular (anexo N°24).
		Formato de registro de datos de ensayos (anexo N°25)

Fuente: Propia

2.2.3. Instrumentos y método de análisis de datos

2.2.3.1. Métodos e instrumentos

Para el análisis de datos de la presente tesis se utilizó la estadística descriptiva cuyo instrumento se empleó el software Microsoft Excel, puesto que en esta herramienta nos facilitó analizar los datos estadísticamente con la organización de tablas y gráficos. Así mismo se empleó el programa (software) de la ecuación AASHTO para obtener el numero estructural (SN). Para ello se relacionó la variable con las diferentes características obtenidas en el estudio.

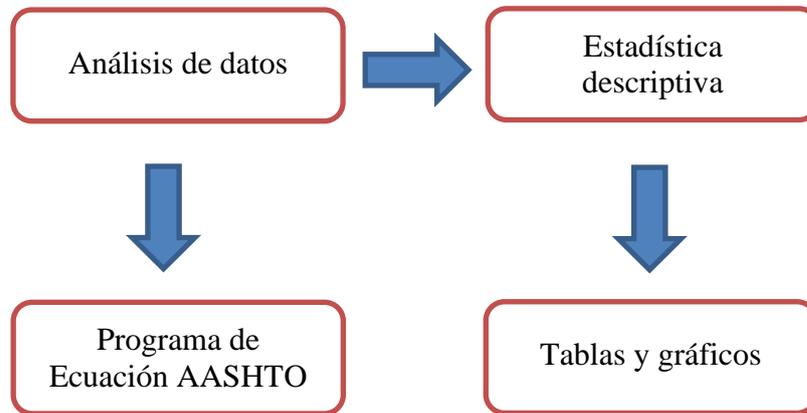
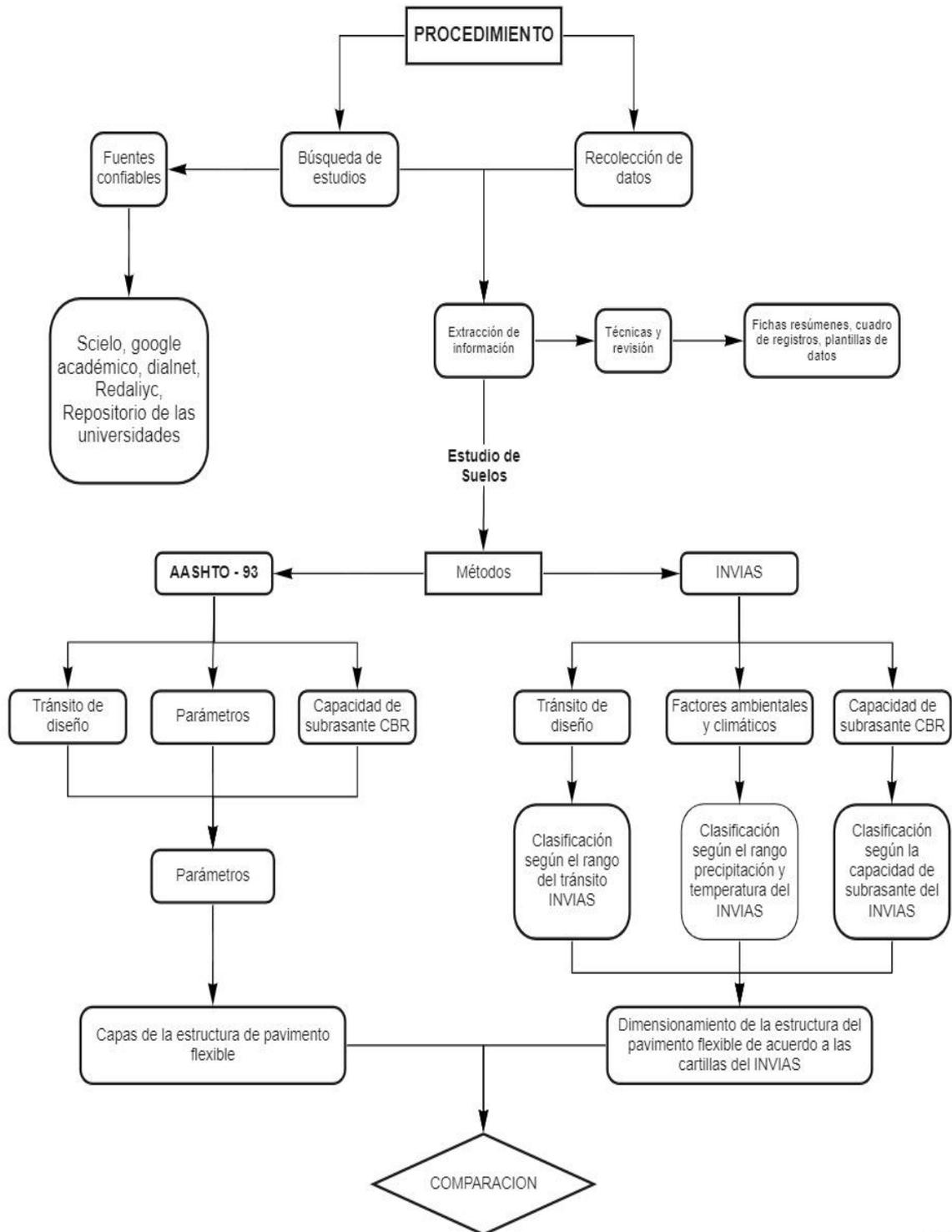


Figura 6: Instrumentos y análisis de datos

Fuente: Propia

2.3.Procedimiento



miro

Figura 7: Cuadro sinóptico del procedimiento de la presente tesis

Fuente: Propia

2.3.1. Descripción de procedimientos

Para la recolección de datos que se emplearon en la investigación se siguió el procedimiento mostrado en el esquema anterior. En primer lugar, se realizó una revisión documental de la información existente sobre la comparación de métodos aplicados en el diseño estructural de pavimento flexible, a nivel mundial existente en libros, tesis e informes científicos. Para esta actividad se usaron las fichas de resumen, cuadros estadísticos., matriz descriptiva, plantilla de datos. Después de ello se realizó el estudio de suelos con la excavación de calicatas y la realización de ensayos como el de granulometría, proctor y CBR, además de ello se hizo el estudio de tráfico con el registro del conteo vehicular para luego de obtención de datos procesarlos en gabinete. Posteriormente se revisó las metodologías para el diseño estructural de pavimentos flexibles como es el método AASHTO 93 y el método INVIAS mediante guías, normas y manuales que están ya estandarizados por dichos métodos, esto con la finalidad de identificar sus parámetros, teoría, y el procedimiento que se sigue para el diseño estructural del pavimento flexible.

Finalmente, con la información obtenida anteriormente se elaboró el análisis comparativo de los resultados necesarios para determinar el mejor diseño estructural del pavimento flexible.

2.3.2. Desarrollo de tesis

Estudio de suelos

Para el desarrollo de la tesis en primer lugar se hizo el estudio de suelos que consistió en realizar la excavación de calicatas en la subrasante de la vía principal de Pacasmayo Las Palmeras con la finalidad de extraer el material y ser analizadas en el laboratorio de suelos y de esta manera obtener las características físico – mecánicas del material de la subrasante. Para nuestro caso, la muestra de estudio es de una extensión de 1.30

km y siendo una carretera de segunda clase. Por tanto, el número de calicatas se eligió de acuerdo a la tabla 1 de la presente tesis.

Con información del manual, en la investigación se realizó la excavación de 3 calicatas y su perfil estratigráfico. Por otra parte, en el mismo manual de carreteras suelos geología, geotécnica y pavimentos nos indica que el número de ensayos para Mr (módulo de resiliencia) y CBR por cada 1.5 km se debe realizar un ensayo de CBR. Para la presente investigación se realizó un ensayo de CBR por calicata, tomando como dato el porcentaje de CBR más desfavorable. Posteriormente a ello en el laboratorio se realizó los ensayos correspondientes como: análisis granulométrico por tamizado, humedad natural, clasificación de suelos, Proctor Modificado y CBR.

Estudio de Tráfico

En segundo lugar, se hizo el estudio de tráfico en la vía principal Las Palmeras del asentamiento humano Las Palmeras, dando inicio del tramo en el desvío de la carretera evitamiento panamericana km 682, y como fin del tramo de estudio en el desvío de la carretera Jequetepeque. Para la presente tesis de investigación se hizo el conteo vehicular durante 7 días empezando el día lunes hasta el día domingo de 7:00 am hasta las 21:00 pm. (ver anexo N°24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30). De tal manera que al procesar los datos recolectados en campo se siguió el siguiente procedimiento:

a) Índice medio diario semanal (IMDS)

En este apartado consistió en promediar la cantidad total de vehículos que pasaban diariamente en los 7 días de la semana.

$$IMDS = \sum \frac{V_i}{7}; (\text{promedio de los 7 días})$$

Ecuación 12: Índice Medio Diario Semanal

Donde:

V_i = Volumen vehicular diario

Para esta investigación el IMDS fue de 1822 veh/diario

b) Índice medio diario anual (IDMA)

En este paso se determinó el IDMA producto de la cantidad de vehículos diarios por la cantidad de días del año para cada tipo de vehículo. (Ver tabla 50 de resultados)

c) Factor carril y factor dirección

Los datos de estos factores se obtuvieron de la tabla 5, siendo el tipo de carretera de una calzada con 2 sentidos, obteniendo como factor carril de 1 y factor dirección de 0.5.

d) Factor camión

Para el F.C se tuvieron en cuenta los pesos máximos de ejes de cada tipo de vehículos, que lo indica el reglamento nacional de vehículos, ya que con ello se obtiene los ejes equivalentes (ver tabla 6) y de acuerdo a la cantidad de ejes por vehículos, se hizo la sumatoria de sus ejes para obtener el factor camión. (Ver tabla 49)

e) Tasa de crecimiento

Para la tasa de crecimiento se obtuvo a partir del historial del PBI (Producto Bruto Interno) del país y de la tasa de crecimiento poblacional del departamento de la Libertad brindados por el INEI (Instituto Nacional de Estadística Informática). En donde se relacionó la tasa de crecimiento del PBI con los vehículos pesados y la tasa de crecimiento poblacional con los vehículos livianos, por ende, se promedió ambas tasas de crecimiento tanto del PBI y del crecimiento poblacional como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 18:
Tasa de crecimiento promedio

PBI - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD			CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO
Años	2015	2020	2015-2020
Valores de precios corrientes (miles de soles)	27260397	32943843	3.86%
POBLACIÓN CENSADA - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD			CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO
Años	2007	2017	2007-2017
Población censada	1617050	1778080	0.95%
Para vehículos Pesados y livianos	PROMEDIO		2.41%

Fuente: Propia

Diseño de pavimento flexible con Método AASHTO 93

En lo que respecta del método se ha tomado información proveniente de norma AASHTO 93 que detalla el procedimiento y parámetros del diseño para el dimensionamiento de la estructura del pavimento. Para ello se basa en el porcentaje del CBR y la sumatoria de los ejes equivalentes realizadas por un estudio de tráfico, todo esto con la intención hallar el número estructural de diseño.

Parámetros de diseño

A. Tipo de tráfico.

Es el número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño, para nuestra tesis de investigación el tipo de tráfico es Tp5, ya que ESAL que se encontró se encuentra en los parámetros de 1'000,00 EE y 1'500,000 EE que han sido obtenidos de la tabla 18 de la presente investigación.

Tabla 19:
Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, en el carril de diseño

Tipo de tráfico pesado expresado en E.E	Rango de tráfico pesado expresado en E.E
TP0	> 75,000 EE y \leq 150,000 EE
TP1	>150,000 EE y \leq 300,000 EE
TP2	> 300,000 EE y \leq 500,000 EE
TP3	>500,000 EE y \leq 750,000 EE
TP4	> 750,000 EE y \leq 1'000,000 EE
TP5	>1'000,000 EE y \leq 1'500,000 EE
TP6	> 1'500,000 EE y \leq 3'000,000 EE
TP7	>3'000,000 EE y \leq 5'000,000 EE
TP8	> 5'000,000 EE y \leq 7'500,000 EE
TP9	>7'500,000 EE y \leq 10'000,000 EE
TP10	> 10'000,000 EE y \leq 12'500,000 EE
TP11	>12'500,000 EE y \leq 15'000,000 EE
TP12	> 15'000,000 EE y \leq 20'000,000 EE
TP13	>20'000,000 EE y \leq 25'000,000 EE
TP14	> 25'000,000 EE y \leq 30'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

B. Periodo de diseño.

El periodo de diseño se puede ajustar según las condiciones específicas del proyecto o lo requerido por la entidad. Para la presente investigación se hará con un periodo de 20 años.

C. Módulo de resiliencia (MR).

Para el módulo de resiliencia se utilizó la ecuación de correlación entre los valores del CBR y el Mr para obtener el valor requerido en PSI en el diseño de pavimentos flexibles según guía AASHTO 93.

Para la tesis de investigación se utilizó el CBR más desfavorable de las tres calicatas a una densidad máxima seca del 100% ya que el material de la base granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 20:

Referido al porcentaje de la Máxima Densidad Seca con una penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm) según el tipo de tráfico

Valor Relativo de Soporte, CBR	Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Mín. 80%
	tráfico en ejes equivalentes ($\leq 10^6$)	Mín. 100%

Fuente: Manual del MTC EG-2013 – cuadro 403-02

Para la presente tesis el CBR de diseño fue del 54% y por ello se utilizó la siguiente formula

$$Mr = 4326 \times \ln CBR + 241$$

$$Mr = 17807.4765 \text{ PSI}$$

D. Confiabilidad (%R), Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr), Índice de serviciabilidad presente.

Para el diseño el porcentaje de confiabilidad %R, desviación estándar normal (Zr) y índice de serviciabilidad inicial y final se obtuvieron de acuerdo al tipo de tráfico, en nuestra investigación el tipo de tráfico es TP5.

Tabla 21:

Parámetros de confiabilidad, desviación estándar e índice de serviciabilidad presente

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	75,000	150,000	65%	-0.385	3.8	2
	Tp1	150,000	300,000	70%	0.524	3.8	2
	Tp2	300,001	500,000	75%	-0.674	3.8	2
	Tp3	500,001	750,000	80%	-0.842	3.8	2
	Tp4	750,001	1,000,000	80%	-0.842	3.8	2
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036	4	2.5
Resto de Caminos	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036	4	2.5
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036	4	2.5
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp9	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp10	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp11	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282	4	2.5
	Tp12	15'000,001	20'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp13	20'000,001	25'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp14	25'000,001	30'000,000	95%	-1.645	4.2	3
	Tp15	>30'000,000		95%	-1.645	4.2	3

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos.

E. Desviación estándar combinada (So).

La guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores comprendidos entre 0.40 y 0.50. El manual recomienda el valor de 0.45 para carreteras nuevas y 0.50 para carreteras en mejoramiento y reparación. Para el trabajo se considerará un valor de 0.45 ya que el diseño de realizará para carretera nueva.

F. Número estructural propuesto (SN).

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el numero estructural, que representa el espesor total del pavimento y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirá, esta conversión de obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Donde:

- a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

Tabla 22:

Coeficientes estructurales de capas de las capas de pavimento

Comportamiento del pavimento	Coeficiente	Valor Coeficiente Estructural ai (cm)	Observación
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 Mpa (430,00 PSI) a 20 °C (68 °F)	a1	0.170/cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión	a1	0.125/cm	Capa superficial recomendada para tráficos ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a1	0.130/cm	Capa superficial recomendada para tráficos ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial bicapa	a1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 500,000 EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

Lechada asfáltica (Slurry seal) de 12mm	a1	(*)	Capa superficial recomendada para tráficos de $\leq 500,000$ EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
---	----	-----	--

(*) no se considera por no tener aporte estructural.

BASE

Base granular CBR 80%, compactada al 100% de las MDS	a2	0.052/cm	Capa de base recomendada para tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base granular CBR 100%, compactada al 100% de las MDS	a2	0.054/cm	Capa de base recomendada para tráfico $> 10'000,000$ EE
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a2	0.115/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.
Base granular tratada con cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35kg/cm ²)	a2	0.070/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.
Base granular tratada con cal (resistencia a la compresión 7 días = 12kg/cm ²)	a2	0.080/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico.

SUBBASE

Subbase granular CBR 40%, compactada al 100% de las MDS	a3	0.047/cm	Capa de subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de tráfico.
---	----	----------	--

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

Se obtuvo los valores de coeficientes estructurales de siendo a1 de 0.017 cm, a2 de 0.052 cm y a3 de 0.047 cm.

- d1, d2, d3: Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

Para los espesores mínimos se tomaron como referencia de la siguiente tabla

Tabla 23:
Espesores mínimos en pulgadas, en función a ejes equivalentes

Tránsito (ESAL) En ejes equivalentes	Carpeta Asfáltica	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 ó T.S	4,0
50,001 - 150,000	2,0	4,1
150,001 - 500,000	2,5	4,2
500,001 - 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 - 7'000,000	3,5	6,1
Mayor de 7'000,000	4,0	6,2

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

- m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas: superficial, base y sub base

La calidad de drenaje en la vía principal de Las Palmeras Pacasmayo es excelente, ya que la precipitación anual de Pacasmayo es de 122 mm anuales con clima cálido seco y semihúmedo. Para nuestro diseño la calidad de drenaje es excelente y para la definición de la estructura del pavimento los coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base serán $m_2 = 1.4$ y $m_3 = 1.35$

Tabla 24:
Coeficientes de drenaje en relación con Calidad de drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACION			
		MEJOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MEJOR QUE 25%
Excelente	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	El agua no evacua	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

En tanto al valor del SN (Número estructural) se obtuvo mediante la utilización del programa de la ecuación AASHTO 93. Luego de ello se pasó a calcular los espesores de capas de la estructura del pavimento mediante el método del tanteo ya que el SN no solo tiene una única solución.

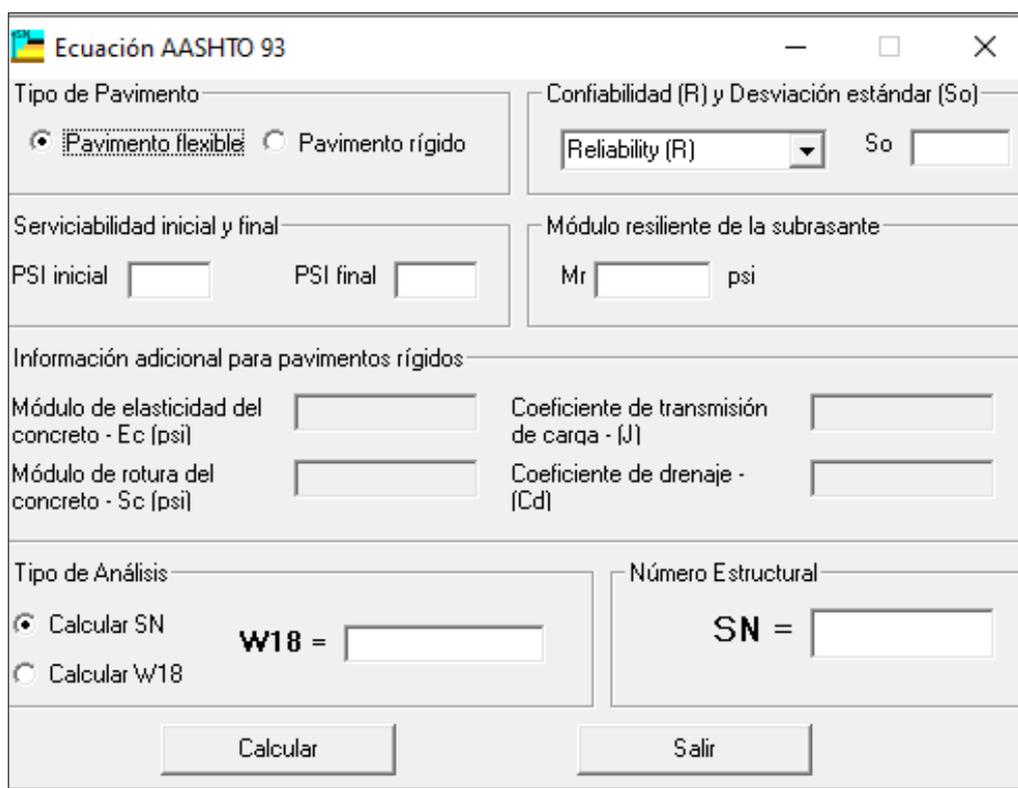


Figura 8: Ecuación AASHTO 93 para cálculo de SN mediante parámetros del AASHTO

Diseño de pavimento flexible con el método INVIAS

El método de diseño determinado en el “Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Carreteras de Medio y Alto volúmenes de Tránsito” del Instituto Nacional de Vías, incluye principalmente la determinación del volumen de tráfico, los factores ambientales (temperatura y precipitación) y la capacidad de soporte durante el período de diseño. Con base en estas variables, cada parámetro se agrupa en una categoría y la estructura del pavimento se determina a partir de las tablas de diseño del manual.

A. Periodo de Diseño

De acuerdo con el tránsito promedio diario en la metodología de diseño, se puede establecer las categorías de la vía, en la siguiente tabla. Es así, que al contar con un tránsito promedio diario el cual es 1822 veh/día.

Tabla 25:
Categorías de vías según tránsito promedio diario

Descripción	Categoría de la vía			
	I	II	III	Especial
Autopistas interurbanas caminos interurbanos principales		Colectoras interurbanas caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Transito promedio diario	>5000	1000 - 10000	<1000	<10000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1993

Después haber ubicado nuestros valores en dichas tablas expuestas anteriormente se deduce la categoría de la vía es II. Para la presente tesis se utilizó un periodo de diseño de 20 años.

Tabla 26:
Categorías de vías según periodo de diseño estructural

Categoría de la vía	Periodo de diseño estructural (años)	
	Rango	Recomendado
I	10 - 30	20
II	10 - 20	15
III	10 - 20	10
Especial	7 - 20	10 - 15

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1998

B. Estimación del tránsito de diseño

El número de ejes equivalentes para el período de diseño en el tramo en la vía Las Palmeras – Pacasmayo – La Libertad es de 1,481,342.02 EE los cuales se deben corregir para garantizar una confiabilidad del 90% empleando la siguiente ecuación:

$$N' = 1.159 * N$$

$$N' = 1'716,875.41 \text{ EE}$$

Al aplicar la ecuación anterior se obtuvo el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas es de 1'716,875.41 EE. Así mismo, los valores obtenidos se ubican en la siguiente tabla y se puede determinar el rango de tránsito. Finalmente, de acuerdo al rango de tránsito en ejes equivalentes del diseño estructural se obtiene una designación de rango de tránsito T2.

Tabla 27:
Categorías de vías según periodo de diseño estructural

Designación de rango de tránsito	Rango de Tránsito en ejes equivalentes
T1	$500,000 < N \leq 1,000,000$
T2	$1,000,000 < N \leq 2,000,000$
T3	$2,000,000 < N \leq 4,000,000$
T4	$4,000,000 < N \leq 6,000,000$
T5	$6,000,000 < N \leq 10,000,000$
T6	$10,000,000 < N \leq 15,000,000$
T7	$15,000,000 < N \leq 20,000,000$
T8	$20,000,000 < N \leq 30,000,000$
T9	$30,000,000 < N \leq 40,000,000$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1993

C. Factores ambientales y climáticos

En el manual de diseño de pavimentos asfálticos de medios y altos volúmenes de tránsito INVIAS; se divide en seis regiones climáticas tomando en cuenta la temperatura y precipitación anual.

Tabla 28:
Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación

N°	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 - 20	< 2000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20 - 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 - 20	2000 - 4000
R5	Cálido húmedo	20 - 30	2000 - 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 - 30	> 4000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1993

La ubicación de la vía Las Palmeras se tiene una precipitación anual 122 mm/año y una temperatura anual de 20.02 °C los cuales fueron obtenidos de CLIMATE-DATA.ORG. De acuerdo a la tabla expuesta anterior y los factores climáticos se determina que se encuentra en una región Cálido seco y cálido semihúmedo, R3.

D. Sectorización y Caracterización de diseño de la subrasante

Según sectorización explicada más adelante en la misma figura clasificación de materiales de soporte equivalentes para cada sección homogénea. De acuerdo al alcance especificado en el manual INVIAS.

Tabla 29:
Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación

Categoría	Intervalo de Módulo Resiliente (kg/cm ²)	Intervalo de CBR (%)
S1	300 - 500	3 ≤ CBR < 5
S2	500 - 700	5 ≤ CBR < 7
S3	700 - 1000	7 ≤ CBR < 10
S4	1000 - 1500	10 ≤ CBR < 15
S5	> 1500	CBR ≥ 15

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1993

E. Módulo Resiliente

Para el valor del módulo resiliente según el manual INVIAS indica que para suelos con valores de CBR entre 12 y 80%, se recomienda la siguiente expresión, siendo el CBR de diseño del 58%

$$M_r = 22.1 \times CBR^{0.55} \quad (Mr \text{ en } Mpa)$$

$$M_r = 22.1 \times 58^{0.55} = 206.19 \text{ Mpa}$$

F. Módulo Resiliente de Diseño de la Subrasante Afectado por el Factor Ambiental

Para este valor en el manual INVIAS se encontró dos ecuaciones las cuales se aplicaron mediante los siguientes criterios, el factor ambiental correspondió al mes escogido como ejecución de las pruebas el cual fue día séptimo del mes de noviembre del 2021 donde se realizó las calicatas en el lugar de estudio y la temperatura fue de 28°C se obtiene dicho módulo resilientes de diseño y son las siguientes:

$$M_{r.opt} = \frac{M_{r.inalterado\ del\ periodo}}{F_{amb\ del\ mes}}$$

$$M_{r.opt} = \frac{206.19\ Mpa}{28\ ^\circ C} = 7.36\ Mpa/^\circ C$$

$$M_{rD} = F_{amb} \times M_{r.opt}$$

El factor del mes para el MrD de diseño se obtuvo con el mes actual el cual se efectúa para el cálculo.

$$M_{rD} = 28\ ^\circ C \times 7.36\ Mpa/^\circ C$$

$$M_{rD} = 20.02^\circ C \times 7.36\ Mpa/^\circ C$$

Así mismo se ubicaron los valores obtenidos en la siguiente tabla de Módulo Resilientes de Diseño y observamos que se encuentra en la categoría S8.

Tabla 30:
Factores ambientales y climáticos según temperatura y precipitación

Categoría de subrasante	Intervalo Módulo resiliente de diseño, MrD (Mpa)
S1	35 ≤ MrD < 40
S2	40 ≤ MrD < 45
S3	45 ≤ MrD < 55
S4	55 ≤ MrD < 70
S5	70 ≤ MrD < 85
S6	85 ≤ MrD < 100
S7	100 ≤ MrD < 125
S8	MrD ≥ 125

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfáltico en vías con medios y altos volúmenes de tránsito – 1993

Para la determinación de la estructura del pavimento se ubicó en las cartas de diseño. Para el presente estudio se determinó la carta N° 4 del Manual INVIAS de acuerdo al tipo de tráfico, categoría de subrasante y los factores ambientales y climáticos.

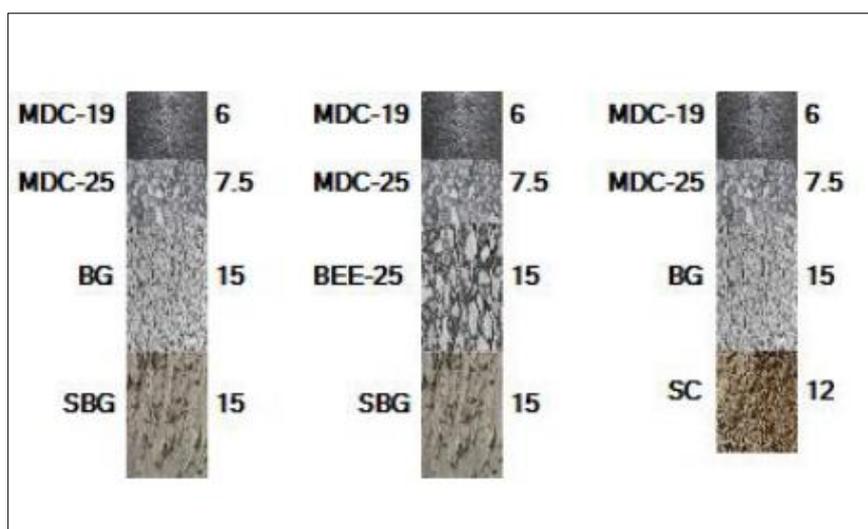


Figura 9: Espesores de capas de la estructura del pavimento flexible según la carta N° 4 del manual INVIAS

Fuente: Manual de diseño de vías asfálticas con vías de medio y alto volumen de tránsito -2015

2.4. Aspectos Éticos

La investigación se realizó basándose en las normas de cada metodología, en la revisión de manuales estandarizados dados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Así como el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Así mismo respetando los lineamientos del reglamento de la Universidad Privada del Norte, en el procedimiento para la elaboración de la investigación. Además, en lo que respecta a la información colocada en el presente estudio se tuvo en cuenta las normas APA, en tanto las referencias y citas respetando las ideas de los autores de los estudios recolectados. Por otro lado, en cuanto a los ensayos de suelos se realizaron en el laboratorio Geotécnico CECAPED suelos S.A.C debidamente certificado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Estudio de suelos

Tabla 31:
Ensayo de Granulometría – calicata 01

CLASIFICACIÓN DE SUELOS - ENSAYO DE GRANULOMETRIA										
		Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)		
Malla	Abert. (mm)	Serie								
PESO INICIAL:	8889.0 g.	3"	76,200	32854	2330	26.2	26.2	73.8		
		2"	50,800	33708	2400	27.0	53.2	46.8		
		1 1/2"	38,100	42260	380	4.3	57.5	42.5		
SUCS:	GP-GM	1"	25,400	42774	1030	11.6	69.1	30.9		
AASHTO:	A-1-a(0)	3/4"	19,050	46118	460	5.2	74.2	25.8		
		3/8"	9,500	42967	750	8.4	82.7	17.3		
%W	2.12	%Grava:	85.6	N° 4	4,750	34993	260	2.9	85.6	14.4
L.L	N.P	%Arena:	9.1	N° 10	2,000	45806	190	2.1	87.7	12.3
I.P	N.P	%Finos:	5.3	N° 20	0,840	45149	130	1.5	89.2	10.8
				N° 40	0,420	43661	170	1.9	91.1	8.9
D10:	0.67	Cu:	92.89	N° 80	0,180	34874	250	2.8	93.9	6.1
D30:	24.13	Cc:	14.09	N° 100	0,150	34875	44.8	0.5	94.4	5.6
D60:	61.95			N° 200	0,075	44659	22.4	0.3	94.7	5.3
				< N° 200			471.8	5.3	100.0	0.0

En esta tabla presenta los valores obtenido en el ensayo de granulometría para la clasificación de suelos de la muestra de la calicate 01 por la norma AASHTO M-145 Y SUCS ASTM-D-2487

Fuente: Propia

Tabla 32:
Contenido de Humedad – calicata 01

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		
Muestra	M-01	
Recipiente	1	2
Peso recipiente:	195.6	192.5
Peso recipiente + Muestra Húmeda:	880.6	804.8
Peso recipiente + Muestra seca	866.9	791.6
Peso agua:	13.7	13.2
Peso seco:	671.3	599.1
W%:	2.04	2.2
W promedio%:	2.12	

Se presenta los valores obtenidos mediante el ensayo de granulometria para obtención del porcentaje del contenido de humedad de la muestra de la calicata 01.

Fuente: Propia

Tabla 33:
 Ensayo de Granulometría – calicata 02

CLASIFICACIÓN DE SUELOS - ENSAYO DE GRANULOMETRIA										
				Tamiz		Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	
		Malla	Abert. (mm)	Serie						
PESO INICIAL:	7900.2 g.			3"	76,200	32854	1150	14.6	14.6	85.4
				2"	50,800	33708	1880	23.8	38.4	61.6
				1 1/2"	38,100	42260	1120	14.2	52.5	47.5
SUCS:	GP-GM			1"	25,400	42774	1530	19.4	71.9	28.1
AASHTO:	A-1-a(0)			3/4"	19,050	46118	510	6.5	78.4	21.6
				3/8"	9,500	42967	420	5.3	83.7	16.3
%W	2.3	%Grava:	86.1	N° 4	4,750	34993	190	2.4	86.1	13.9
L.L	N.P	%Arena:	9.6	N° 10	2,000	45806	160	2.0	88.1	11.9
I.P	N.P	%Finos:	4.3	N° 20	0,840	45149	150	1.9	90.0	10.0
				N° 40	0,420	43661	310	3.9	93.9	6.1
D10:	0.84	Cu:	58.49	N° 80	0,180	34874	80	1.0	94.9	5.1
D30:	26.43	Cc:	16.93	N° 100	0,150	34875	28	0.4	95.3	4.7
D60:	49.13			N° 200	0,075	44659	29	0.4	95.7	4.3
				< N° 200			343.1	4.3	100.0	0.0

En esta tabla presenta los valores obtenido en el ensayo de granulometría para la clasificación de suelos de la muestra de la calicate 02 por la norma AASHTO M-145 Y SUCS ASTM-D-2487

Fuente: Propia

 Tabla 34:
 Contenido de Humedad – calicata 02

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		
Muestra	M-01	
	1	2
Recipiente		
Peso recipiente:	132.6	143.9
Peso recipiente + Muestra Húmeda:	758.6	760.2
Peso recipiente + Muestra seca	745.2	745.7
Peso agua:	13.4	14.5
Peso seco:	612.6	601.8
W%:	2.19	2.41
W promedio%:	2.12	

Se presenta los valores obtenidos mediante el ensayo de granulometria para obtención del porcentaje del contenido de humedad de la muestra de la calicata 02.

Fuente: Propia

Tabla 35:
 Ensayo de Granulometría – calicata 03

CLASIFICACIÓN DE SUELOS - ENSAYO DE GRANULOMETRIA										
			Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	
			Malla	Abert. (mm)	Serie					
PESO INICIAL:	8656.1 g.		3"	76,200	32854	1275	14.7	14.7	85.3	
			2"	50,800	33708	2063	23.8	38.6	61.4	
			1 1/2"	38,100	42260	1225	14.2	52.7	47.3	
SUCS:	GP-GM		1"	25,400	42774	1650	19.1	71.8	28.2	
AASHTO:	A-1-a(0)		3/4"	19,050	46118	550	6.4	78.1	21.9	
			3/8"	9,500	42967	465	5.4	83.5	16.5	
%W	2.75	%Grava:	85.8	N° 4	4,750	34993	201	2.3	85.8	14.2
L.L	N.P	%Arena:	9.7	N° 10	2,000	45806	175	2.0	87.8	12.2
LP	N.P	%Finos:	4.4	N° 20	0,840	45149	175	2.0	89.9	10.1
				N° 40	0,420	43661	342	4.0	93.8	6.2
D10:	0.83	Cu:	59.74	N° 80	0,180	34874	90	1.0	94.9	5.1
D30:	26.38	Cc:	17.08	N° 100	0,150	34875	28.1	0.3	95.2	4.8
D60:	49.34			N° 200	0,075	44659	32	0.4	95.6	4.4
				< N° 200			385	4.4	100.0	0.0

En esta tabla presenta los valores obtenido en el ensayo de granulometría para la clasificación de suelos de la muestra de la calicate 03 por la norma AASHTO M-145 Y SUCS ASTM-D-2487

Fuente: Propia

 Tabla 36:
 Contenido de Humedad – calicata 03

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		
Muestra	M-01	
Recipiente	1	2
Peso recipiente:	124.3	136.5
Peso recipiente + Muestra Húmeda:	532.6	524.1
Peso recipiente + Muestra seca	521.3	514.1
Peso agua:	11.3	10
Peso seco:	397	377.6
W%:	2.85	2.65
W promedio%:	2.75	

Se presenta los valores obtenidos mediante el ensayo de granulometría para obtención del porcentaje del contenido de humedad de la muestra de la calicata 03.

Fuente: Propia

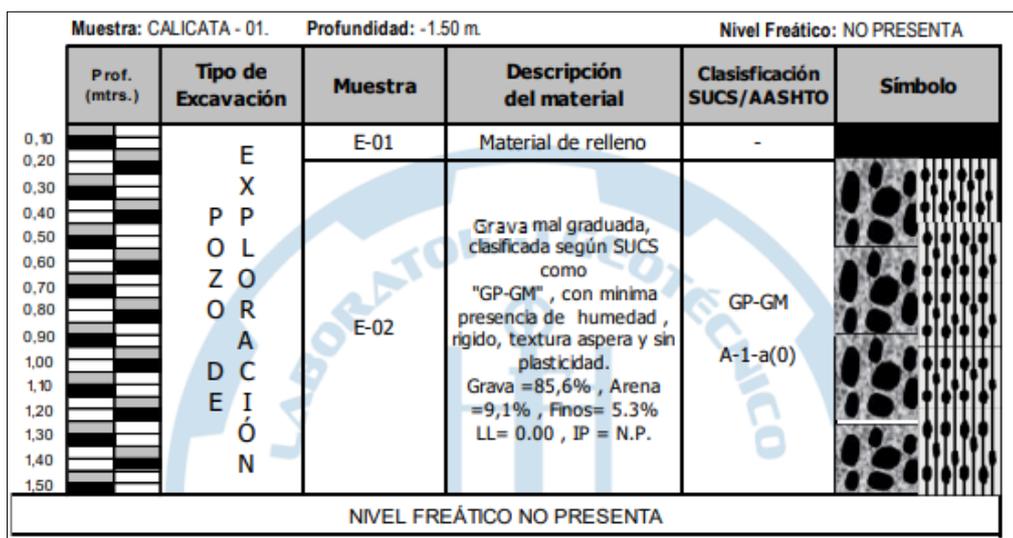


Figura 10: Perfil estratigráfico – calicata 01

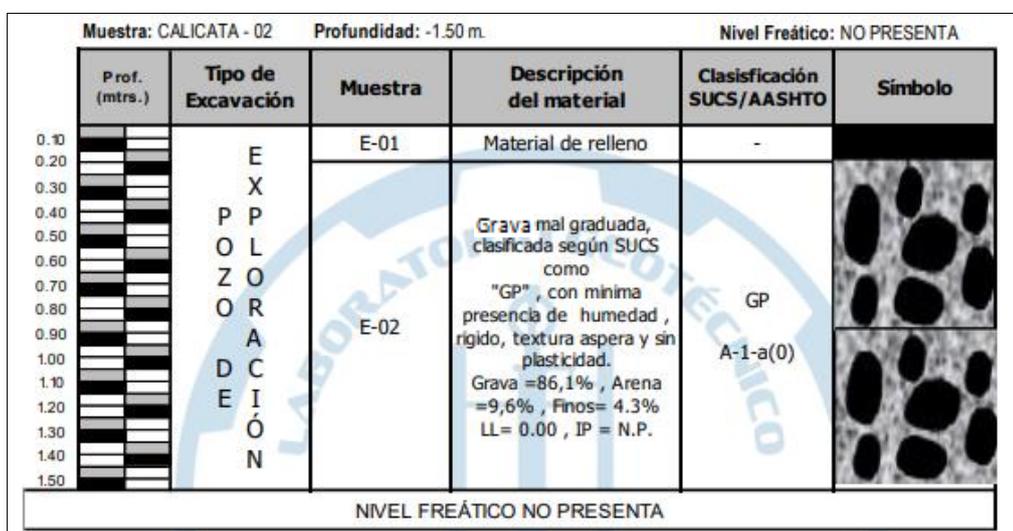


Figura 11: Perfil estratigráfico – calicata 02

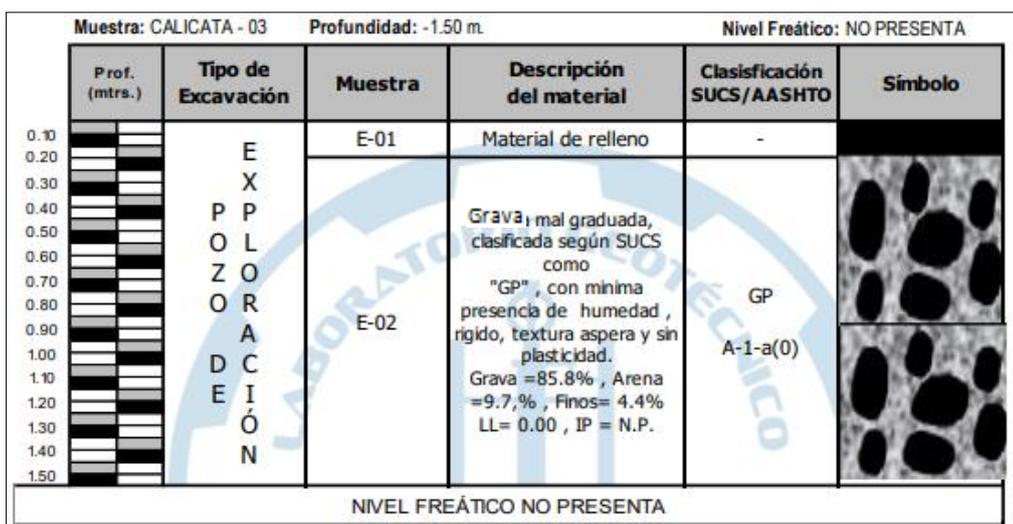


Figura 12: Perfil estratigráfico – calicata 03

Tabla 37:
Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 01

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7460.00	7640.00	7930.00	7840.00
Peso del Molde (g)	3390.00	3390.00	3390.00	3390.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4070.00	4250.00	4540.00	4450.00
Volumen del molde (cc)	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1.916	2.001	2.137	2.095

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H2O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	228.9	195.7	85.1	195.7	87.5	148.3	228.9	195.7
Peso Tarro + Suelo húmedo (g)	696.8	700.2	562.4	699.1	435.2	502.4	702.9	709.6
Peso Tarro + Suelo seco (g)	686.3	690.1	544.1	679.1	415.3	481.3	666.5	671.2
Peso del agua	10.5	10.1	18.3	20	19.9	21.1	36.4	38.4
Peso del suelo seco	457.4	494.4	459	483.4	327.8	333	437.6	475.5
Humedad (%)	2.3	2.0	4.0	4.1	6.1	6.3	8.3	8.1
Humedad promedio (%)	2.17		4.06		6.20		8.20	
Densidad Seca (g/cc)	1.88		1.92		2.01		1.94	

DATOS DE MOLDE			METODO		A
N°:	1		NUMERO DE CAPAS		5
PESO (g):	3390.00		NUMERO DE GOLPES		25
VOLUMEN (cc):	2124.00		DSM (g/cm3)		6.20
			OCH (%)		2.01

Se presenta los valores obtenidos en los ensayos de compactación de la muestra de la calicata 01 para el hallazgo de la densidad del suelo húmedo, humedad promedio y la densidad máxima seca.

Fuente: Propia

 Tabla 38:
Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 02

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7470.00	7690.00	7930.00	7850.00
Peso del Molde (g)	3390.00	3390.00	3390.00	3390.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4080.00	4300.00	4540.00	4460.00
Volumen del molde (cc)	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1.921	2.024	2.137	2.100

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H2O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	228.9	195.7	85.1	195.7	87.5	148.3	228.9	195.7
Peso Tarro + Suelo húmedo (g)	715.3	692.9	485.3	659	415.9	481.3	682.3	685.3
Peso Tarro + Suelo seco (g)	704.8	683.1	469.1	641.1	397.1	461.9	649.1	649.2
Peso del agua	10.5	9.8	16.2	17.9	18.8	19.4	33.2	36.1
Peso del suelo seco	475.9	487.4	384	445.4	309.6	313.6	420.2	453.5
Humedad (%)	2.2	2.0	4.2	4.0	6.1	6.2	7.9	8.0
Humedad promedio (%)	2.11		4.12		6.13		7.93	
Densidad Seca (g/cc)	1.88		1.94		2.01		1.95	

DATOS DE MOLDE			METODO		A
N°:	1		NUMERO DE CAPAS		5
PESO (g):	3390.00		NUMERO DE GOLPES		25
VOLUMEN (cc):	2124.00		DSM (g/cm3)		6.13
			OCH (%)		2.01

Se presenta los valores obtenidos en los ensayos de compactación de la muestra de la calicata 02 para el hallazgo de la densidad del suelo húmedo, humedad promedio y la densidad máxima seca.

Fuente: Propia

Tabla 39:

Ensayo de compactación N.T.P. 339.141 – Calicata 03

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7450.00	7670.00	7950.00	7840.00
Peso del Molde (g)	3390.00	3390.00	3390.00	3390.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4060.00	4280.00	4560.00	4450.00
Volumen del molde (cc)	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1.911	2.015	2.147	2.095

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H2O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	135.3	125.4	163.2	152.3	96.1	98.3	125.1	135.1
Peso Tarro + Suelo húmedo (g)	425.3	453.1	354.2	325.1	315.2	365.2	456.2	512.3
Peso Tarro + Suelo seco (g)	419.1	445.1	346.5	317.6	301.1	349.1	431.2	485.2
Peso del agua	6.2	8	7.7	7.5	14.1	16.1	25	27.1
Peso del suelo seco	283.8	319.7	183.3	165.3	205	250.8	306.1	350.1
Humedad (%)	2.2	2.5	4.2	4.5	6.9	6.4	8.2	7.7
Humedad promedio (%)	2.34		4.37		6.65		7.95	
Densidad Seca (g/cc)	1.87		1.93		2.01		1.94	

DATOS DE MOLDE		METODO	
Nº:	1	NUMERO DE CAPAS	5
PESO (g):	3390.00	NUMERO DE GOLPES	25
VOLUMEN (cc):	2124.00	DSM (g/cm3)	6.65
		OCH (%)	2.01

Se presenta los valores obtenidos en los ensayos de compactación de la muestra de la calicata 03 para el hallazgo de la densidad del suelo húmedo, humedad promedio y la densidad máxima seca.

Fuente: Propia

Tabla 40:

Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 01

Penetración (pulg)	Molde Nº 01			Molde Nº 02			Molde Nº 03		
	Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0.025	50	588.50	196.20	38	464.70	154.91	23	310.04	103.35
0.050	83	928.80	309.60	50	588.50	196.16	49	578.18	192.73
0.075	105	1155.70	385.20	73	825.70	275.23	68	774.12	258.04
0.102	153	1650.70	550.20	128	1392.90	464.30	95	1052.57	350.86
0.125	170	1826.00	608.70	138	1496.00	498.68	110	1207.27	401.42
0.150	198	2114.80	704.90	178	1908.50	636.18	145	1568.22	522.74
0.175	245	2599.50	866.50	208	2217.90	739.31	163	1753.85	584.62
0.200	288	3043.00	1014.30	245	2599.50	866.51	185	1980.74	660.25
0.225	313	3300.80	1100.30	255	2702.60	900.88	168	1805.42	601.81
0.250	338	3558.60	1186.20	288	3043.00	1014.32	198	2114.81	704.94
0.275	363	3816.40	1272.10	303	3197.70	1065.89	213	2269.50	756.50
0.300	388	4074.30	1358.10	323	3403.90	1134.64	243	2578.89	859.63

Se presenta los valores obtenidos en el ensayo de penetración de cargas de la muestra de la calicata 01 a los 12, 25 y 56 golpes, dados por lb/pulg²

Fuente: Propia

Tabla 41:
Número de golpes según carga de penetración de 1" y 2"

GOLPES		56	25	12
CBR	0.1	55.02%	46.43%	35.09%
	0.2	67.62%	57.77%	44.02%

En esta tabla se presenta los valores en porcentaje de carga de penetración a los 12, 25 y 56 golpes para el porcentaje del CBR de la muestra de la calicata 01

Fuente: Propia

Tabla 42:
Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-01

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	1.91
C.B.R. (%)	38
100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	2.01
C.B.R. (%)	58

Se presenta los valores de CBR a una densidad máxima seca del 95% y del 100% de la muestra de calicata 01

Fuente: Propia

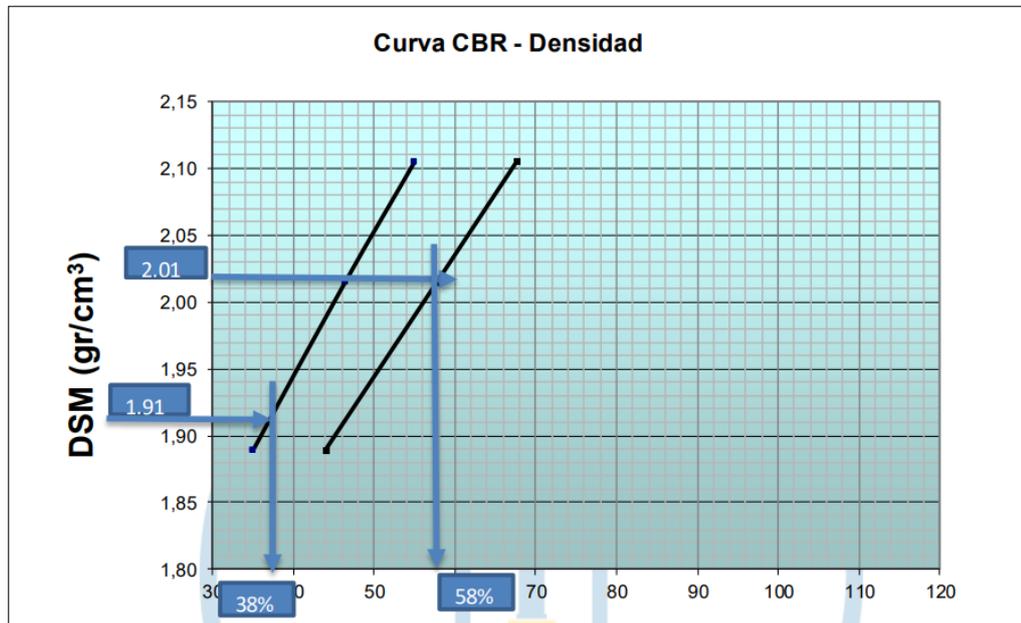


Figura 13: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% C-01

Tabla 43:

Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 02

Penetración (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0.025	55	640.10	213.40	44	525.60	175.54	24	320.35	106.78
0.050	91	1011.30	337.10	58	671.00	223.66	51	598.80	199.60
0.075	116	1269.10	423.00	84	939.10	313.04	71	805.06	268.35
0.102	168	1805.40	601.80	147	1588.80	529.62	100	1104.14	368.05
0.125	187	2001.40	667.10	159	1712.60	570.87	116	1269.14	423.05
0.150	218	2321.10	773.70	205	2187.00	729.00	152	1640.41	546.80
0.175	270	2857.30	952.40	239	2537.60	845.88	171	1836.36	612.12
0.200	317	3342.00	1114.00	282	2981.10	993.70	194	2073.55	691.18
0.225	344	3620.50	1206.80	293	3094.50	1031.51	176	1887.92	629.31
0.250	372	3909.30	1303.10	331	3486.40	1162.14	208	2217.94	739.31
0.275	399	4187.70	1395.90	348	3661.70	1220.58	224	2382.94	794.31
0.300	427	4476.50	1492.20	371	3898.90	1299.65	255	2702.65	900.88

Se presenta los valores obtenidos en el ensayo de penetración de cargas de la muestra de la calicata 02 a los 12, 25 y 56 golpes, dados por lb/pulg²

Fuente: Propia

Tabla 44:

Número de golpes según carga de penetración de 1" y 2"

	GOLPES	56	25	12
CBR	0.1	60.18%	52.96%	36.80%
	0.2	74.27%	66.25%	46.08%

En esta tabla se presenta los valores en porcentaje de carga de penetración a los 12, 25 y 56 golpes para el porcentaje del CBR de la muestra de la calicata 02

Fuente: Propia

Tabla 45:

Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-02

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	1.91
C.B.R. (%)	40
100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	2.01
C.B.R. (%)	66

Se presenta los valores de CBR a una densidad máxima seca del 95% y del 100% de la muestra de calicata 02

Fuente: Propia

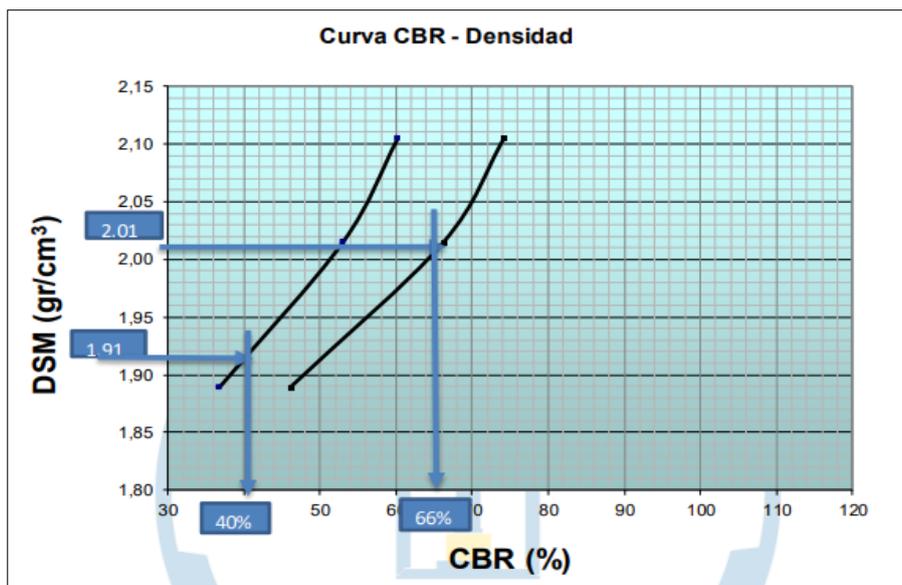


Figura 14: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% - C-02

Tabla 46:

Ensayo de C.B.R. – ensayo de carga - penetración – Calicata 03

Penetración (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga		Lectura dial	Ensayo carga	
		lbs.	lb./pulg2		lbs.	lb./pulg2		lbs.	lb./pulg2
0.025	53	619.40	206.50	45	536.90	178.98	25	330.67	110.22
0.050	87	970.10	323.40	59	681.30	227.10	54	629.74	209.91
0.075	110	1207.30	402.40	86	959.80	319.92	75	846.31	282.10
0.102	161	1733.20	577.70	148	1599.20	533.05	105	1155.70	385.23
0.125	179	1918.90	639.60	163	1753.90	584.62	121	1320.71	440.24
0.150	208	2217.90	739.30	210	2238.60	746.19	160	1722.91	574.30
0.175	257	2723.30	907.80	245	2599.50	866.51	179	1918.86	639.62
0.200	302	3187.40	1062.50	275	2908.90	969.63	204	2176.68	725.56
0.225	329	3465.80	1155.30	301	3177.00	1059.01	185	1980.74	660.25
0.250	355	3733.90	1244.60	340	3579.20	1193.08	218	2321.07	773.69
0.275	381	4002.10	1334.00	358	3764.90	1254.96	234	2486.07	828.69
0.300	407	4270.20	1423.40	381	4002.10	1334.03	267	2826.40	942.13

Se presenta los valores obtenidos en el ensayo de penetración de cargas de la muestra de la calicata 03 a los 12, 25 y 56 golpes, dados por lb/pulg2

Fuente: Propia

Tabla 47:
Número de golpes según carga de penetración de 1" y 2"

GOLPES	56	25	12
CBR 0.1	57.77%	53.31%	38.52%
CBR 0.2	70.83%	64.64%	48.37%

En esta tabla se presenta los valores en porcentaje de carga de penetración a los 12, 25 y 56 golpes para el porcentaje del CBR de la muestra de la calicata 03

Fuente: Propia

Tabla 48:
Porcentaje de CBR al 95% y 100% DMS para C-03

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	1.91
C.B.R. (%)	42
100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³):	2.01
C.B.R. (%)	64

Se presenta los valores de CBR a una densidad máxima seca del 95% y del 100% de la muestra de calicata 03

Fuente: Propia

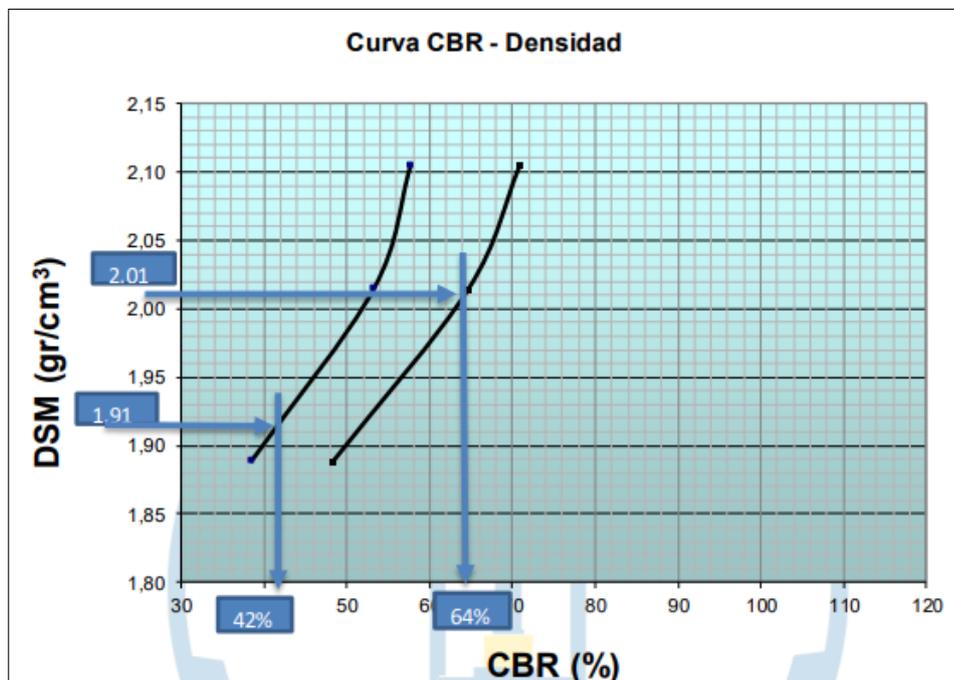


Figura 15: Curva CBR – densidad máxima seca al 95% y 100% - C-03

3.2 Estudio de Tráfico

Tabla 49:

Ejes Equivalentes y Factor Camión

VEHICULOS	TIPO DE EJE	Nomenclatura	N° de Neumáticos	N° de Ejes	Tipo de rueda	Peso Máx. (tn)	Factor E.E	F.C
Autos	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
	EJE SIMPLE		2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Station Wagon	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
	EJE SIMPLE		2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Pick up	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
	EJE SIMPLE		2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Rural Combi	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
	EJE SIMPLE		2	E2	RS	1.00	0.00052702	
Micro	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	1.00	0.00052702	0.001
	EJE SIMPLE		2	E2	RS	1.00	0.00052702	
B3-1	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	2.3205
	EJE TANDEM	1RS+1RD	6	E2	RD	8.00	1.05515965	
	EJE TANDEM			E3	RS	7.00		
C2	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	3.4772
	EJE SIMPLE	RD	4	E2	RD	10.00	2.21179357	
C3	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	2.5260
	EJE TANDEM	2RD	8	E2	RD	8.00	1.26058502	
	EJE TANDEM			E3	RD	8.00		
T2S3	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RD	7.00	1.26536675	6.9495
	EJE SIMPLE	RS	4	E2	RD	10.00	2.21179357	
	EJE SIMPLE	RS	4	E3	RD	10.00	2.21179357	
	EJE TANDEM	2RD	8	E4	RD	8.00	1.26058502	
	EJE TANDEM			E5	RD	8.00		
T3S3	EJE SIMPLE	RS	2	E1	RS	7.00	1.26536675	3.7584
	EJE TANDEM	2RD	8	E2	RD	8.00	1.26058502	
	EJE TANDEM			E3	RD	8.00		
	EJE TANDEM			E4	RD	7.00		
	EJE TRIDEM	3RD	12	E5	RD	8.00	1.23241858	
				E6	RD	8.00		

En esta tabla se presenta la clasificación de vehículos por tipos y números de ejes con la finalidad de obtener los factores equivalentes y factor camión por tipo de vehículo.

Fuente: Propia

Tabla 50:
Índice Medio Diario Semanal – Promedio de vehículos diarios

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	CAMION					TOTAL Veh/día
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi	>=3 E		2 E	3 E	2S3	>= 3S3		
LUNES	942	174	397	20	162	36	38	51	28	12	5	1865	
MARTES	685	133	304	16	130	29	29	33	14	5	8	1386	
MIÉRCOLES	643	82	300	8	135	29	23	32	15	4	6	1277	
JUEVES	743	116	374	8	144	36	26	28	14	5	5	1499	
VIERNES	1101	156	366	11	145	32	32	40	20	5	5	1913	
SÁBADO	1419	164	382	18	162	36	39	41	22	4	5	2292	
DOMINGO	1522	182	444	21	196	39	43	43	24	5	4	2523	
IMDS	1008	144	367	15	153	34	33	38	20	6	5	1822	

Se preseta los valores del conteo vehicular diario por tipo de vehiculo tanto liviano como pesado, realizado por 7 días.

Fuente: Propia

 Tabla 51:
Estudio de tráfico – Cargas de Ejes Equivalentes

	IMD	IMDA	F.C.	r %	Fc.a.	ESAL
Auto	1008	367,867.86	0.0010	2.41	25.31	9,312.39
Station Wagon	144	52,507.86	0.0010	2.41	25.31	1,329.21
Pick up	367	133,850.71	0.0010	2.41	25.31	3,388.36
Minivan	15	5,318.57	0.0010	2.41	25.31	134.64
Rural Combi	153	56,001.43	0.0010	2.41	25.31	1,417.65
Micro	34	12,357.86	0.0010	2.41	25.31	312.83
B3-1	33	11,992.86	2.3205	2.41	25.31	704,488.05
C2	38	13,974.29	3.4772	2.41	25.31	1,230,066.77
C3	20	7,143.57	2.5260	2.41	25.31	456,791.63
T2S3	6	2,085.71	6.9495	2.41	25.31	366,925.40
T3S3	5	1,981.43	3.7584	2.41	25.31	188,517.13
# Total E.E. = 2,962,684.05						
Factor dirección (Fd) :	0.5					
Factor carril (Fc):	1.00		TRÁFICO DE DISEÑO. = 1,481,342.02			
Tasa de crecimiento (r%):	2.41					
Periodo de diseño (n):	20		TRÁFICO PROYECTADO DE DISEÑO₂₀ = 3,120,964.22			

En esta tabla se indica los valores del IMDA por tipo de vehiculo, el factor crecimiento anual y la tasa de crecimiento con la finalidad de obtener el número total de ejes equivalentes y el diseño de tráfico.

Fuente: Propia

3.3 Diseño de pavimentos con Método AASHTO 93

Tabla 52:

Parámetros de diseño de la metodología AASHTO 93

Parámetros		
Número de repeticiones de Eje Equivalentes	W18	1,481,342.02
Período de diseño	n (años)	20
Suelo de la subrasante	CBR%	58%
Tipo de tráfico	TIPO	TP5
Módulo de resiliencia	Mr (psi)	17807.4765
Nivel de confiabilidad	%R	85%
Coefficiente estadístico de Desviación Normal	Zr	-1.036
Desviación estándar combinada	So	0.45
Índice de serviciabilidad inicial	Pi	4
Índice de serviciabilidad final	Pt	2.5
Número estructural requerido	SN	2.58

Se muestra los parámetros de la metodología AASHTO 93 para su respectivo diseño y obtención del SN (Número Estructural), para los espesores de capas del pavimento flexible

Fuente: Propia

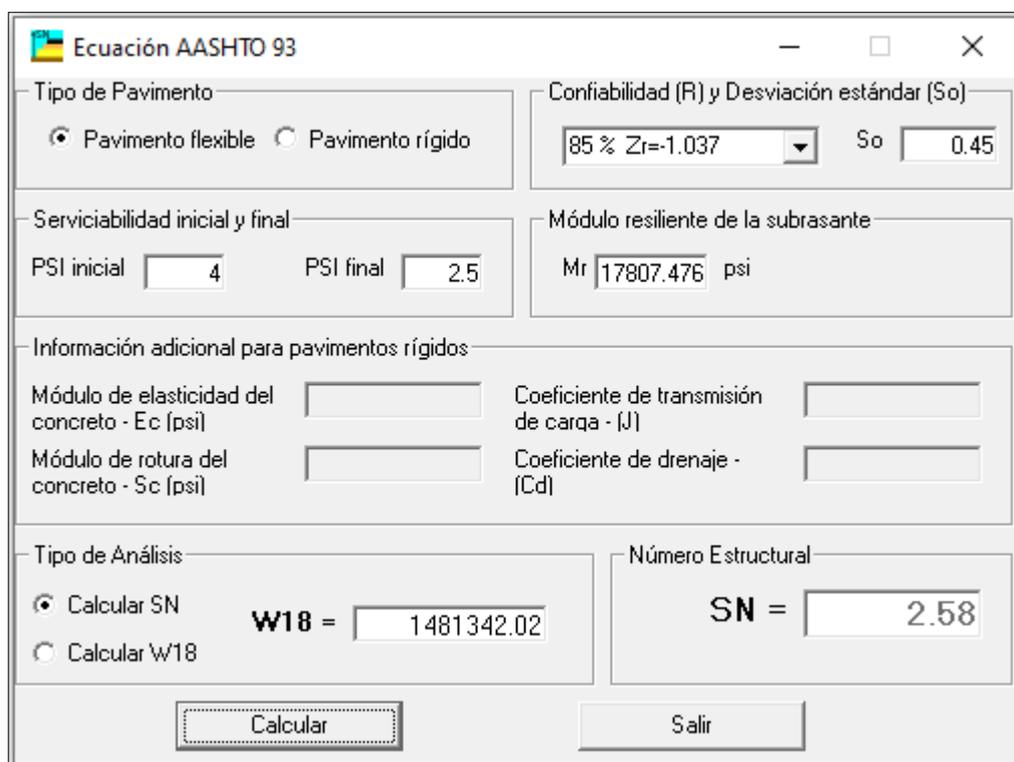


Figura 16: Ecuación AASHTO 93 para obtención de SN (Número estructural)

Fuente: Propia

Tabla 53:
Coefficientes estructurales, de drenaje de capas de pavimento

Número estructural requerido		
	SN	2.58
Coefficientes estructurales de las capas del pavimento		
Capa Superficial a1	Base a2	Sub base a3
Capa Superficial recomendada para todos los tipo de tráfico	Base Granular 80% compactada al 100% del MDS	Subbase Granular 40% compactada al 100% del MDS
0.17	0.052	0.047
Coefficientes de drenaje para base y sub base del pavimento flexible		
Calidad de drenaje	CD%	0.023 %
Excelente	2 horas	0.0833 días
Coefficiente de drenajes	m1	1.40
	m2	1.35
Espesores mínimos en función a ejes equivalentes según guía ASSTHO 93		
ESAL	Tp7	2'000.001 - 7'000,000
Carpeta Asfáltica (d1)	3.5 in	8.89 cm
Base granular (d2)	6 in	15.24 cm
Espesores mínimos de capas: Capa de superficial, base y sub base		
d1	d2	d3
9 cm	15 cm	15 cm

Se presenta los resultados de los coeficientes de drenaje, coeficientes estructurales así mismo los resultados del los espesores mínimos obtenidos de la guía AASHTO 93.

Fuente: Propia

Tabla 54:
Espesores de capas de estructura de pavimentos con método AASHTO 93

Cálculo de espesores de capas		
d1	d2	d3
9 cm	15 cm	0 cm
Capa superficial	Base	Sub base
SN (Requerido)	2.58	SN RES. > SN REQ.
SN (Resultado)	2.622	SI CUMPLE

Se presenta los resultados de los espesores de capas de la carpeta asfáltica, y base de la estructura del pavimento flexible.

Fuente: Propia

3.4 Diseño de pavimentos con Método INVIAS

Tabla 55:

Metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

PARÁMETROS		
Capacidad de subrasante	CBR%	58
Cargas de ejes equivalentes	ESAL	1,481,342.02
Tránsito promedio diario	Veh/día	1822
Periodo de diseño	n (años)	20
ESTIMACIÓN DE TRÁNSITO DE DISEÑO		
Corrección - confiabilidad del 90%	N*1.159	1,716,875.41
Rango de tránsito acumulado por carril de diseño	T4	1,716,875.41
FACTORES AMBIENTALES Y CLIMATICOS		
Temperatura promedio anual	°C	20.02
Precipitación media anual	mm	122
Región N°	R3	Cálido seco y semi húmedo
MÓDULO RESILIENTE		
Módulo resiliente	MR (Mpa)	206.19
MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE AFECTADO POR EL FACTO AMBIENTAL (MrD)		
Mr Inalterado del periodo	MR (Mpa)	206.19
Factor ambiental calculado correspondiente al mes escogido como ejecución de pruebas	(Famb) °C	28
Módulo resiliente en condiciones óptimas inferido	Mr,opt	7.36
Módulo resiliente de diseño	MrD (Mpa)	147.35
CATEGORÍA DEL MODULO RESILIENTE DE DISEÑO		
Categoría de subrasante	MrD > 125	S8
CARTAS DE DISEÑO		
Diseño para estructura de pavimentos	Carta N° 4	

Se muestran los valores de los parámetros de la metodología INVIAS, la estimación del tránsito, factores climáticos y ambientales, el módulo resilientes que será necesarios para obtener la carta de diseño correspondiente de la estructura del pavimento flexible.

Fuente: Propia

Tabla 56:

Estructura del pavimento flexible con método INVIAS

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE		
Mezcla densa en caliente para capa de rodadura	MDC - 19	6 cm
mezcla densa en caliente para capa base asfáltica	MDC - 25	7.5 cm
Base granular	BG	15 cm
Subbase granular	SBG	15 cm

Se presenta los resultados de los espesores de capas de la estructura del pavimento flexible

Fuente: Propia

3.5 Comparación de diseño estructural del pavimento flexible

Tabla 57:

Estructura del pavimento flexible con método INVIAS y AASHTO 93

Comparación del diseño estructural del pavimento flexible con las metodologías AASHTO - 93 e INVIAS											
Tramo Homogéneo N°	Abscisa Inicial (Km)	Abscisa Final (Km)	INVIAS				AASHTO - 93				
			Carpeta superficial (cm)		Base granular	Subbase granular	Total Espesor (cm)	Carpeta superficial	Base granular	Subbase granular	Total Espesor (cm)
			MD C - 19	MD C - 25	BG (cm)	SBG (cm)		CA (cm)	BG (cm)	SBG (cm)	
1	0	1	6.00	7.50	15.00	15.00	43.50	9.00	15.00	0.00	24.00

En esta tabla se presenta la comparación de los resultados de los espesores de capas de la carpeta de rodadura, base y sub base granular obtenidos por cada metodología tanto como la AASHTO 93 e INVIAS

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En el análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible con las metodologías AASHTO 93 e INVIAS, en la tabla 57 nos da como resultado el diseño estructural del pavimento flexible donde los espesores de capas mediante el método AASHTO 93 es de 9 cm en la carpeta asfáltica y en la base granular de 15 cm, mientras tanto con el método INVIAS en la carpeta asfáltica es fraccionada en dos partes de 6.00 cm como capa de rodadura (MDC-19) que tendrá contacto directo con los neumáticos de los vehículos y como capa intermedia es de 7.5 cm (MDC-25), en la base granular de 15 cm y en la sub base de 15 cm. Por lo tanto, aplicando el método AASHTO 93 solo se tiene un diseño de una carpeta asfáltica y una base granular donde la sub base ya no fue necesario calcular, teniendo en cuenta que la calidad de la subrasante es excelente con un CBR del 58%, por ende, es más aceptable en comparación con el diseño estructural del método INVIAS puesto que sumando el total de la carpeta asfáltica se obtiene un 13.5 cm, mucho mayor a la de AASHTO, y además de ello en su diseño del INVIAS se calcula una base y sub base granular. Por otra parte, en el tema de la duración de la vida útil de la estructura del pavimento con el método INVIAS es mucho mejor que el método AASHTO, sin embargo, es aceptable el diseño estructural del método AASHTO para el periodo de 20 años que fue diseñado considerando que la subrasante es excelente. De esta manera en el análisis comparativo el diseño estructural óptimo del pavimento flexibles es aplicando el método AASHTO 93.

Los resultados del estudio de suelo en la presente tesis obtenemos en la tabla 31, 33 y 34 el análisis granulométrico detallando el tipo de suelo ya que mediante la clasificación en función de su tamaño se tuvo un SUCS ASTM-D2487 (Sistema Unificado de clasificación de Suelos) en la calicata 01 un tipo GP-GM y según la

clasificación AASHTO M-145 A-1 y en la calicata 02 y 03 un tipo GP A-1-a, siendo el tipo de suelo de grava graduada con mínima presencia de humedad, rígido, textura áspera y sin plasticidad. Además de ello en la tabla 42, 45 y 48 nos presenta un porcentaje de CBR con una densidad máxima del 100% en la calicata 01 del 58%, en la calicata 02 de 66% y en la calicata 03 del 64%, siendo el más desfavorable el CBR del 58% obtenidos de las 3 calicatas. En comparación con el estudio de (Peñaloza Cabrera & Vasquez Canchanya, 2020) en su estudio de suelo obtuvo un SUCS de un tipo SM y según la clasificación AASHTO A-1-b siendo un suelo de arena limosa con grava con un índice de plasticidad de 1 el cual es un suelo poco arcilloso, con un porcentaje de CBR de diseño del 15%. En esta comparación se definió la importancia de conocer el tipo de suelo ya que influye notablemente en el porcentaje del CBR y con ello en la determinación de la estructura del pavimento. Con respecto al estudio de tráfico en la tabla 51 se obtuvo un ESAL de diseño de 3'886,275.69, con una tasa anual del 5.04% para un periodo de diseño de 20 años lo cual se usó para ambos métodos. Así mismo en la tabla 49 se obtuvo el factor camión de acuerdo al tipo de vehículo y peso máximo en toneladas por eje, indicando el factor camión de C2 (un eje simple y eje simple de rueda doble) es de 3.4772, que significa que equivale 3.4772 veces a un eje equivalente de 8.2 toneladas. Además de ello en la tabla 50 se indica que en la vía principal de Pacasmayo pasa un flujo vehicular de 1822 veh/día, este resultado fue el promedio semanal de la cantidad de vehículos que pasaban diariamente. En cuanto en la investigación de (Colana Coayla, 2021) en sus resultados el ESAL fue de 5'734,536.543 de cargas de ejes equivalentes y con un flujo vehicular semanal de 1026.43 veh/día, lo que significa que cada proyecto las cargas de ejes equivalentes no serán iguales porque dependerá mucho del flujo vehicular diario según el lugar donde se haga el estudio de tráfico. Por otro lado, en el estudio de investigación de (Briceño Torres, Luis Alberto; Narcizo Burgos, Willy Jesús, 2019) en su resultado del factor camión

se dio de acuerdo al tipo de vehículos, para el caso de camión tipo C2 que consta de un eje simple y el otro de un eje simple de rueda doble, su factor camión fue de 4.504. La diferencia con respecto al resultado del factor de la presente tesis es debido a que en el eje simple de doble rueda se consideró un peso máximo de 10 toneladas, y no de 11 toneladas como lo consideraron los autores Torres y Narcizo.

Para los resultados del diseño estructural del pavimento flexible con el método AASHTO 93 se tomaron en cuenta los parámetros de diseño que lo indica en la tabla 52, donde los resultados de estos parámetros como el nivel de confianza, la desviación normal, la desviación estándar combinada y los índices de serviciabilidad inicial y final estuvieron en función según el tipo de tráfico que estuvo en relación al número de ejes equivalentes. No obstante, como resultado del módulo resiliente fue de 17807.4765 PSI y estuvo en correlación con el porcentaje del CBR de la subrasante que fue del 58%. En cuanto a la investigación de (Yapachura Cayllahua, 2018) su resultado del CBR de diseño fue del 14.4% y un módulo resiliente de 14084.55 PSI. Se puede decir que mientras el CBR de la subrasante sea más alto o excelente el módulo resiliente crecerá en su valor.

Así mismo, en la tabla 53 se tiene como resultado el número estructural SN de 2.58, obtenido mediante el programa de la ecuación AASHTO, mientras tanto en el estudio de (Yapachura Cayllahua, 2018) tiene como resultado un SN de 2.42. El SN influye considerablemente en la determinación de los espesores de capas, por lo tanto, se puede decir que el SN variará según los parámetros y de acuerdo a ello los espesores de las capas de la estructura del pavimento también se incrementarán. Es por ello que la tabla 54 para la presente tesis se tiene como resultados en la carpeta asfáltica un espesor de 9 cm, y en la base granular de 15 cm, obtenidas mediante el tanteo de espesores de capas con el SN. En la investigación de (Irigoin Quesquén,

2018) al aplicar el método AASHTO 93 se obtuvo los siguientes espesores estructurales del pavimento: carpeta asfáltica de 4 pulgadas (10.16 cm), base de 6 pulgadas (15.24 cm) y sub base de 6 pulgadas (15.24 cm) con un SN de 2.89. En definitiva, comparando los resultados encontramos una cierta similitud con el espesor de la carpeta asfáltica de la presente tesis y no con la base y sub base granular del estudio de Irigoin. Esto debido a que los parámetros, el tránsito y la calidad de la sobranete no son iguales en todos proyectos.

En la obtención de los resultados del diseño del pavimento flexible con el método INVIAS en la tabla 55 se indica un resultado para la estimación del tránsito que es de 1'716,875.41 de número de ejes equivalentes, lo cual indica un valor mayor al que fue utilizado para el método AASHTO puesto que en la norma del INVIAS se indicó que el tránsito debía ser corregido con un nivel de confianza deseado, para este estudio fue corregido a un nivel de confianza del 90%. Así mismo, en la misma tabla se indica los resultados del factor ambiental y climático y el módulo resiliente de la subrasante, estos factores influyeron en la determinación de la estructura del pavimento mediante las cartas de diseño que brinda el método INVIAS. De tal forma que en la tabla 56 se indica los resultados de los espesores de capas de la estructura del pavimento siendo la carpeta asfáltica es fraccionada en dos partes de 6.00 cm como capa de rodadura (MDC-19) y como capa intermedia es de 7.5 cm (MDC-25), en la base granular de 15 cm y en la sub base de 15 cm. En comparación con el estudio de (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014) en sus resultados de su estudio obtuvieron aplicando el método INVIAS como estimación del tránsito de 596.219 de número de ejes equivalentes, de igual forma el tránsito fue corregido con un nivel de confianza del 90% y los factores climáticos ambientales junto con la caracterización de la subrasante influyeron de manera determinante los espesores de

capas de la estructura del pavimento espesor de la carpeta asfáltica que fue de 10 cm, una base granular de 20 cm, una sub base granular de 40 cm. Se interpretó la comparación que tanto las cargas de ejes de equivalentes como la caracterización de la subrasante influyeron en la determinación de los espesores de la estructura del pavimento.

En la tabla 57 del presente estudio se tiene como resultados de la comparación de los espesores de capas las cuales fueron aplicando el método AASHTO 93 y el INVIAS, donde el análisis comparativo se definió que diseño óptimo de la estructura del pavimento es aplicando el método AASHTO 93 y de acuerdo a la comparaciones con el estudio de (Salamanca Niño & Zuluaga Bautista, 2014) que evaluó el análisis comparativo de tres metodologías como es el INVIAS, AASHTO y el Instituto del Asfalto y el concluyó que su óptimo diseño fue obtenida mediante el método del Instituto del Asfalto debido que tiene la capacidad de soportar las solicitaciones generadas por un tráfico esperado de 0.51 millones de ejes equivalentes de 8.2 ton bajo unas características de suelos de tipo limo-arcillosos y arena limosos. Esto se refiere con el periodo de diseño del pavimento flexible, la carga de tráfico anualmente y las características del suelo influyen mucho en la durabilidad de la estructura del pavimento, es por ello que se debe resaltar mucho en los parámetros que toma cada metodología, ya que dependiendo de ello influenciará en los resultados del diseño estructural del pavimento flexible. Así mismo el autor también señaló que al verificar los espesores obtenidos por el método INVIAS mediante el método del Instituto del Asfalto se evidenció que los mismos no cumplen con el criterio de falla por fisura miento, por lo que fue necesario aumentar la carpeta asfáltica y disminuir granulares, lo cual permitió optimizar los espesores obtenidos bajo los otros métodos. Por otro lado, en la investigación de (Briceño Torres, Luis

Alberto; Narcizo Burgos, Willy Jesús, 2019) se obtuvo como resultados aplicando el método AASHTO 93 un ESAL de 292,033.80 y un CBR de diseño del 8.5% y 53.5% del primer y segundo tramo respectivamente y por el método de ecuación una capa de rodadura de 3", una base de 5.5" y una sub base de 3.5" para el tramo N°01 y para el tramo N° 02 obtuvo una capa de rodadura de 3", una base de 5.5". siendo que la alternativa recomendable para el diseño estructural del pavimento flexible es dada por la metodología de la AASHTO-93 por el método de ecuación, ya que presenta mayor precisión en sus cálculos.

Las limitaciones que se tuvieron para obtención de los resultados fue la falta de acceso de libros físicos de biblioteca, a consultas a un experto sobre el tema de investigación, debido a las restricciones que generó la pandemia del covid-19, también a la limitada accesibilidad de la información del método INVIAS (Instituto Nacional de Vías), como la consulta de artículos y tesis siendo este método del país de Colombia. Así mismo a la poca accesibilidad de estudios publicados con una antigüedad no mayor de 10 años.

En cuanto a los resultados de la presente tesis se tuvieron las siguientes implicancias. Con respecto a los resultados tenemos una implicancia práctica ya que en la realización de los estudios de la subrasante en donde se obtuvieron un tipo de suelo GP-GM, siendo un suelo mal graduado, rígido con poca presencia de humedad, el cual implicó a la no realización del ensayo de los límites de Atterberg para encontrar el índice de plasticidad del suelo, que representa la estabilidad de los suelos en relación con su contenido de humedad.

Por otro lado en los resultados del estudio de tráfico se tuvo una implicancia teórica ya que en (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos., 2014) señala que la tasa de crecimiento se hace de

acuerdo a la tasa de crecimiento del PBI para vehiculo pesados y la tasa de crecimiento poblacional para vehículos livianos lo cual implicó en la búsqueda de datos históricos de la tasa de crecimiento del PBI y de la tasa de crecimiento poblacional en la data histórica dados por el INEI. (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

Además de ello en los resultados de los espesores de capas mediante el método INVIAS también se tuvo una implicancia teorica ya que según su carta de diseño estructural se obtuvo como resultado una carpeta asfáltica fraccionada en una capa de rodadura y una capa intermedia, lo cual implicó a la revisión de la norma del método INVIAS, donde se concluyó que tomando como referencia las recomendaciones de la U.S Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA) y la National Asphalt Pavement Association (NAPA), en su artículo “HMA Pavement Mix Type Selection Guide, 2001” y guardando correspondencia con los tamaños máximos de los agregados de las diferentes mezclas asfálticas y con las recomendaciones de espesores mínimos y tipo de materiales establecidos en las normas de construcción de INVIAS para las mezclas asfálticas de capas de rodadura, intermedia y base. (INVIAS - Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 2015)

4.2. Conclusiones

- Presentar las conclusiones del estudio. Se realizó el estudio de suelos mediante la obtención de material de tres calicatas donde se obtuvo la clasificación de suelos siendo un tipo de suelo grava mal graduada, clasificada según SUCS como "GP-GM", con mínima presencia de humedad, rígido, textura áspera y sin plasticidad.
- Así mismo en el ensayo del proctor modificado se obtuvo una densidad seca máxima de 2.01 gr/cm³ y un contenido de óptimo de humedad de 6.20% para calicata 01, 6.13% para calicata 02 y 6.65% para calicata 03.
- En el ensayo de CBR se obtuvo del 58% para calicata 01, 66% para calicata 02 y 64% para calicata 03 con una densidad máxima seca del 100%, el cual se tomó el CBR más desfavorable del 58% siendo el más desfavorable.
- Mediante el estudio de tráfico se obtuvo un ESAL de diseño de 1'481,342.02 de número de ejes equivalentes.
- En el diseño del pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 se obtuvo como resultado de espesores de capas para la carpeta asfáltica 9 cm y para base granular de 15 cm.
- En el diseño del pavimento flexible aplicando el método INVIAS se obtuvo como resultado de espesores de capas para la carpeta asfáltica fraccionada de MDC-19 de 6.00 cm como capa de rodadura y MDC-25 de 7.5 cm como capa intermedia, para la base granular de 15 cm y para la sub base granular de 15 cm.
- En el Análisis comparativo se obtuvo el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93.

REFERENCIAS

- Aristizábal, L.; Hoyos, J.; Gil, L.; Gómez, M. & Gómez, M. (2014). *Diseño de un pavimento flexible por los métodos AASHTO Y ROCIONAL*. Universidad libre - facultad de ingeniería – programa de ingeniería civil Pereira. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16959/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PAVIMENTO%20FLEXIBLE.pdf?sequence=1>
- Ariza, O.; Castellanos, D. & Velasco E. (2019). *Evaluación de las metodologías de diseño de pavimentos flexibles para carreteras colombianas y brasileras (Trabajo de Grado)*. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Civil. Especialización en Ingeniería de Pavimentos. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24068>
- Briceno, L. & Narcizo, W. (2019) “*Análisis comparativo de diseño estructural del pavimento flexible entre las metodologías de la AASHTO- 93 y la del instituto del asfalto para el camino vecinal de Julcán al caserío de Chuan parte baja, distrito de Julcán, provincial de Julcán, la libertad*”. Universidad privada Antenor Orrego _ facultad de ingeniería _ escuela profesional de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4637>
- Colana, R. (2021). *Diseño del pavimento flexible utilizando los métodos AASHTO 93 en el Instituto del Asfalto en la Av. Santa Fortunata – Moquegua, 2021*. Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71138>

Correia, F. & Ojeda, R. (2021). *Análisis comparativo entre el método aashto y el método mecanicista racional para el diseño óptimo del pavimento flexible en la vía vecinal Potosí – el Papayo – la Elvira, en el cantón Salitre de la provincia del Guayas, durante el año 2021 – 2022*. Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas - Carrera Ingeniería Civil. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57444>

Garzón, C. (2020). *Evaluación de metodología AASHTO y SHELL para el diseño de pavimento de la vía “Caracolí” que conecta a “La Carretera del Amor” en Villavicencio – Meta*. (Trabajo de grado). Universidad Santo Tomás, Villavicencio – Colombia. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30437?show=full>

American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos. [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://pdfslide.net/documents/guia-aashto-93-version-en-espanol.html>

Inteinsa Pavimentos - Instituto Nacional de Vías (1998). Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Manual-Pavimentos-Flexibles-INVIAS-Altos-Volumenes-de-Tra%CC%81nsito.pdf>

- Instituto Nacional de Vías (2015). Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. [Archivo PDF]. Inteinsa Pavimentos - Instituto Nacional de Vías (1998). Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/370274214/Manual-de-Pavimentos-Medios-y-Altos-Volumenes-Agosto-2017-pdf>
- Irigoin, R. (2018). “*Comparación entre los métodos AASHTO 93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el ah san lorenzo _ José leonardo Ortiz _ Chiclayo _ Perú*”. Universidad San Martín de Porres _ facultad de ingeniería y arquitectura _ escuela profesional de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4622>
- López, H. (2015). *Análisis comparativo entre diferentes metodologías de diseño para estructuras de pavimento implementando los parámetros de diseño requeridos para el corredor Mulaló - Loboguerrero*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/13950>
- López, S. (2016). *Diseño de pavimento flexible por método AASHTO para la carrera 9 este del municipio de Pitalito Huila*. (Trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/20410>
- Minchan, K. (2019). “*Análisis comparativo de estructuras de pavimento rígido métodos de diseño AASHTO y PCA aplicando en una vía pública, Cajamarca _ 2019*”. Universidad privada del norte – facultad de ingeniera – carrera de ingeniería civil. Recuperado de: <https://1library.co/document/y867gv5q-analisis-comparativo-estructuras-pavimento-mediante-metodos-aplicado-cajamarca.html>

Ministerio de Economía y Finanzas - Resolución Directoral N° 003-2015-EF/63.01 (2 de marzo de 2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública en carreteras. <https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/232247-003-2015-ef-63-01>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Resolución Directoral N° 10-2014-MTC/14 (9 de abril de 2014). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos. Recuperado de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14 (7 de agosto de 2013). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Recuperado de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Mosquera, Karen (2014). Diseño de pavimentos flexibles según la guía de diseño AASHTO 2002 nivel 3 para las ciudades de Ipiales y Pasto del Departamento de Nariño. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. Recuperado de: <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/1870>

Nieto, J. (2016). “*Comparación entre los métodos de diseño de pavimentos en Colombia, España e Italia*”. Universidad militar nueva granada – facultad de ingeniería civil Bogotá. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15930>

Peñalosa, C. & Vasquez, J. (2020) “*Análisis comparativo del diseño del pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 y SHELL, avenida, 1 Lurigancho 2020*”. Universidad cesar vallejo _ escuela de ingeniería y arquitectura _ escuela profesional de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66403>

- Salamanca, M & Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar*. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10983/2569>
- Torres, J. (2018). *Diseño y comparación de la estructura de pavimento a partir de diferentes metodologías para la variante del municipio de san gil en el departamento de Santander*. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17185/TorresChaconJuanDavid2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valentín, R. & Lunarejo, A. (2019). *Optimo diseño estructural del pavimento flexible en el tramo cruce del centro poblado el castillo hasta el kilómetro 15+000 sector bajo canal, centro poblado cascajal santa Ancash 2019*” Universidad cesar vallejo – facultad de ingeniería y arquitectura – escuela profesional de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61227?locale-attribute=es>
- Vargas, N. (2016). *Comparación Del Diseño Calculado Mediante Método AASHTO 1993 De Tramo De La Vía Paso Nacional Por Zipaquirá, Con Respecto A Métodos Modernos De Diseño Del Manual INVIAS 2016 Para Medios Y Altos Volúmenes De Tránsito*. (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/21072>

Vargas, N. (2018). *Comparación del diseño calculado mediante método AASHTO 1993 de tramo de la vía paso nacional por Zipaquirá, con respecto a métodos modernos de diseño del manual INVIAS 2016 para medios y altos volúmenes de tránsito.* (Trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/21072>

Yapuchura, H. (2018) “Comparativo técnico-económico entre metodologías ASSHTO93 e IA, para el diseño de pavimento flexible de la variante de la carretera PE-26B, 2018”. Universidad cesar vallejo _ facultad de ingeniería civil _ escuela profesional de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33940v>

5. ANEXOS

Anexo 01: Cuadros de registros de documentos

CUADRO DE REGISTRO			
DOCUMENTOS	TÍTULO	AUTOR	AÑO
Documento 1	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 EN EL INSTITUTO DEL ASFALTO EN LA AV. SANTA FORTUNATA – MOQUEGUA, 2021	COLANA COAYLA, ROGER ALFONSO	2021
Documento 2	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO AASHTO Y EL MÉTODO MECANICISTA RACIONAL PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VÍA VECINAL POTOSÍ – EL PAPAYO – LA ELVIRA, EN EL CANTÓN SALITRE DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, DURANTE EL AÑO 2021 – 2022	CORREIA MARCÍAS, FREDDY ANTONI & OJEDA RICAURTE, ANTHONY MAURICIO	2021
Documento 3	EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA AASHTO Y SHELL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA VÍA “CARACOLÍ” QUE CONECTA A “LA CARRETERA DEL AMOR” EN VILLAVICENCIO – META	GARZÓN GARZÓN, CAROLINA CECILIA	2020
Documento 4	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO 93 Y SHELL, AVENIDA, 1 LURIGANCHO 2020	PEÑALOZA CABRERA, CAMILA ESTEFANI & VASQUEZ CANCHANYA	2020
Documento 5	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA LA VÍA EL CRUCERO – PAJARITO – AGUAZUL EN LOS DEPARTAMENTOS DE BOYACÁ Y CASANARE EN EL TRAMO K49+650 – K50+460	CELIS VANEGAS, GUSTAVO ADOLFO	2019
Documento 6	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD	BRICEÑO TORRES, LUIS ABERTO & NARCIZO BURGOS, WILLY JESUS	2019
Documento 7	EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CARRETERAS COLOMBIANAS Y BRASILERAS	ARIZA MERCHAN, ORCAR ANDRES; CASTELLANOS VILLALOBOS, DAVID ANDRES; VELASCO ARIZA, EDWIN JHONN EDISSON	2019

Documento 8	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODOS DE DISEÑO AASHTO Y PCA APLICANDO EN UNA VÍA PÚBLICA, CAJAMARCA _ 2019	MICHÁN LEZCANO, CHRISTIAN KEVIN	2019
Documento 9	OPTIMO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO CRUCE DEL CENTRO POBLADO EL CASTILLO HASTA EL KILOMETRO 15+000 SECTOR BAJO CANAL, CENTRO POBLADO CASCAJAL SANTA ANCASH 2019	VALENTÍN CASTRO, RENEE RICHARD & LUNAREJO ROBLES, ALDO MIGUEL	2019
Documento 10	COMPARACIÓN DEL DISEÑO CALCULADO MEDIANTE MÉTODO AASHTO 1993 DE TRAMO DE LA VÍA PASO NACIONAL POR ZIPAQUIRÁ, CON RESPECTO A MÉTODOS MODERNOS DE DISEÑO DEL MANUAL INVIAS 2016 PARA MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO	VARGAS ANGARITA, NELSON ROLANDO	2018
Documento 11	DISEÑO Y COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO A PARTIR DE DIFERENTES METODOLOGÍAS PARA LA VARIANTE DEL MUNICIPIO DE SAN GIL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER	TORRES CHACÓN, JUAN DAVID	2018
Documento 12	COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO ENTRE METODOLOGÍAS ASSHTO93 E IA, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA PE-26B, 2018	YAPUCHURA CAYLLAHUA, ÁNGEL	2018
Documento 13	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL AH SAN LORENZO - JOSÉ LEONARDO ORTIZ – CHICLAYO – PERÚ	IRIGOIN QUESQUÉN, RONY JOEL	2018
Documento 14	COMPARACIÓN DEL DISEÑO CALCULADO MEDIANTE MÉTODO AASHTO 1993 DE TRAMO DE LA VÍA PASO NACIONAL POR ZIPAQUIRÁ, CON RESPECTO A MÉTODOS MODERNOS DE DISEÑO DEL MANUAL INVIAS 2016 PARA MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRÁNSITO	VARGAS ANGARITA, NELSON ROLANDO	2018
Documento 15	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN COLOMBIA, ESPAÑA E ITALIA	NIETO GALVIS, JHONNY MAURICIO	2016
Documento 16	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO PARA LA CARRERA 9 ESTE DEL MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	LÓPEZ ARAQUE, SEBASTHIAN	2016
Documento 17	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES METODOLOGÍAS DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO IMPLEMENTANDO LOS PARÁMETROS DE DISEÑO REQUERIDOS PARA EL CORREDOR MULALÓ – LOBOGUERRERO	LÓPEZ CHAPARRO, HANS SEBASTIAN	2015

Documento 18	DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASHTO Y ROCIONAL	LAURA MARCELA, ARISTIZABAL MORALES; JOSE FERNANDO HOYOS ARENAS; LUISA GIL OBANDO; MARIA ALEJANDRA GOMEZ ECHEVERRY; DAYANA ANDREA GOMEZ JIMENEZ	2014
Documento 19	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS INVIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA LA VÍA LA YE - SANTA LUCÍA BARRANCA LEBRIJA ENTRE LAS ABCISAS K19+250 A K25+750 UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR	SALAMANCA NIÑO, MARÍA ANGÉLICA & ZULUAGA BAUTISTA, SANTIAGO ARTURO	2014
Documento 20	DISEÑO DE LA VÍA TIMANÁ – COSANZA EN PAVIMENTO FLEXIBLE	SALAMANCA ORDÓÑEZ, JOSÉ ANTONIO; GODOY BAUTISTA, OSCAR JAVIER	2013

Fuente: Propia

ANEXO 02: matriz descriptiva

MATRIZ DESCRIPTIVA		
Metodología	Concepto	Definición
AASHTO 93	Tránsito	El tránsito vehicular o tránsito automovilístico es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.
	Porcentaje de CBR	Es el índice de california es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.
	Módulo de resiliencia (Mr)	Es una medida de la rigidez del suelo de subrasante.

	Desviación estándar normal (Z_r)	Representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.
	Desviación estándar combinada (S_o)	Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento.
	Confiabilidad (%R)	Representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto.
	Índice de serviciabilidad Presente (PSI)	Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5.
	Coefficiente de drenaje	Es la cantidad de agua drenada del suelo por unidad horizontal de superficie y unidad de descenso de nivel.
	Numero estructural (SN)	Es el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán.
	INVIAS	Periodo de diseño
Tránsito de diseño		Es el Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño.
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, durante un lapso y en un lugar o región dada.
Subrasante		La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural.

Fuente: Propia

ANEXO 03: Plantilla de datos

DOCUMENTOS	Periodo de diseño (años)	EAL (EE)	%CBR	ESPESOR DE CAPAS			PARÁMETROS									
				Carpeta Asfáltica	Base	Sub base	MR (psi)	%R	Zr	So	Po	Pf	Coeficiente de drenaje		SN	Temperatura
													m2	m3		
Estudio 1	10	5'734,536.543	17.00	5.00	20.00	25.00	12,497	85	1.037	0.45	4.20	2.00	1.35	1.25	3.48	-
Estudio 2	10	1'978,048	8.50	13.75	15.00	21.25	28,000	80	-0.841	0.45	4.20	2.00	1.00	1.00	3.98	35
Estudio 3	20	500,000	5.1	9.00	16.00	20.00	13,350	80	-0.841	0.45	4.2	2.5	0.80	0.80	1.85	26.10
Estudio 4	20	15'231,327	15.00	14.00	25.00	25.00	14,457.37	95	-1.645	0.45	4.20	3.00	0.90	0.90	4.94	-
Estudio 5	10	7'258,829	8.9	12.00	25.00	30.00	10,351	95	1.645	0.45	4.20	2.20	1.00	1.00	4.32	-
Estudio 6	10	292,033.80	8.5	7.62	13.97	8.89	9,870.86	75	-0.674	0.45	4.00	2.50	1.00	1.00	2.89	-
Estudio 7	15	2'840,999.761	6.10	10.00	25.00	9.84	8,128.34	85	-1.036	0.45	4.00	2.50	1.00	1.00	3.95	-
Estudio 8	20	2'527,480.15	13.00	19	-	-	4,350	80	-0.841	0.32	4.50	2.50	1.00	1.00	4.53	-
Estudio 9	15	12'000,000	6.00	4.00	5.91	15.75	8,043	90	-1.282	0.44	4.20	3.00	1.00	1.00	5.50	-
Estudio 10	10	7'300,000.00	7.00	14	10	32	8,876	95	-1.645	0.45	4.50	2.50	1.00	1.00	5.822	-
Estudio 11	10	16'388,460	9.00	15.00	18.00	20.00	70.91	90	-1.282	0.45	4.20	1.70	0.90	0.90	2.62	-
Estudio 12	20	4.69 E+05	17.00	7.50	22.00	0.00	14,084.55	90	-1.282	0.45	4.20	2.00	-	-	2.37	-
Estudio 13	10	8.66 E+05	5.40	10.16	15.24	15.24	7,518.36	70	-0.524	0.45	4.20	2.00	-	-	2.89	-
Estudio 14	10	7.22 E+06	7.00	14.00	10.00	32.00	8,876	95	-1.645	0.45	4.20	2.50	-	-	4.30	-
Estudio 15	20	6'949,270	6.25	7.50	6.00	10.50	5,590	90	-1.282	0.45	4.20	2.00	1.08	1.08	4.80	-
Estudio 16	10	8.95 E+03	3.20	15.00	19.00	25.00	78,164.4	90	-1.282	0.45	4.20	2.00	-	-	4.50	-
Estudio 17	21	73'000,000	2.56	10.00	15.00	20.00	8,880	85	-1.282	0.45	4.20	1.7	1.07	1.07	6.45	-
Estudio 18	10	582'000,000	4.00	10.16	38.1	55.88	6345	85	-1.037	0.40	4.20	2.5	-	-	6.32	-
Estudio 19	10	596,219	3.73	10.00	20.00	35.00		-	-	-	-	-	-	-	-	28.3
Estudio 20	20	4'900,000	5.00	5.91	9.84	9.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00

Fuente: Propia

ANEXO 04: Ficha De Resumen Del Estudio 01

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO LOS MÉTODOS AASHTO 93 EN EL INSTITUTO DEL ASFALTO EN LA AV. SANTA FORTUNATA – MOQUEGUA, 2021
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	COLANA COAYLA, ROGER ALFONSO - 2021
<p>El presente diseño de investigación trata sobre la estructura del suelo elástico utilizando los procedimientos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto Norteamericano en la Av. Santa Fortunata – Moquegua, 2021. El objetivo principal del proyecto de investigación es realizar cálculo de espesores del pavimento elástico utilizando dos metodologías conocidas para realizar un comparativo y proponer espesores finales para una rehabilitación de la Av. Santa Fortunata en una aproximada longitud de 2.00 Km, la avenida ya se encuentra en su etapa final de su vida útil, por la presencia de patologías en la carpeta asfáltica, como piel de cocodrilo, huecos, depresiones, fisuras longitudinales y transversales, perdida de fino y muchos otros. La metodología es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo de diseño descriptivo exploratorio, al obtener el cálculo de espesores para su rehabilitación de la avenida en estudio, se utilizan los métodos indicados para el diseño con datos mínimos y en otro caso un poco más riguroso, de los cuales se obtienen los valores de espesores, ya sean para la subbase, base y la carpeta asfáltica, para lo cual estaremos realizando un comparativo de los cálculos y finalmente proponer los espesores finales por ser la esencia de la investigación. El proyecto final del suelo elástico para la avenida Santa Fortunata, sería de 50 cm. considerando 5 cm. para la carpeta asfáltica, 20 cm. para la base granular, y 25 cm. para la subbase granular. Este proyecto contempla los siguientes puntos; la introducción donde se describe la realidad del problema, definición del problema, formulación de objetivos, justificación, hipótesis, el marco teórico, la metodología del proyecto, los resultados, la discusión, las conclusiones y recomendaciones.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 05: Ficha De Resumen Del Estudio 02

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA LA VÍA AEROPUERTO EL EDÉN - CLUB CAMPESTRE – ARMENIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO EN EL K 2+000 AL K 6+100
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	CORREIA MARCÍAS, FREDDY ANTONI & OJEDA RICAURTE, ANTHONY MAURICIO - 2021
<p>La construcción de vías del país es fundamental para el desarrollo, importante contar con vías idóneamente diseñadas para soportar cargas de vehículos que pasarán por dicha vía, brindarles a los usuarios, seguridad y comodidad. Por ende, diseñar estructuras sin estudio y análisis correspondiente puede ocasionar alto costo en reconstrucción. El objetivo de este proyecto fue realizar un análisis comparativo entre dos metodologías de diseño de pavimento para establecer conclusiones sobre las diferencias entre los mismos y sobre las variables de diseño que intervienen. Las metodologías fueron, AASHTO-93, en el cual intervinieron parámetros empíricos, y el Racional Mecanicista, en la admisibilidad los materiales a las deformaciones inducidas por esfuerzos en las capas. Contamos con software de diseño de pavimento uno fue el AASHTO-93 y el otro fue el CEDEM para el diseño por el Racional, donde se realizaron combinaciones en función a la variación de espesores y materiales para cada capa.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 06: Ficha De Resumen Del Estudio 03

FICHA RESUMEN	
Título:	EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA AASHTO Y SHELL PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA VÍA “CARACOLÍ” QUE CONECTA A “LA CARRETERA DEL AMOR” EN VILLAVICENCIO – META
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	GARZÓN GARZÓN, CAROLINA CECILIA - 2020
<p>Hoy día el mundo cuenta con diferentes métodos para el diseño de pavimentos flexibles que se diferencian entre sí, por las ecuaciones y nivel de información que requieren. Si bien es cierto que en Colombia se utiliza el método AASHTO 93, es válido cuestionarse respecto de la conveniencia de explorar y analizar otros métodos que pudiesen ser aplicables en el país. Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se estudiaron y compararon los métodos de diseño semiempírico (AASHTO 93) y mecanicista-racional (SHELL 78). Para ello se realizó en primera instancia una comparación teórica de los métodos seleccionados en cuanto al enfoque y al nivel de información requerido por cada método. Posteriormente se realizó una comparación de resultados obtenidos por los distintos métodos, en una serie de escenarios definidos para la vía “Caracolí”, en el municipio de Villavicencio en el Meta, según variables de tránsito, subrasante y clima. Al igual que en términos de espesores de capa y costo de materiales. Los resultados indicaron que el método más conservador, considerando los espesores de las capas de una estructura de pavimento flexible y los costos que ello implica, es el método AASHTO 93. Sin embargo, el método que considera una mayor cantidad de información, es el de SHELL 78, porque que ha logrado determinar las combinaciones de espesores de las diferentes capas del pavimento que garantizan el cumplimiento de los valores de deformación por tracción en las capas asfálticas (ϵ_t) y la deformación vertical por compresión en la subrasante (ϵ_z) durante el periodo de diseño, este método supone la estructura del pavimento como un sistema multicapa linealmente elástico, bajo la gestión de las cargas de tránsito, en el cual los materiales se hallan por su módulo de elasticidad. La principal recomendación es complementar los resultados obtenidos con programas más actualizados que incorporen el análisis de los datos según un método empírico-mecanicista.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 07: Ficha De Resumen Del Estudio 04

FICHA RESUMEN	
Título:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO 93 Y SHELL, AVENIDA, 1 LURIGANCHO 2020
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	PEÑALOZA CABRERA, CAMILA ESTEFANI & VASQUEZ CANCHANYA - 2020
<p>El problema de la investigación fue el análisis comparativo del diseño del pavimento flexible por el método AASHTO 93 y SHELL, en la avenida 1 – Lurigancho 2020. El objetivo de la investigación fue analizar de qué manera contribuye el análisis comparativo del diseño del pavimento flexible por el método AASHT 93 y SHELL, en la avenida 1 – Lurigancho 2020, este informe se presentará el diseño estructural en la cual se calcula los espesores del pavimento flexible con los elementos que se basamos a las experiencias del software AASHTO 93, tomando en cuenta sus respectivos cambiantes, considerando el eje equivalente y vamos a hacer un diseño con el procedimiento Shell para establecer los espesores de cada composición tomando en cuenta una época de 20 años, asimismo se analizará todos los diseños con sus procedimientos respectivos y va-nos a hacer un cuadro de comparativo, a fin de seleccionar cual diseño es más optimo, el costo de materiales y calidad.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 08: Ficha De Resumen Del Estudio 05

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA LA VÍA EL CRUCERO – PAJARITO – AGUAZUL EN LOS DEPARTAMENTOS DE BOYACÁ Y CASANARE EN EL TRAMO K49+650 – K50+460.
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	CELIS VANEGAS, GUSTAVO ADOLFO - 2019
<p>En este escrito se desea realizar un diseño de una estructura de pavimento flexible para el tramo en consideración mediante el método AASHTO – 93, cuya finalidad es obtener la dimensión de diferentes espesores de capas que constituyen la estructura. Para realizar el diseño de una estructura de pavimento, debemos tener en cuenta la resistencia del material de subrasante dado que es el soporte de la estructura, siendo esta la razón que los materiales definidos para las capas de la estructura de pavimento asumirán mayor parte de los esfuerzos generados por las cargas de los vehículos.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 09: Ficha De Resumen Del Estudio 06

FICHA RESUMEN	
Título:	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	BRICEÑO TORRES, LUIS ABERTO & NARCIZO BURGOS, WILLY JESUS - 2019
<p>En la actualidad, los caminos vecinales que conectan a los caseríos de los diferentes Distritos pertenecientes a las provincias del Perú cumplen un Rol protagónico en el Desarrollo de los Distritos, permitiendo el transporte de mercadería de diversa índole, activando la economía y resultando en el desarrollo social, económico y cultural del Perú.</p> <p>En la presente tesis se realiza el diseño de la estructura del pavimento flexible de 7.554, kilómetros del Camino Vecinal de Chuan Parte Baja a Julcán, ubicado en el Departamento de La Libertad, Provincia de Julcán, Distrito de Julcán. Dicho Camino carece de algún tipo de pavimentación y señalización. La falta de pavimento en dicho Camino Vecinal ocasiona retrasos en los transportes y dificultando el acceso al caserío.</p> <p>Se presenta la elaboración del diseño de Estructura de Pavimento Flexible mediante la metodología de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, en un contexto con propiedades mecánicas definidas; por tanto, los procesos de los diseños pueden ser extrapolados a realidades con similares propiedades mecánicas y servir así de referencia científica para futuros proyectos.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 10: Ficha De Resumen Del Estudio 07

FICHA RESUMEN	
Título:	EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CARRETERAS COLOMBIANAS Y BRASILERAS
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	ARIZA MERCHAN, ORCAR ANDRES; CASTELLANOS VILLALOBOS, DAVID ANDRES; VELASCO ARIZA, EDWIN JHONN EDISSON - 2019
<p>Diseñar pavimentos por el método empírico de los países de Colombia y Brasil, basados fundamentalmente en el CBR del material de subrasante y de las capas de materiales granulares, a fin de proporcionar los espesores de las capas del pavimento que garanticen el cuidado del suelo de subrasante. El diseño empírico brasilero se regula por la especificación del Instituto de Investigaciones de Carreteras IPR/DNIT 1981. Para el caso colombiano, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS1998) considera unas estructuras típicas de pavimentos con tres variables de diseño relacionadas con la subrasante, el clima y el tránsito. El presente trabajo, tiene como objetivo analizar las principales variables para el diseño de pavimentos en Colombia y en Brasil, con el fin de evaluar aspectos técnicos en el diseño por medio de los métodos empíricos tradicionales para los dos países.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 11: Ficha De Resumen Del Estudio 08

FICHA RESUMEN	
Título:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODOS DE DISEÑO AASHTO Y PCA APLICANDO EN UNA VÍA PÚBLICA, CAJAMARCA _ 2019
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	MICHÁN LEZCANO, CHRISTIAN KEVIN - 2019
<p>La presente investigación, tuvo como objetivo general hacer un análisis comparativo de las metodologías AASHTO y PCA de un pavimento rígido, aplicado al pasaje San Mateo, barrio Mollepampa de la ciudad de Cajamarca. Primero se realizó una calicata y se obtuvo muestras del suelo en campo, con la que se determinaron las propiedades físico - mecánicas, obteniendo un valor de CBR del 13%. Luego se hizo el levantamiento topográfico de la vía, donde se obtuvo una longitud de 249.55 m. En el estudio de tránsito vehicular, se contabilizó vehículos ligeros (A) y vehículos pesados (B2, C2, C3, T2S3), los vehículos ligeros representan el 93% de los vehículos totales y los pesados el 7%. Con todos estos datos procedemos a diseñar el pavimento rígido por las metodologías AASHTO y PCA, determinando un espesor de 19 cm y 23 cm respectivamente. Al analizar estos dos métodos se determinó que el espesor de pavimento por la metodología AASHTO es menor respecto al del diseño por la metodología PCA, por lo tanto; el costo de construcción de pavimento es menor. Sin embargo, se elegiría como mejor metodología al diseño por PCA, ya que el espesor de 23 cm cumple con los análisis de fatiga y erosión, en cambio el espesor de 19 cm que corresponde al método AASHTO, no cumpliría bajo estos análisis, a pesar de que la vía presenta bajo volumen de tránsito vehicular. PCA garantiza un análisis más específico y conveniente para el espesor de losa durante todo el periodo de vida útil del pavimento.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 12: Ficha De Resumen Del Estudio 09

FICHA RESUMEN	
Título:	OPTIMO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO CRUCE DEL CENTRO POBLADO EL CASTILLO HASTA EL KILOMETRO 15+000 SECTOR BAJO CANAL, CENTRO POBLADO CASCAJAL SANTA ANCASH 2019
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	VALENTÍN CASTRO, RENEE RICHARD & LUNAREJO ROBLES, ALDO MIGUEL - 2019
<p>La presente tesis tiene como objeto realizar un óptimo diseño estructural del pavimento flexible utilizando y comparando entre las dos metodologías AASHTO 93 e Instituto del Asfalto, donde se determinó los espesores de la estructura del pavimento así como también su durabilidad, el estudio está enfocado para el tramo comprendido desde el cruce del centro poblado el Castillo hasta el kilómetro 15+000 sector bajo canal, centro poblado Cascajal Santa-Ancash-Perú. Los parámetros principales que influyen en estos diseños son el módulo resiliente de la subrasante, el número de cargas de ejes equivalentes simples y la temperatura media anual del aire. Por otra parte, el CBR obtenido de la subrasante corresponde a un nivel de regular, un factor que fue en cierta medida determinante en la estructura del pavimento obtenido. Se determinó que al aplicar el método AASHTO 93 se obtuvo los siguientes espesores estructurales del pavimento: carpeta asfáltica de 2 pulgadas, base de 8 pulgadas y sub base de 10 pulgadas; mientras que, con el método del Instituto del Asfalto: carpeta asfáltica de 4 pulgadas, base de 12 pulgadas y sub base de 14 pulgadas, esto demuestra que la diferencia más resaltante es en la capa superficial donde es mayor con la segunda metodología mencionada. Después de diseñar la estructura del pavimento, y realizar la comparación entre ambos métodos, resultó que el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93, es el más óptimo en comparación al método del Instituto del Asfalto.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 13: Ficha De Resumen Del Estudio 10

FICHA RESUMEN	
Título:	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PUENTE DE PIEDRA - COLÓN - VARIANTE MADRID, CUNDINAMARCA
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	VARGAS ANGARITA, NELSON ROLANDO- 2018
<p>Concebir proyectos viales planificados que garanticen una mejora en la calidad de vida de los usuarios, así como un impacto en las actividades económicas y sociales de una nación, hacen que un diseño sea la respuesta a una insatisfacción, es así que nacen los métodos de diseño, como fuente de procesamiento para satisfacer una necesidad de manera económica, confiable y con la identificación de datos que reconocen las condiciones existentes. En Colombia, estos métodos de diseño han sido extrapolados en su más amplio espectro de análisis, estudios y pruebas realizados en otras naciones con contextos distintos, pero en cierta medida semejantes a los propios, y de esta forma muchos de nuestros manuales y normas de diseño y construcción son lineamientos que nos permiten adecuarnos a un proceso en el tema del diseño. Esto, sin duda alguna suscita en muchos profesionales, algunas dudas sobre el trabajo que desarrollan aun cuando la formación de estudiantes, futuros ingenieros y diseñadores colombianos, se ve dispuesta al aprendizaje de metodologías tradicionales, que posiblemente no responden a los modelos que podrían ser aplicables y amplificarse en factor de la evolución del país. Por lo cual, este trabajo realiza un análisis de la confiabilidad y aplicabilidad que nos presenta el diseño mediante metodologías AASHTO respecto con la aplicación de métodos modernos presentados en el Manual de Diseño INVIAS 2016, donde nos permiten trabajar con el concepto de curva maestra para la mezcla asfáltica, y empezar a involucrar diversos ensayos como módulo dinámico, y estimación de los módulos resilientes de la subrasante para períodos mensuales y variaciones climatológicas, de tal forma se realizará una verificación del diseño con BISAR.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 14: Ficha De Resumen Del Estudio 11

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO Y COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO A PARTIR DE DIFERENTES METODOLOGÍAS PARA LA VARIANTE DEL MUNICIPIO DE SAN GIL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	TORRES CHACÓN, JUAN DAVID - 2018
<p>El presente artículo tiene como objetivo comparar las metodologías de diseño para pavimentos flexibles en la variante del municipio de San Gil en el departamento de Santander. El proyecto inicia con la recolección y selección de datos iniciales, correspondiente a estudios geotécnicos, geológicos, topográficos, hidrológicos y de tránsito, para posteriormente realizar el diseño de la estructura pavimento por el método AASHOTO 93 y Racional. De los resultados se identificó que los espesores de pavimentos obtenidos de cada metodología están directamente relacionados con el modelo de análisis de variables.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 15: Ficha De Resumen Del Estudio 12

FICHA RESUMEN	
Título:	COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO ENTRE METODOLOGÍAS ASSHTO93 E IA, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA PE-26B, 2018
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	YAPUCHURA CAYLLAHUA, ÁNGEL - 2018
<p>En esta tesis se realiza la comparación técnica y económica entre metodologías AASHTO93 e IA para el diseño de pavimento flexible de la variante de la carretera PE- 26B, 2018. Específicamente, según el temario del tema de tesis, la variante de la carretera PE-26B de 2.686 kilómetros designado por el asesor.</p> <p>La carretera PE-26B tiene 188.37 kilómetros de longitud y conecta las ciudades de Huancavelica, Pampachachra, Cunyac, Lircay, Abra Panpamali, Secclla, Julcamarca y Lagunillas. En general, es una vía nacional que conecta a Huancavelica con la Longitudinal de la Sierra Sur PE-3S. El tramo de estudio de esta tesis une a los distritos de Secclla y Julcamarca. Cabe resaltar que entre las particularidades de la zona presenta un clima frio y con muchas precipitaciones.</p> <p>Se procede con el diseño del pavimento utilizando la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 93 y del Instituto del Asfalto (IA) para pavimento Flexible.</p> <p>Por último, una vez obtenidos los diseños definitivos (espesores de capas que conforman el pavimento), se procede a una comparación técnica y económica de las metodologías empleadas para el diseño de pavimento de la variante.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 16: Ficha De Resumen Del Estudio 13

FICHA RESUMEN	
Título:	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL AH SAN LORENZO - JOSÉ LEONARDO ORTIZ – CHICLAYO - PERÚ
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	IRIGOIN QUESQUÉN, RONY JOEL - 2018
<p>La presente tesis realiza un estudio comparativo entre las metodologías AASHTO 93 e Instituto del Asfalto, donde tiene como objetivo principal determinar el óptimo diseño del pavimento flexible, en aspecto estructural de espesores, costos y durabilidad, para el Asentamiento Humano San Lorenzo, sector oeste – José Leonardo Ortiz – Chiclayo -Perú.</p> <p>Los parámetros principales que influyen en estos diseños son el módulo resiliente de la subrasante, el número de cargas de ejes equivalentes simples y la temperatura media anual del aire. Por otra parte, el CBR obtenido de la subrasante corresponde a un nivel de pobre a regular, factor que fue en cierta medida determinante en la estructura del pavimento obtenido.</p> <p>Se determinó que al aplicar el método AASHTO 93 se obtuvo los siguientes espesores estructurales del pavimento: carpeta asfáltica de 4 pulgadas, base de 6 pulgadas y subbase de 6 pulgadas; mientras que, con el método del Instituto del Asfalto: carpeta asfáltica de 6 pulgadas, base de 6 pulgadas y subbase de 6 pulgadas, esto demuestra que la diferencia más resaltante es en la capa superficial donde es mayor con la segunda metodología mencionada.</p> <p>Después de diseñar la estructura del pavimento, y realizar la comparación entre ambos métodos, resultó que el diseño del pavimento flexible con el método AASHTO 93, es el más óptimo en comparación al método del Instituto del Asfalto.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 17: Ficha De Resumen Del Estudio 14

FICHA RESUMEN	
Título:	COMPARACIÓN DEL DISEÑO CALCULADO MEDIANTE MÉTODO AASHTO 1993 DE TRAMO DE LA VÍA PASO NACIONAL POR ZIPAQUIRÁ, CON RESPECTO A MÉTODOS MODERNOS DE DISEÑO DEL MANUAL INVIAS 2016 PARA MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRÁNSITO
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	VARGAS ANGARITA, NELSON ROLANDO - 2018
<p>Esto, sin duda alguna suscita en muchos profesionales, algunas dudas sobre el trabajo que desarrollan aun cuando la formación de estudiantes, futuros ingenieros y diseñadores colombianos, se ve dispuesta al aprendizaje de metodologías tradicionales, que posiblemente no responden a los modelos que podrían ser aplicables y amplificarse en factor de la evolución del país.</p> <p>Por lo cual, este trabajo realiza un análisis de la confiabilidad y aplicabilidad que nos presenta el diseño mediante metodologías AASHTO respecto con la aplicación de métodos modernos presentados en el Manual de Diseño INVIAS 2016, donde nos permiten trabajar con el concepto de curva maestra para la mezcla asfáltica, y empezar a involucrar diversos ensayos como módulo dinámico, y estimación de los módulos resilientes de la subrasante para períodos mensuales y variaciones climatológicas, de tal forma se realizará una verificación del diseño con BISAR.</p> <p>Por último, producto del análisis, se puede realizar una comparación entre las variables más utilizadas por cada método y su incidencia sobre la ejecución final, período de vida, identificando semejanzas y factores de diferenciación sobre los cuales se fundamentan algunas recomendaciones para ser consideradas dentro de la vida profesional de un ingeniero de pavimentos a la hora de realizar, ejecutar o verificar un diseño.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 18: Ficha De Resumen Del Estudio 15

FICHA RESUMEN	
Título:	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN COLOMBIA, ESPAÑA E ITALIA
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	NIETO GALVIS, JHONNY MAURICIO - 2016
<p>Los métodos para el diseño de pavimentos son producto del trabajo de estudio, pruebas, mediciones y análisis de muchos profesionales a lo largo del tiempo en diferentes latitudes y buscan que cada vez la ingeniería de vías logre mejores superficies que garanticen mayores tiempos de servicio, la movilidad, la seguridad y reduzcan los costos tanto de construcción como de mantenimiento para los estados y para los usuarios finales.</p> <p>El presente trabajo explora los métodos elaborados en Colombia por el Instituto Nacional de Vías INVIAS y por el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá IDU, en España la norma 6.1IC y en Italia la norma CNR-178; para a partir de una revisión bibliográfica cuidadosa analizar los principales componentes que cada uno utiliza para el cálculo de la estructura de pavimento.</p> <p>Como ejemplo evolutivo, también se enuncian otros modelos existentes en Europa, algunas de sus características y la organización existente para su estandarización a nivel continental, los entes encargados en cada país del desarrollo de este tipo de modelos y como se interrelacionan con sus pares.</p> <p>Finalmente, producto del análisis, se realizan comparaciones entre las variables más utilizadas por cada método identificando similitudes y factores de diferenciación sobre los cuales se fundamentan algunas recomendaciones para ser consideradas como elementos de mejora para futuras actualizaciones por parte del INVIAS.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 19: Ficha De Resumen Del Estudio 16

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO PARA LA CARRERA 9 ESTE DEL MUNICIPIO DE PITALITO HUILA.
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	LÓPEZ ARAQUE, SEBASTHIAN - 2016
<p>El presente documento contiene el desarrollo del diseño de pavimento flexible, como alternativa al diseño en concreto hidráulico, que se construiría en la Carrera 9 Este, que conformara el anillo vial externo del municipio de Pitalito Huila, implementando la metodología de diseño AASHTO, para determinar la estructura de pavimento optima que soporte las cargas que sobre ella transitaran, con el fin de presentar otra opción para ejecutar este importante proyecto para el municipio del sur del departamento del Huila.</p> <p>Con el fin fomentar la cultura de construcción de vías en concreto asfaltico, se realizó el diseño de la estructura de pavimento de la carrera 9E del municipio de Pitalito Huila, en una estructura multicapa con carpeta de rodadura asfáltica.</p> <p>Para la realización del diseño, se seguirá la metodología AASHTO - 93, con el fin de presentar la estructura de pavimento optima que pueda soportar las cargas que el transito genera.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 20: Ficha De Resumen Del Estudio 17

FICHA RESUMEN	
Título:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES METODOLOGÍAS DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO IMPLEMENTANDO LOS PARÁMETROS DE DISEÑO REQUERIDOS PARA EL CORREDOR MULALÓ – LOBOGUERRERO
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	LÓPEZ CHAPARRO, HANS SEBASTIAN - 2015
<p>En este documento se hace un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las diferentes metodologías de diseño para estructuras de pavimento, estos diseños se ejecutaron a partir de especificaciones y criterios de diseño que fueron iguales para todas las metodologías, esto con el fin de establecer las diferencias entre los espesores obtenidos al ejecutarse el diseño. Por fines prácticos se tomaron para el diseño de la estructura de pavimento, los criterios de diseño especificados en el pliego de condiciones generadas por la Agencia Nacional de Infraestructura para la concesión en el corredor entre Mulaló y Loboquerrero en el departamento del Valle del Cauca. Las metodologías de diseño con las cuales se hizo la comparación para pavimentos flexibles son AASHTO-93 y Racional, y para pavimentos rígidos PCA, AASHTO-93 y Manual de diseño de Pavimentos-INVIAS. Luego de desarrollar las metodologías de diseño, se hizo una comparación del dimensionamiento de cada estructura, con el fin de establecer las diferencias en cuanto al espesor que cada metodología de diseño establece, adicionalmente se evaluó la influencia que las variables tuvieron en cada metodología para el dimensionamiento de las estructuras.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 21: Ficha De Resumen Del Estudio 18

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASHTO Y RACIONAL
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	LAURA MARCELA, ARISTIZABAL MORALES; JOSE FERNANDO HOYOS ARENAS; LUISA GIL OBANDO; MARIA ALEJANDRA GOMEZ ECHEVERRY; DAYANA ANDREA GOMEZ JIMENEZ - 2014
<p>En este documento se presentan dos métodos para el diseño de pavimentos flexibles por los métodos AASHTO Y RACIONAL, donde se hace la descripción y posterior comparación de los elementos usados en cada uno, así mismo, se desarrolla el diseño de un pavimento flexible paso a paso con los elementos que cada método requiere y la explicación de los programas de software pertinentes para cada caso como lo son el AASHTO 93 y el DEPAV. Los datos iniciales encontrados en el documento son datos supuestos con el fin de hacer los cálculos correspondientes en general a un estudio de tránsito.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 22: Ficha De Resumen Del Estudio 19

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS INVIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA LA VÍA LA YE - SANTA LUCÍA BARRANCA LEBRIJA ENTRE LAS ABSCISAS K19+250 A K25+750 UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR
Tema de investigación:	MONOGRAFIA
Autor y Fecha:	SALAMANCA NIÑO, MARÍA ANGÉLICA & ZULUAGA BAUTISTA, SANTIAGO ARTURO - 2014
<p>Hoy en día el país se encuentra en una etapa de desarrollo muy importante teniendo en cuenta los tratados de libre comercio TLC firmados con varios países y el proceso de paz que se adelanta en la habana, cuba. Por lo tanto, Colombia debe invertir en la infraestructura vial de cada uno de los departamentos que la conforman, como estrategia de movilidad, comunicación, competitividad y desarrollo, con el fin de cumplir con los compromisos adquiridos ante estos países y ser reconocido como un país en vía de desarrollo. Esta inversión en infraestructura vial permitirá la reactivación económica de los departamentos, permitiendo un óptimo flujo de la producción agropecuaria reduciendo los costos de transporte, tiempos de desplazamiento y facilidad de acceso para la obtención de alimentos. De los 7.152 kilómetros de vías que tiene el Departamento del Cesar, más del 88% está sin pavimentar y en mal estado. La cifra se desprende de un diagnóstico que sirvió como punto de partida para estructurar un plan de recuperación presentado por la administración seccional, el cual permitirá un mayor dinamismo de la economía campesina, teniendo en cuenta que las carreteras y caminos a intervenir pertenecen a la red terciaria del país. Por lo anterior, se plantea la elaboración del diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía la YE - SANTA LUCIA BARRANCA LEBRIJA entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicadas en el Departamento del Cesar.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 23: Ficha De Resumen Del Estudio 20

FICHA RESUMEN	
Título:	DISEÑO DE LA VÍA TIMANÁ – COSANZA EN PAVIMENTO FLEXIBLE
Tema de investigación:	TESIS
Autor y Fecha:	SALAMANCA ORDÓÑEZ, JOSÉ ANTONIO; GODOY BAUTISTA, OSCAR JAVIER - 2013
<p>El presente estudio tiene un significado cognitivo y valorativo como reto, por cuanto, en el diseño se está aplicando la funcionalidad de los distintos métodos adquiridos, conocimientos y enseñanzas transmitidas durante cada asignatura que conlleva la especialización en ingeniería de pavimentos. Con el diseño se pretende dar alcance a las soluciones que atañen principalmente al tramo de vía que desde el Municipio de Timaná conduce al centro poblado de la vereda de Cosanza, para una población aproximada circundante en el sector de 1.600 habitantes de 28.000 con que cuenta el municipio. La propuesta brinda la solución a las necesidades más sentidas que presentan municipios pequeños cuando no se cuentan con los recursos económicos suficientes, técnicos y necesarios. Para permitir su cumplimiento, se ha dado alcance a los diferentes métodos estudiados para diseños de pavimentos que brindan modelos matemáticos y que proporcionan diseños ajustados a las características propias de cada región. Su recolección de información proporciona elementos de juicio en los insumos que con su aplicación arrojan resultados acordes y permiten minimizar los errores.</p>	

Fuente: Propia

ANEXO 24: Conteo vehicular diario – día lunes



FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←		S →
HORA DE CONTROL	7:00 Hrs. A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA Lunes - 08/11/2021

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	>3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
7:00 - 8:00	75	13	31	2	11	2		3	3	2			1		0					
8:00 - 9:00	71	15	33	3	13	3		2	4	2			1		1					
9:00 - 10:00	68	12	29	1	10	2		3	4	3			0		0					
10:00 - 11:00	62	10	27	0	9	1		2	4	3			2		0					
11:00 - 12:00	58	8	24	3	11	0		2	6	4			0		1					
12:00 - 13:00	62	9	26	1	12	3		2	3	2			1		0					
13:00 - 14:00	70	11	29	0	14	4		2	3	2			0		0					
14:00 - 15:00	73	13	31	1	11	3		3	4	2			0		0					
15:00 - 16:00	67	11	28	0	12	0		3	5	3			2		1					
17:00 - 18:00	77	14	28	2	14	4		3	4	2			2		1					
18:00 - 19:00	83	16	33	2	13	3		4	4	2			0		0					
19:00 - 20:00	86	20	37	3	15	5		4	4	1			1		1					
20:00 - 21:00	90	22	41	2	17	6		5	3	0			2		0					
TOTAL	942	174	397	20	162	36		38	51	28			12		5					

Encuestador Jonathan Cueva Huatay

ANEXO 25: Conteo vehicular diario – día martes



MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←		S →
HORA DE CONTROL	7.00 Hrs A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA	Martes 09/11/2021
-------------	-------------------

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Cambi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
7.00 - 8.00	54	10	23	1	8	2		1	3	1			0		1				
8.00 - 9.00	55	12	25	1	10	2		2	2	1			0		0				
9.00 - 10.00	52	8	22	2	9	1		2	3	2			1		1				
10.00 - 11.00	49	9	19	0	7	2		2	4	2			0		1				
11.00 - 12.00	47	8	20	0	6	0		3	3	1			1		0				
12.00 - 13.00	47	11	25	1	8	1		1	2	0			0		0				
13.00 - 14.00	53	10	26	0	10	2		2	2	0			0		0				
14.00 - 15.00	48	11	23	1	9	2		2	2	1			1		1				
15.00 - 16.00	47	8	20	0	10	3		2	3	1			1		0				
17.00 - 18.00	54	8	23	2	11	3		3	2	2			0		2				
18.00 - 19.00	56	11	24	3	13	2		2	4	2			1		1				
19.00 - 20.00	60	13	27	2	14	4		3	2	1			0		0				
20.00 - 21.00	63	14	29	3	15	5		4	1	0			0		1				
TOTAL	685	133	306	16	130	29		29	33	14			5		8				

Encuestador Jonathan Cueva Huatay

ANEXO 26: Conteo vehicular diario – día miércoles



FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←		S →
HORA DE CONTROL	7:00 Hrs. A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA Miércoles 10/11/2021

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH																				
7:00 - 8:00	48	6	22	0	8	1		1	2	0			0		1					
8:00 - 9:00	50	7	23	1	10	2		1	2	1			0		0					
9:00 - 10:00	51	5	22	1	9	1		1	4	1			1		0					
10:00 - 11:00	47	6	20	0	7	2		1	3	2			0		1					
11:00 - 12:00	48	5	21	1	5	1		2	2	2			0		0					
12:00 - 13:00	45	5	24	0	8	1		0	2	0			1		1					
13:00 - 14:00	48	5	22	0	10	1		1	2	0			0		0					
14:00 - 15:00	51	4	21	0	12	1		1	1	1			0		1					
15:00 - 16:00	47	4	22	1	9	2		2	3	2			0		0					
17:00 - 18:00	49	7	23	1	12	3		2	3	3			1		1					
18:00 - 19:00	51	8	25	2	15	4		3	3	1			1		0					
19:00 - 20:00	53	9	27	1	14	5		4	2	2			0		1					
20:00 - 21:00	55	11	28	0	16	5		4	3	0			0		0					
TOTAL	643	82	300	8	135	29		23	32	15			4		6					

Encuestador

Walter Tarrillo Tarrillo

ANEXO 27: Conteo vehicular diario – día jueves



MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACION	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←		S →
HORA DE CONTROL	7:00 Hrs A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA	Jueves 11/11/2021
-------------	-------------------

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
7:00 - 8:00	58	7	27	1	13	1		1	2	0			0		1				
8:00 - 9:00	60	9	30	1	15	2		2	2	1			1		0				
9:00 - 10:00	56	8	27	0	13	2		1	3	1			0		0				
10:00 - 11:00	55	7	25	0	9	3		2	4	2			1		1				
11:00 - 12:00	56	6	27	0	8	2		2	3	1			0		0				
12:00 - 13:00	53	9	30	0	7	2		2	2	2			1		0				
13:00 - 14:00	56	10	28	1	11	2		2	2	1			0		1				
14:00 - 15:00	52	8	27	0	8	1		1	2	1			0		0				
15:00 - 16:00	53	9	25	0	7	2		2	2	2			0		0				
17:00 - 18:00	55	10	29	1	10	3		2	3	1			1		1				
18:00 - 19:00	61	10	31	2	13	4		3	2	2			0		0				
19:00 - 20:00	63	11	33	2	15	5		2	1	0			1		1				
20:00 - 21:00	65	12	35	0	17	7		4	0	0			0		0				
TOTAL	743	116	374	8	146	36		26	28	14			5		5				

Encuestador Wilter Tarrillo Tarrillo

ANEXO 28: Conteo vehicular diario – día viernes



MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←	S →	
HORA DE CONTROL	7:00 Hrs A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA	Viernes 12/11/2021
-------------	--------------------

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	>3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>3S3	2T2	2T3	3T2	>3T3
DIAGRA. VEH.																			
7:00 - 8:00	85	10	27	1	9	2		2	3	1			0		1				
8:00 - 9:00	87	12	29	2	11	2		2	3	2			0		0				
9:00 - 10:00	85	17	32	0	10	2		3	5	2			1		0				
10:00 - 11:00	83	9	28	2	8	2		4	3	3			0		1				
11:00 - 12:00	81	8	25	0	9	3		2	6	2			0		0				
12:00 - 13:00	84	13	31	0	11	2		2	2	1			1		0				
13:00 - 14:00	86	12	28	0	13	2		2	3	1			0		1				
14:00 - 15:00	83	9	25	0	10	1		2	2	0			0		0				
15:00 - 16:00	82	13	22	1	11	2		2	3	2			0		1				
17:00 - 18:00	84	12	26	1	10	3		2	4	2			1		0				
18:00 - 19:00	85	14	28	2	13	3		3	3	1			1		1				
19:00 - 20:00	86	15	30	2	14	3		4	2	2			0		0				
20:00 - 21:00	90	18	35	0	16	5		2	7	1			1		0				
TOTAL	1101	156	366	11	145	32		32	40	20			5		5				

Encuestador Wilter Tarrillo Tarrillo

ANEXO 29: Conteo vehicular diario – día sábado



MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←	S →	
HORA DE CONTROL	7:00 Hrs A 21:00 Hrs		

DIA Y FECHA	Sábado 13/11/2021
-------------	-------------------

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	≥3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3	
7:00 - 8:00	110	11	28	2	10	1		2	3	1			0		0					
8:00 - 9:00	113	13	30	1	12	2		2	4	2			0		0					
9:00 - 10:00	109	9	28	1	10	1		4	3	2			1		0					
10:00 - 11:00	107	10	28	1	11	1		2	5	1			0		1					
11:00 - 12:00	106	11	26	1	13	2		3	3	2			0		1					
12:00 - 13:00	108	13	27	0	14	1		4	2	1			1		0					
13:00 - 14:00	112	11	33	0	12	2		2	2	2			0		0					
14:00 - 15:00	107	10	27	1	11	2		2	3	1			0		0					
15:00 - 16:00	104	11	25	1	10	2		3	2	3			0		1					
17:00 - 18:00	105	13	28	2	12	3		4	3	2			0		0					
18:00 - 19:00	106	15	31	3	13	5		3	4	2			1		1					
19:00 - 20:00	113	17	34	4	16	4		4	3	1			0		1					
20:00 - 21:00	119	20	37	1	18	6		4	4	2			1		0					
TOTAL	1419	164	382	18	162	32		39	41	22			4		5					

Encuestador Jonathan Cueva Huatay

ANEXO 30: Conteo vehicular diario – día domingo



FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

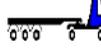
UBICACIÓN	Via principal Las Palmeras Provincia de Pacasmayo		
SENTIDO	E ←		S →
HORA DE CONTROL	7.00 Hrs. A 21:00 Hrs		

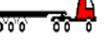
DIA Y FECHA	Domingo 14/11/2021
-------------	--------------------

HORA	AUTO	STATIO N WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
7:00 - 8:00	114	13	34	2	12	2		3	3	2			0		0					
8:00 - 9:00	117	15	37	1	15	3		3	3	2			1		0					
9:00 - 10:00	115	16	35	3	16	4		3	3	1			0		0					
10:00 - 11:00	119	14	33	1	15	3		4	4	2			1		1					
11:00 - 12:00	116	12	32	1	13	3		3	5	0			0		0					
12:00 - 13:00	118	11	34	1	15	2		3	3	2			0		0					
13:00 - 14:00	120	14	38	1	17	3		3	3	2			1		1					
14:00 - 15:00	114	10	34	2	14	3		2	3	1			0		0					
15:00 - 16:00	112	11	29	3	12	3		3	2	3			0		1					
17:00 - 18:00	118	13	31	1	14	3		3	3	4			1		1					
18:00 - 19:00	117	15	34	2	16	3		4	4	3			0		0					
19:00 - 20:00	120	18	35	2	18	4		4	3	2			0		0					
20:00 - 21:00	122	20	38	1	19	3		5	4	0			1		0					
TOTAL	1522	182	444	21	196	39		43	43	24			5		4					

Encuestador Jonathan Cueva Huatay

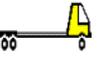
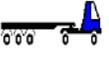
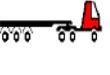
ANEXO 31: Estudio De Tráfico (conteo vehicular)

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR												
ESTUDIO DE TRAFICO												
UBICACIÓN		Vía Principal La Palmeras - PACASMAYO- LA LIBERTAD										
SENTIDO		E ←					S →					
HORA DE CONTROL		7:00 Hrs A 21:00 Hrs							FECHA		Nov-21	
DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER		
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		>=3 E	2 E	3 E	2S3	>= 3S3	
DIAGRA. VEH.												
LUNES 08/11/2021	E	475	84	200	9	90	24	22	27	15	7	2
	S	467	90	197	11	72	12	16	24	13	5	3
	TOTAL	942	174	397	20	162	36	38	51	28	12	5
MARTES 09/11/2021	E	345	62	158	7	73	12	14	18	8	3	3
	S	340	71	146	9	57	17	15	15	6	2	5
	TOTAL	685	133	304	16	130	29	29	33	14	5	8
MIÉRCOLES 10/11/2021	E	327	45	155	5	70	13	12	17	7	3	4
	S	316	37	145	3	65	16	11	15	8	1	2
	TOTAL	643	82	300	8	135	29	23	32	15	4	6

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER		
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi		>=3 E	2 E	3 E	2S3	>= 3S3	
DIAGRA. VEH.												
JUEVES 11/11/2021	E	378	56	184	3	76	19	14	12	6	2	3
	S	365	60	190	5	68	17	12	16	8	3	2
	TOTAL	743	116	374	8	144	36	26	28	14	5	5
VIERNES 12/11/2021	E	556	75	188	4	77	17	17	19	9	3	2
	S	545	81	178	7	68	15	15	21	11	2	3
	TOTAL	1101	156	366	11	145	32	32	40	20	5	5
SÁBADO 13/11/2021	E	724	80	195	8	85	17	18	22	9	2	2
	S	695	84	187	10	77	19	21	19	13	2	3
	TOTAL	1419	164	382	18	162	36	39	41	22	4	5
DOMINGO 14/11/2021	E	768	87	226	10	95	21	24	23	13	3	2
	S	754	95	218	11	101	18	19	20	11	2	2
	TOTAL	1522	182	444	21	196	39	43	43	24	5	4
TOTAL		7055	1007	2567	102	1074	237	230	268	137	40	38

Fuente: Propia

ANEXO 32: Estudio De Tráfico (Índice Medio Diario Semanal)

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER		TOTAL Veh/día
			PICK UP	MINIVAN	RURAL Combi	>=3 E		2 E	3 E	2S3	>= 3S3		
DIAGRA. VEH.													
LUNES	942	174	397	20	162	36	38	51	28	12	5	1865 Veh/día	
MARTES	685	133	304	16	130	29	29	33	14	5	8	1386 Veh/día	
MIÉRCOLES	643	82	300	8	135	29	23	32	15	4	6	1277 Veh/día	
JUEVES	743	116	374	8	144	36	26	28	14	5	5	1499 Veh/día	
VIERNES	1101	156	366	11	145	32	32	40	20	5	5	1913 Veh/día	
SÁBADO	1419	164	382	18	162	36	39	41	22	4	5	2292 Veh/día	
DOMINGO	1522	182	444	21	196	39	43	43	24	5	4	2523 Veh/día	
IMDS	1008	144	367	15	153	34	33	38	20	6	5	1822 Veh/día	

Fuente: Propia

ANEXO 33: Conteo Vehicular



Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 34: Conteo Vehicular



Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 35: Conteo Vehicular



Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 36: Conteo Vehicular

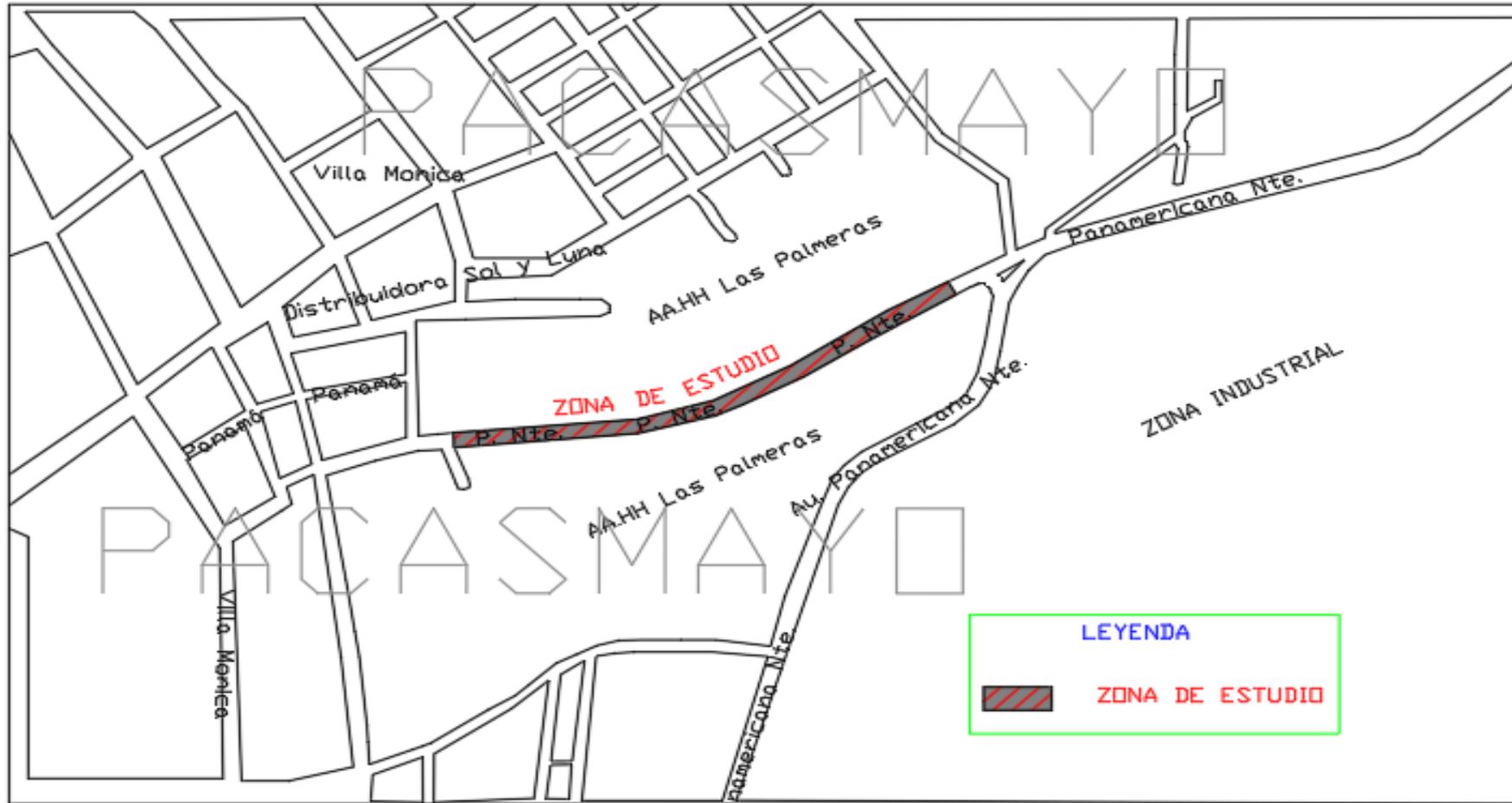


Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 37: Plano de ubicación de la muestra – zona de estudio.



Fuente: Propia

ANEXO 38: Situación Actual de Zona de Estudio.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

ANEXO 39: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 1 de 45</p>
---	--

ESTUDIO GEOTECNICO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021

UBICACIÓN:
VIA PRINCIPAL LAS PALMERAS DE PACASMAYO

DISTRITO:
PACASMAYO

PROVINCIA:
PACASMAYO

DEPARTAMENTO:
LA LIBERTAD

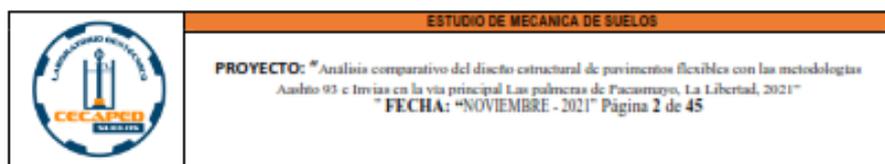
NOVIEMBRE-2021

LABORATORIO GEOTECNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingenieria.esb.pe
995-088-817 / 946-227-318 / (044)0986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 882
Jefe de Laboratorio



ANEXO 40: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



1. GENERALIDADES	4
1.1. Objetivo del estudio	4
1.2. Normatividad	4
1.3. Ubicación y descripción del área de estudio	4
1.4. Alcance del estudio de mecánica de suelos (EMS)	5
1.5. Acceso al área de estudio	5
1.6. Condición Climática y altitud de la zona	6
1.7. Metodología	6
1.8. Alcance de estudio de mecánica de suelos (EMS)	7
1.9. Nombre del Proyecto:	7
2.0 Investigación de campo	7
2.1. Registro de calicatas	7
2.2. Muestreo de suelos	8
2.3. Presencia de nivel freático	8
3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO	8
3.1. Ensayos Estándar	8
3.1.1. Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422 / NTP 400.012)	9
3.1.2. Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216 / NTP 339.127)	9
3.1.3. Peso Específico Relativo de Sólido (ASTM-D-854)	9
3.1.4. Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico: ASTM-D-424(NTP 339.129 PARA LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO)	10
3.2. Ensayos Especiales	11
3.2.1. ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (ASTM -D -1557)	11
3.2.2. ENSAYO DEL CBR (ASTM -D -1883)	12

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / 04495986044


 Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 41: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 3 de 45</p>	

4. PERFILES DE SUELO 18

5. CONCLUSIONES..... 19

 5.1. Conclusiones..... 19

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21

7. HOJAS DE CALCULO..... 22

8. PANEL FOTOGRAFICO 44



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Floriani
 Edwin W. Delgado Floriani
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 42: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" " FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 4 de 45

1. GENERALIDADES

1.1. Objetivo del estudio

El presente informe tiene como objetivo conocer las principales propiedades geo-mecánicas del área de cimentación, de tal manera que con los resultados obtenidos se recomienden los diseños óptimos que garanticen la calidad y vida útil de la estructura.

Por lo que el presente documento desarrollará el capítulo de Mecánica de Suelos, de la zona a investigar.

1.2. Normatividad

El estudio es realizado teniendo como base las siguientes normas:

- Norma CE – 10 "Pavimentos Urbanos".
- Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones vigentes. Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos vigente.
- Manual de Carreteras - EG – 2013 Especificaciones técnicas generales para construcción vigente.
- Normas Técnicas Peruanas (NTP) vigentes.
- Normas ASTM, códigos o guías complementarias.

1.3. Ubicación y descripción del área de estudio

El terreno del presente proyecto está ubicado en VÍA PRINCIPAL LAS PALMERAS DE PACASMAYO, Distrito de Pacasmayo, Provincia de Pacasmayo, Departamento la Libertad.

Las coordenadas Formato WGS-84:

Puerto Malabrigo Latitud: -7.40

Puerto Malabrigo Longitud: -79.5722

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 43: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 5 de 45</p>



1.4. Alcance del estudio de mecánica de suelos (EMS)

El presente estudio es válido solamente dentro de los límites del área del proyecto y con fines de atención al proyecto referido. En el presente informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas del estudio geotécnico efectuado en el terreno de estudio, ubicado en el distrito de Pacasmayo, en la provincia de Pacasmayo.

1.5. Acceso al área de estudio

El área de estudio está ubicada en VÍA PRINCIPAL LAS PALMERAS DE PACASMAYO, Distrito de Pacasmayo, Provincia de Pacasmayo, Departamento la Libertad.

TRAMO	DISTANCIA-DURACION
TRUJILLO- PACASMAYO	116 km – 2h 1 min

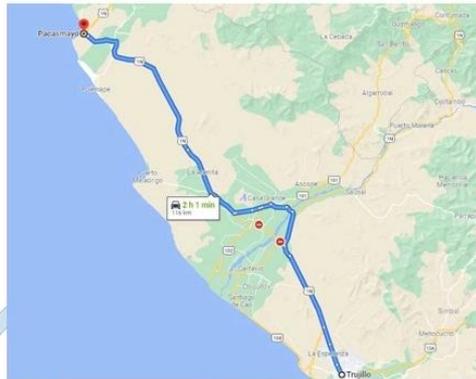
LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Floriani
 Edwin W. Delgado Floriani
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 44: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 6 de 45</p>
---	--



1.6. Condición Climática y altitud de la zona

En Pacasmayo, los veranos son cortos, calurosos, opresivos y nublados; los inviernos son largos, cómodos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 29 °C.

1.7. Metodología

Con la finalidad de cumplir con el programa de trabajo, se realizaron las siguientes actividades:

- Búsqueda, recopilación y análisis de los antecedentes
- Inspección visual de campo
- Investigación de campo (calicatas)
- Ensayos de laboratorio
- Elaboración del perfil estratigráfico
- Conclusiones y Recomendaciones.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 45: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



1.8. Alcance de estudio de mecánica de suelos (EMS)

El presente estudio es válido solamente dentro de los límites del área del proyecto y con fines de atención al proyecto referido. En el presente informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas del estudio geotécnico efectuado en el terreno de estudio.

1.9. Nombre del Proyecto:

"Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"

2. Investigación de campo

2.1. Registro de calicatas

Se distribuirán adecuadamente las 03 calicatas, teniendo en cuenta las características y dimensiones del terreno, así como la ubicación de las estructuras previstas cuando éstas estén definidas.

La exploración se realizó mediante 03 calicatas o pozos de exploración a cielo abierto, asignándole como C-1, C-2, C-3, estas exploraciones fueron ubicadas estratégicamente en la zona de estudio, en donde se proyecta la construcción de las cimentaciones y estructuras, las cuales cubren razonablemente el área a investigar.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florian
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 46: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la via principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 8 de 45</p>

Tabla N°06: Ubicación de calicatas

METODO	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)
CALICATA	C-01	1.50
CALICATA	C-02	1.50
CALICATA	C-03	1.50

Fuente: propia

2.2. Muestreo de suelos

De cada calicata se obtendrán muestras de los estratos más representativos, se tomarán muestras en bolsas de plástico (Mab), manteniendo inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo. Sobre estas muestras deberán realizarse los ensayos generales, la cantidad de suelo extraído deberá ser suficiente para realizarlos según los ensayos indicados.

2.3. Presencia de nivel freático

No se encontró a la profundidad máxima estudiada de -1.50 metros del nivel del terreno natural.

3. Ensayos de laboratorio

3.1. Ensayos Estándar

De las Muestras Alteradas tipo Mab, se realizaron los Ensayos de Propiedades Físicas: granulometría, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), Peso específico de los sólidos, contenido de humedad natural y Clasificación de Suelo (SUCS), todos estos con el objetivo de determinar los Perfiles Estratigráficos;

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio




ANEXO 47: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 9 de 45

realizaron los Ensayo de Compactación, ensayo del CBR ((California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California).

3.1.1. Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422 / NTP 400.012)

Consistiendo este ensayo en pasar una muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas a fin de determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Balanza
- Tamices desde la No. 4 hasta la No. 200
- Escobillas
- Taras

3.1.2. Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216 / NTP 339.127)

Es un ensayo rutinario de Laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una porción de suelo en términos de su peso en seco.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Balanza (aprox. 0.01g)
- Horno (110°C ± 5°C)
- Espátula
- Recipientes

3.1.3. Peso Específico Relativo de Sólido (ASTM-D-854)

Se define también como la relación que existe entre el peso de los sólidos y el peso del volumen del agua desalojado por los mismos.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio


ANEXO 48: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 10 de 45

- Balanza (aprox. 0.01g)
- Horno (110°C 5ªC)
- Picnómetro capacidad 500 ml.

3.1.4. Límites de Consistencia Límite Líquido: ASTM-D-423 Límite Plástico:

ASTM-D-424(NTP 339.129 PARA LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO)

Estos ensayos sirven para expresar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad en las características de plasticidad de un suelo cohesivo. Los ensayos se efectúan en la fracción de muestra de suelo que pasa la malla No. 40.

La obtención de los límites líquido y plástico de una muestra de suelo permite determinar un tercer parámetro que es el índice de plasticidad.

Equipos y/o herramientas del ensayo:

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d", y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio


ANEXO 49: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



10.00 ± 0.2 mm (0.394" ± 0.008") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 g.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.

3.2. Ensayos Especiales

3.2.1. ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MOFICIADO (ASTM -D -1557)

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³)).

Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

METODO "A"

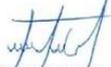
- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Número de capas:

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 50: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 12 de 45
---	---

- Golpes por capa: 25 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C

METODO "B"

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- Número de Capas:
- Golpes por capa:
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg). Manual de Ensayo de Materiales Página 106

METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 5
 - Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg)

3.2.2. ENSAYO DEL CBR (ASTM -D -1883)

1.1) Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

1.2) Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es

ANEXO 51: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" "FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 13 de 45</p>
---	---

normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.

1.3) Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria. 1.4) Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.

1.5) Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

1.6) Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

EQUIPOS Y MATERIALES

EQUIPOS

1.1) Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

1.2) Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") Manual de Ensayo de Materiales Página 249 de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente

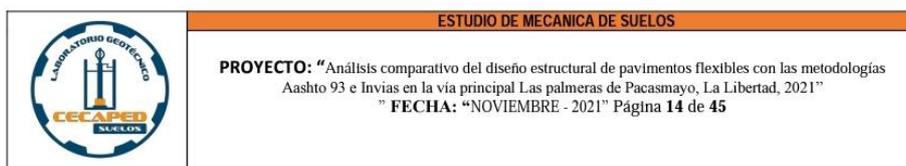
LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044



Edwin W. Delgado Florin
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 52: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



espaçadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

1.3) Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

1.4) Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

1.5) Aparato medidor de expansión compuesto por: · Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d). · Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

1.6) Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 ± 0,02kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 ± 0,02 kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

1.7) Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

1.8) Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

1.9) Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

1.10) Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 53: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" " FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 14 de 45</p>
---	---

especiadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

1.3) Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

1.4) Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

1.5) Aparato medidor de expansión compuesto por: · Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d). · Un tripode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

1.6) Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 ± 0,02kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 ± 0,02 kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

1.7) Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

1.8) Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

1.9) Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

1.10) Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 54: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 16 de 45</p>

que se vaya a ensayar.

Una vez que se alcanza en número requerido de revoluciones del tambor, se tamiza el agregado para determinar el porcentaje de agregado que ha sido reducido hasta un tamaño menor que 1.7 mm (tamiz 12).

Especificaciones Técnicas.

En los agregados gruesos ensayados al desgaste, según el método ITINTEC (400.019) y (400.020), se aceptará una pérdida no mayor del 50% del peso original.

Se recomienda que los agregados a usarse en construcciones sujetos a fuertes fraccionamientos, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40% cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa.

En la tabla 3, se muestra la clasificación en grupos como A, B, C, D en función de los pesos de las muestras según su tamaño para el ensayo de abrasión.

TAMAÑO DE LOS TAMICES
(ABERTURA GRADADAS)/PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g)

PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (N°4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	-----	-----	-----	5,000 ± 10

Fuente: Norma ITINTEC 350.001.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 55: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 17 de 45</p>

Carga Abrasiva.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero de 4,7 cm de diámetro cada una con peso entre 390g y 445g.

En la tabla 4, se presentan las cargas abrasivas según su clasificación en grupo.

Tabla 4 CARGA ABRASIVA SEGÚN EL NUMERO DE ESFERAS

GRADACION	NUMERO DE ESFERAS	PESO DE LAS ESFERAS (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,584 ± 25
C	08	3,300 ± 25
D	06	2,500 ± 15

Fuente: N.T.P. [JINTEC 400.019](#) (2002).

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original (W₀) y el peso final (W_f), expresado como porcentaje del primero.

$$De = \frac{W_0 - W_f}{W_0} * 100.$$

Dónde:

W₀ = Peso original de la muestra (g)

W_f = Peso final de la muestra (g)

De = Porcentaje de desgaste (%)

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Floriani
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 56: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



4. Perfiles de Suelo

En base a la información obtenida en campo y los ensayos realizados en laboratorio, se han realizado los perfiles estratigráficos con la finalidad de identificar los tipos de suelos, empleando la clasificación SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS).

Los suelos encontrados en la zona del proyecto están clasificados según el sistema SUCS como: GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS),

Calicata C-01: De 0.20 – 1.50 m se encontró un estrato de GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS), de color marrón claro con mínima presencia de humedad con 2.12%, no presenta límites de consistencia; no se observó la presencia de nivel freático.

Calicata C-02: De 0.20 – 1.50 m se encontró un estrato de GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS), de color Marrón claro con mínima presencia de humedad con 2.30%, no presenta límites de consistencia; no se observó la presencia de nivel freático.

Calicata C-03: De 0.20 – 1.50 m se encontró un estrato de GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS), de color marrón claro con mínima presencia de humedad con 2.75%, no presenta límites de consistencia; no se observó la presencia de nivel freático.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florian
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 57: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la via principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 19 de 45

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones

1. CONCLUSIONES

- El trabajo consiste en la ejecución del estudio de suelos con fines de pavimentación para el proyecto "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021".
- Los trabajos de campo han consistido en excavaciones de tres (03) calicatas hasta alcanzar una profundidad de -1.50 metros. Las calicatas han sido ubicadas convenientemente dentro del área del terreno para así poder obtener con información de confianza. de las calicatas se obtuvieron muestras alteradas para realizar ensayos de análisis granulométrico por tamizado, humedad natural, clasificación de suelos SUCS, límites de ATTERBERG.
- Se concluye según el ensayo granulométrico por tamizado que al momento de clasificarlo por la clasificación SUCS en la calicata C-01 tenemos un suelo GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS), en la calicata C-02 tenemos un suelo GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS), y en la calicata C-03 tenemos un suelo GP-GM (UNA GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS).
- Al desarrollarse los ensayos Límites de Consistencia de Atterberg en la calicata c1, c2,c3 se concluyó que no presenta límites.
- Al ejecutarse el ensayo de contenido de humedad (w%) en las calicatas podemos decir que el terreno no contiene gran humedad, debido que a la C-1 tiene un

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florián
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio


ANEXO 58: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 20 de 45</p>	

contenido de humedad del 2,12%, C-2 tiene un contenido de humedad del 2,30%, C-03 tiene un contenido de humedad de 2.75%.

- Se concluyeron los siguientes resultados tras realizarse los ensayos de Proctor modificado:

CALICATA	CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA MAXIMA
C-01	6,20	2,01
C-02	6,13	2,01
C-03	6.65	2.01

- Se concluyeron los siguientes resultados del ensayo CBR:

CALICATA	CBR DE LA DENSIDAD SECA MAXIMA AL 95%	CBR DE LA DENSIDAD SECA MAXIMA AL 100%
C-01	38%	58%
C-02	40%	66%
C-03	42%	64%

- Se concluyeron los siguientes resultados tras realizar el ensayo de abrasión:

CALICATA	DESGASTE (%)
C-01	27.06
C-02	26.64
C-03	26.19

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florián
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



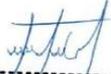
ANEXO 59: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 21 de 45</p>
---	---

6. Referencias Bibliográficas

- MECANICA DE SUELOS; Autor: Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Tercera Edición- México, 1975
- MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL – Autor: Joseph E. Bowles, Primera Edición – Traducida: Universidad de los Andes Colombia.
- MECANICA DE SUELOS; Autores: T. William Lambe, Robert V. Whitman.
- PRINCIPIO DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES SEXTA EDICION: Autor: Braja M. Das.
- LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES: Autor: Rico del Castillo.
- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA: Autor: Karl Therzghi – Ralph B. Peck.
- MECANICA DE SUELOS TOMO II TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECANICA DE SUELOS: Autor: Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez.
- MECANICA DE SUELOS: Autor: Dr. Jorge Alva H.

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio


ANEXO 60: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS</p> <p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 22 de 45</p>
---	---



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


Edwin W. Delgado Florin
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio



ANEXO 61: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 23 de 45</p>	

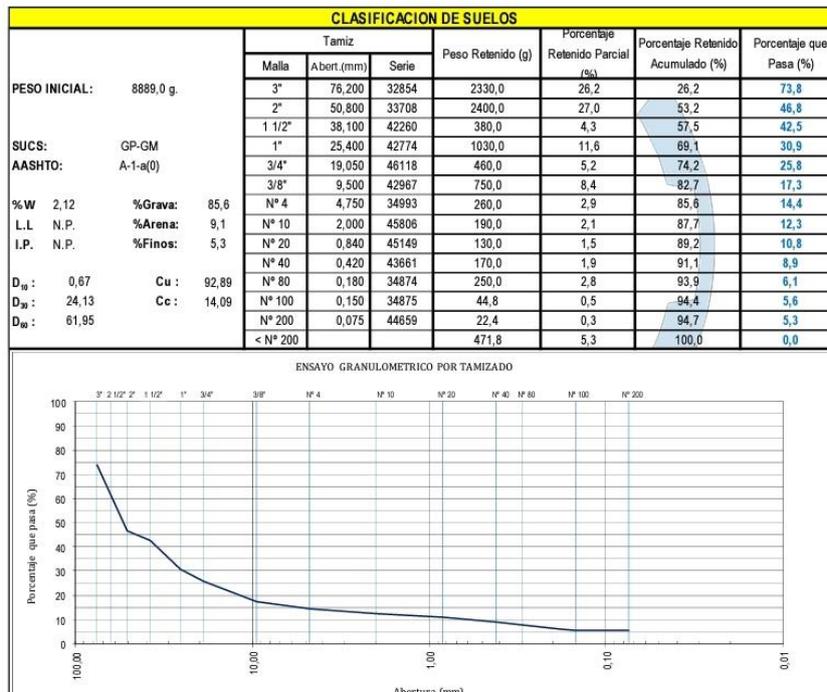
ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : noviembre-2021



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 62: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la via principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 24 de 45

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la via principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

CALICATA: CALICATA 01

FECHA: noviembre-2021

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	195,60	192,50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	880,60	804,80
Peso Recipiente + Muestra Seca:	866,90	791,60
Peso Agua:	13,70	13,20
Peso Seco:	671,30	599,10
W%:	2,04	2,20
W _{promedio} %:	2,12	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 63: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 25 de 45</p>

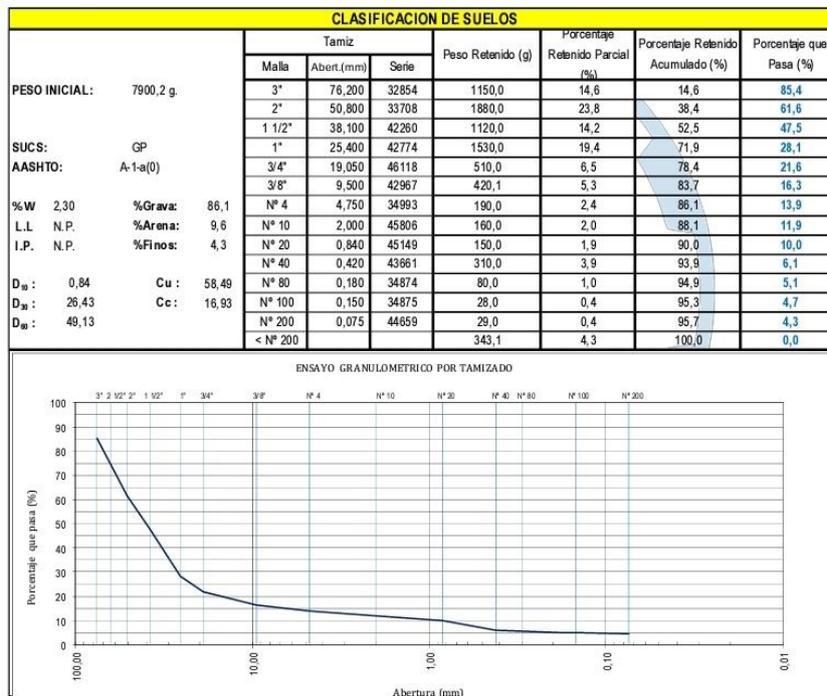
ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodologia AASHTO 93 e INVAS en la via principal de Palmeiros de Pacasmayo- LALIBERTAD -2021

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : noviembre-2021



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 64: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"
	FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 26 de 45

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

CALICATA: CALICATA 02

FECHA: noviembre-2021

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	132,60	143,90
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	758,60	760,20
Peso Recipiente + Muestra Seca:	745,20	745,70
Peso Agua:	13,40	14,50
Peso Seco:	612,60	601,80
W%:	2,19	2,41
W_{promedio} %:	2,30	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florin
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio




ANEXO 65: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

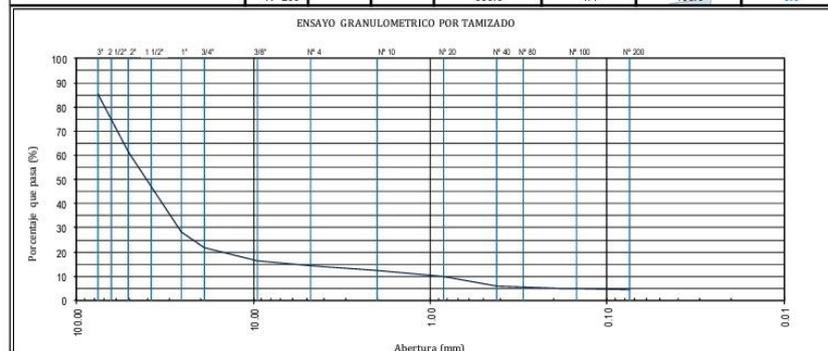
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 27 de 45

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

I. Datos Generales:

PROYECTO : Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021
MUESTRA : CALICATA 03
FECHA : noviembre-2021

CLASIFICACION DE SUELOS							
	Tamiz			Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
	Malla	Abert.(mm)	Serie				
PESO INICIAL: 8656.1 g.	3"	76.200	32854	1275.0	14.7	14.7	85.3
	2"	50.800	33708	2063.0	23.8	38.6	61.4
	1 1/2"	38.100	42260	1225.0	14.2	52.7	47.3
SUCS: GP	1"	25.400	42774	1650.0	19.1	71.8	28.2
AASHTO: A-1-a(0)	3/4"	19.050	46118	550.0	6.4	78.1	21.9
	3/8"	9.500	42967	465.0	5.4	83.5	16.5
%W 2.75 %Grava: 85.8	Nº 4	4.750	34993	201.0	2.3	85.8	14.2
L.L. N.P. %Arena: 9.7	Nº 10	2.000	45806	175.0	2.0	87.8	12.2
I.P. N.P. %Finos: 4.4	Nº 20	0.840	45149	175.0	2.0	89.9	10.1
	Nº 40	0.420	43661	342.0	4.0	93.8	6.2
D₁₀ : 0.83 Cu : 59.74	Nº 80	0.180	34674	90.0	1.0	94.9	5.1
D₃₀ : 26.38 Cc : 17.08	Nº 100	0.150	34875	28.1	0.3	95.2	4.8
D₆₀ : 49.34	Nº 200	0.075	44659	32.0	0.4	95.6	4.4
	< Nº 200			385.0	4.4	100.0	0.0



LABORATORIO GEOTÉCNICO CEPAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 66: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 28 de 45

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (NTP 339.127)

PROYECTO: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

CALICATA: CALICATA 03

FECHA: noviembre-2021

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	124.30	136.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	532.60	524.10
Peso Recipiente + Muestra Seca:	521.30	514.10
Peso Agua:	11.30	10.00
Peso Seco:	397.00	377.60
W%:	2.85	2.65
W_{promedio} %:	2.75	

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Florán
 Edwín W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



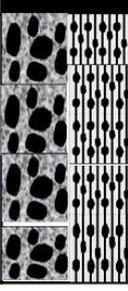
ANEXO 67: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 29 de 45</p>

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

Muestra: CALICATA - 01. **Profundidad:** -1.50 m. **Nivel Freático:** NO PRESENTA

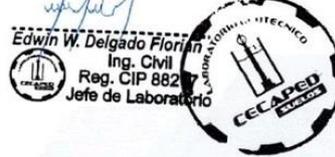
Prof. (mtrs.)	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del material	Clasificación SUCS/AASHTO	Símbolo	
0,10	E X P P O L Z O R A D C I O N	E-01	Material de relleno	-		
0,20						
0,30						
0,40						
0,50						
0,60						
0,70						
0,80			E-02	Arena mal graduada, clasificada según SUCS como "GP-GM", con mínima presencia de humedad, rígido, textura aspera y sin plasticidad.		GP-GM
0,90						
1,00						
1,10			Grava =85,6%, Arena =9,1%, Fines= 5.3% LL= 0.00 , IP = N.P.	A-1-a(0)		
1,20						
1,30						
1,40						
1,50						

NIVEL FREÁTICO NO PRESENTA

CECAPED
SUELOS

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florin
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 68: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 30 de 45</p>

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

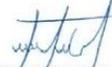
Muestra: CALICATA - 02 **Profundidad:** -1.50 m.

Nivel Freático: NO PRESENTA

Prof. (mtrs.)	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del material	Clasificación SUCS/AASHTO	Símbolo
0.10	EX P P O L Z O R A D C I O N	E-01	Material de relleno	-	
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10		E-02	Arena mal graduada, clasificada según SUCS como "GP", con mínima presencia de humedad, rígido, textura aspera y sin plasticidad. Grava = 86,1%, Arena = 9,6%, Finos = 4.3% LL = 0.00, IP = N.P.	GP A-1-a(0)	
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

NIVEL FREÁTICO NO PRESENTA

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio




ANEXO 69: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 31 de 45</p>

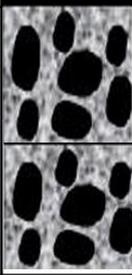
PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto: Analisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: -1.50 m.

Nivel Freático: NO PRESENTA

Prof. (mtrs.)	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del material	Clasificación SUCS/AASHTO	Símbolo	
0.10	EX P P O L Z O R A D I O N	E-01	Material de relleno	-		
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10		E-02	Arena mal graduada, clasificada según SUCS como "GP", con mínima presencia de humedad, rígido, textura aspera y sin plasticidad. Grava = 85.8%, Arena = 9.7%, Finos = 4.4% LL = 0.00, IP = N.P.	GP A-1-a(0)		
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						

NIVEL FREÁTICO NO PRESENTA

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Floriani
 Edwin W. Delgado Floriani
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 70: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"
	FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 32 de 45

ENSAYO DE COMPACTACIÓN N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

Proyecto: Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

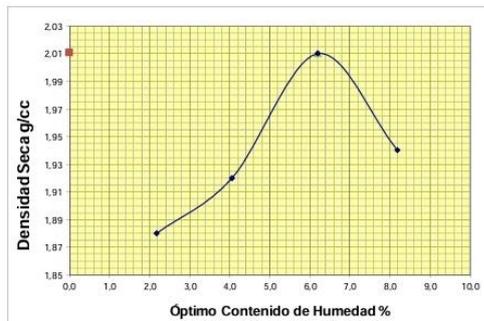
Muestra: C-01

Fecha de Entrega: NOVIEMBRE 2021

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+ Suelo Húmedo (g)	7460.00	7640.00	7930.00	7840.00
Peso del Molde (g)	3390.00	3390.00	3390.00	3390.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4070.00	4250.00	4540.00	4450.00
Volumen del molde (cc)	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1,916	2,001	2,137	2,095

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H₂O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	228,90	195,70	85,10	195,70	87,50	148,30	228,90	195,70
Peso Tarro + Suelo húmedo (g)	696,80	700,20	562,40	699,10	435,20	502,40	702,90	709,60
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	686,30	690,10	544,10	679,10	415,30	481,30	666,50	671,20
Peso de agua	10,50	10,10	18,30	20,00	19,90	21,10	36,40	38,40
Peso de suelo seco	457,40	494,40	459,00	483,40	327,80	333,00	437,60	475,50
Humedad (%)	2,3	2,0	4,0	4,1	6,1	6,3	8,3	8,1
Humedad promedio (%)	2,17		4,06		6,20		8,20	
Densidad Seca (g/cc)	1,88		1,92		2,01		1,94	



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	2,01
OCH (%)	6,20

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	3390,0
VOLUMEN(cc):	2124,0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio




ANEXO 71: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 33 de 46

ENSAJO DE COMPACTACIÓN N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

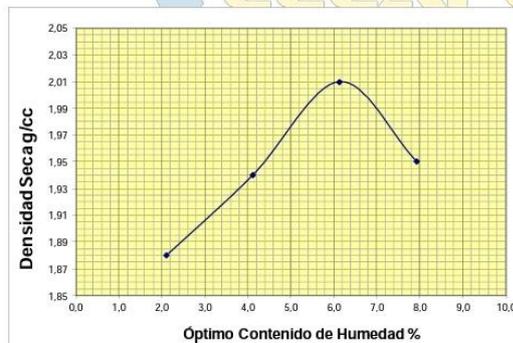
Proyecto: Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

Muestra: C-02

Fecha de Entrega: NOVIEMBRE 2021

B. DATOS TÉCNICOS

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (g)	7470,00		7690,00		7930,00		7850,00	
Peso del Molde (g)	3390,00		3390,00		3390,00		3390,00	
Peso Suelo Húmedo (g)	4080,00		4300,00		4540,00		4460,00	
Volumen del molde (cc)	2124,00		2124,00		2124,00		2124,00	
Densidad Suelo húmedo (g/cc)	1,921		2,024		2,137		2,100	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H₂O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	228,90	195,70	85,10	195,70	87,50	148,30	228,90	195,70
Peso Tarro + Suelo húmedo (g)	715,30	692,90	485,30	659,00	415,90	481,30	682,30	685,30
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	704,80	683,10	469,10	641,10	397,10	461,90	649,10	649,20
Peso del agua	10,50	9,80	16,20	17,90	18,80	19,40	33,20	36,10
Peso de suelo seco	475,90	487,40	384,00	445,40	309,60	313,60	420,20	453,50
Humedad (%)	2,2	2,0	4,2	4,0	6,1	6,2	7,9	8,0
Humedad promedio (%)	2,11		4,12		6,13		7,93	
Densidad Seca (g/cc)	1,88		1,94		2,01		1,95	



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	2,01
OCH (%)	6,13

DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(g):	3390,0
VOLUMEN(cc):	2124,0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Florián
 Edwin W. Delgado Florián
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio




ANEXO 72: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"
	FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 34 de 46

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

N.T.P. 339.141

A. DATOS GENERALES

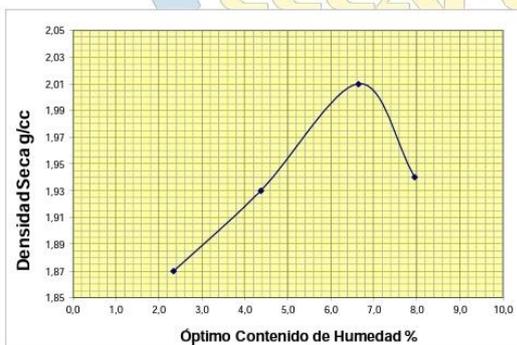
Proyecto: Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021

Muestra: C-03

Fecha de Entrega: NOVIEMBRE 2021

B. DATOS TÉCNICOS

Nº DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Humedo (g)	7450,00		7670,00		7950,00		7840,00	
Peso del Molde (g)	3390,00		3390,00		3390,00		3390,00	
Peso Suelo Humedo (g)	4060,00		4280,00		4560,00		4450,00	
Volumen del molde (cc)	2124,00		2124,00		2124,00		2124,00	
Densidad Suelo humedo (g/cc)	1,911		2,015		2,147		2,095	
Numero de Tarro								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H ₂ O agregada	2%		4%		6%		8%	
Peso Tarro	135,30	125,40	163,20	152,30	96,10	98,30	125,10	135,10
Peso Tarro + Suelo humedo (g)	425,30	453,10	354,20	325,10	315,20	365,20	456,20	512,30
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	419,10	445,10	346,50	317,60	301,10	349,10	431,20	485,20
Peso del agua	6,20	8,00	7,70	7,50	14,10	16,10	25,00	27,10
Peso de suelo seco	283,80	319,70	183,30	165,30	205,00	250,80	306,10	350,10
Humedad (%)	2,2	2,5	4,2	4,5	6,9	6,4	8,2	7,7
Humedad promedio (%)	2,34		4,37		6,65		7,95	
Densidad Seca (g/cc)	1,87		1,93		2,01		1,94	



METODO	A
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	25
DSM (g/cm ³)	2,01
OCH (%)	6,65

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g):	3390,0
VOLUMEN(cc):	2124,0

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe

📞 996-968-817/ 📠 946-227-318/ 📠 (044)6986044

Edwin W. Delgado Florin
Ing. Civil
Reg. CIP 882
Jefe de Laboratorio



ANEXO 73: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

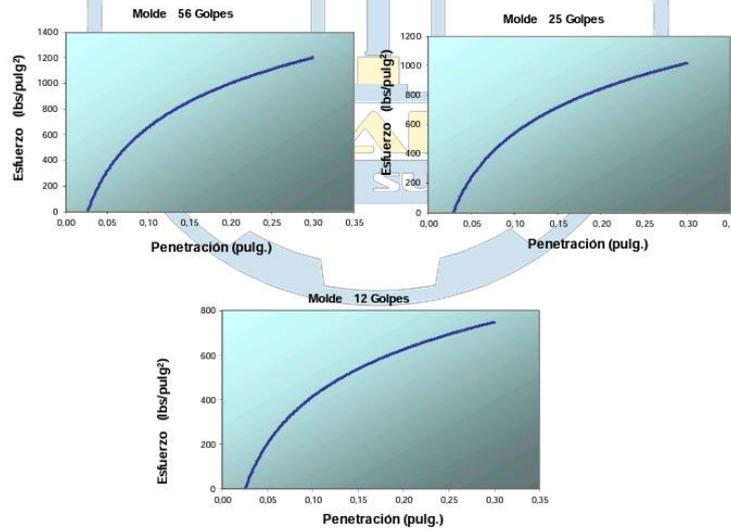
PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"

FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 35 de 46

ENSAYO DE CBR CALICATA Nº1
ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde Nº 01			Molde Nº 02			Molde Nº 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0,025	50	588,5	196,2	38	464,7	154,91	23	310,04	103,35
0,050	83	928,8	309,6	50	588,5	196,16	49	578,18	192,73
0,075	105	1155,7	385,2	73	825,7	275,23	68	774,12	258,04
0,102	153	1650,7	550,2	128	1392,9	464,30	95	1052,57	350,86
0,125	170	1826,0	608,7	138	1496,0	498,68	110	1207,27	402,42
0,150	198	2114,8	704,9	178	1908,5	636,18	145	1568,22	522,74
0,175	245	2599,5	866,5	208	2217,9	739,31	163	1753,85	584,62
0,200	288	3043,0	1014,3	245	2599,5	866,51	185	1980,74	660,25
0,225	313	3300,8	1100,3	255	2702,6	900,88	168	1805,42	601,81
0,250	338	3558,6	1186,2	288	3043,0	1014,32	198	2114,81	704,94
0,275	363	3816,4	1272,1	303	3197,7	1065,89	213	2269,50	756,50
0,300	388	4074,3	1358,1	323	3403,9	1134,64	243	2578,89	859,63

GOLPES	56	25	12	
C.B.R.	0,1	55,02%	46,43%	35,09%
	0,2	67,62%	57,77%	44,02%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

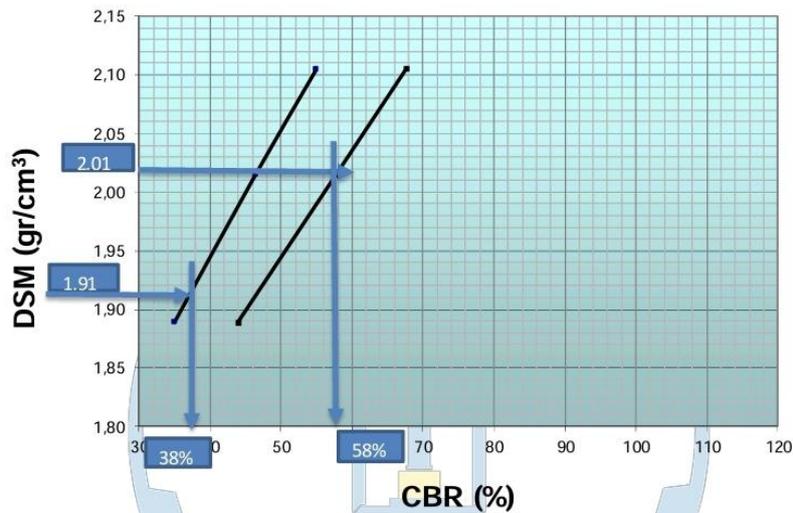

Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 74: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 36 de 46</p>

Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): **2,01**
 HUMEDAD OPTIMA (%): **6,32**

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): **1,91**
 C.B.R. (%): **38,00 %**

100% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): **2,01**
 C.B.R. (%): **58,00 %**

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 75: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

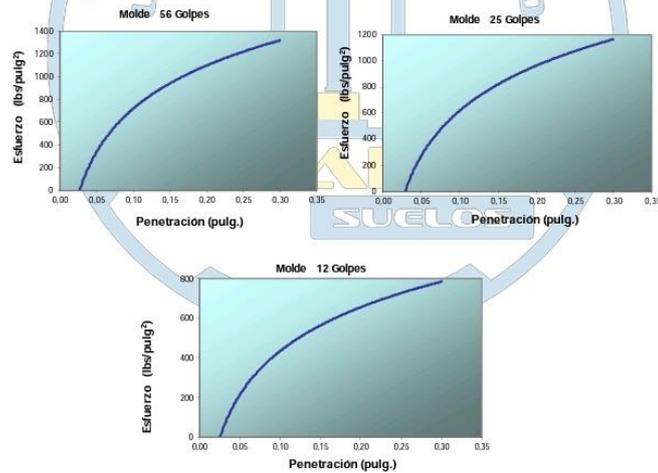
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 37 de 46</p>

ENSAYO DE CBR CALICATA Nº2

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde Nº 01			Molde Nº 02			Molde Nº 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga lbs.	lb./pulg ²	Lectura dial	Ensayo Carga lbs.	lb./pulg ²	Lectura dial	Ensayo Carga lbs.	lb./pulg ²
0,025	55	640,1	213,4	44	526,6	175,54	24	320,35	106,78
0,050	91	1011,3	337,1	58	671,0	223,66	51	598,80	199,60
0,075	116	1269,1	423,0	84	939,1	313,04	71	805,06	268,35
0,102	168	1805,4	601,8	147	1588,8	529,62	100	1104,14	368,05
0,125	187	2001,4	667,1	159	1712,6	570,87	116	1269,14	423,05
0,150	218	2321,1	773,7	205	2187,0	729,00	152	1640,41	546,80
0,175	270	2857,3	952,4	239	2537,6	845,88	171	1836,36	612,12
0,200	317	3342,0	1114,0	282	2981,1	993,70	194	2073,55	691,18
0,225	344	3620,5	1206,8	293	3094,5	1031,51	176	1887,92	629,31
0,250	372	3909,3	1303,1	331	3486,4	1162,14	209	2217,94	739,31
0,275	399	4187,7	1395,9	348	3661,7	1220,58	224	2382,94	794,31
0,300	427	4476,5	1492,2	371	3898,9	1299,65	255	2702,65	900,88

GOLPES	56	25	12	
C.B.R.	0,1	60,18%	52,96%	36,80%
	0,2	74,27%	66,25%	46,08%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

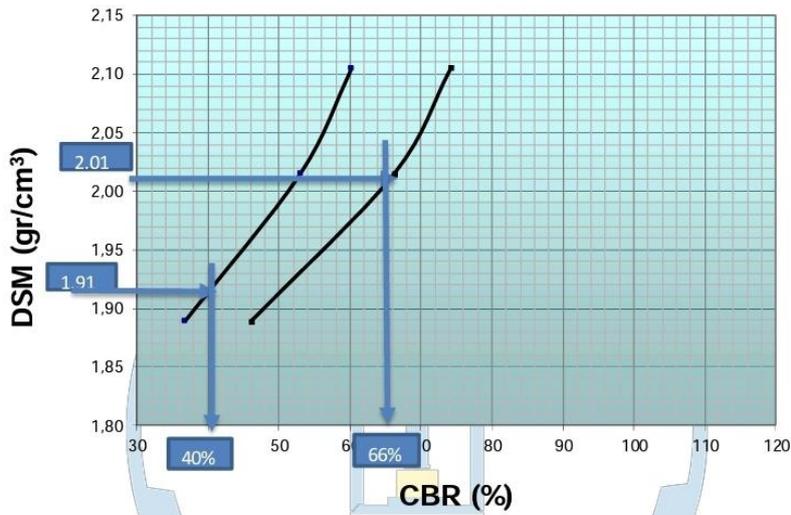
Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 76: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"
	FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 38 de 46

Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO:
 DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): **2,01**
 HUMEDAD OPTIMA (%): **6,13**

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm³): 1,91
C.B.R. (%): 40,00 %

100% DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³): 2,01
C.B.R. (%): 66,00 %

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Florin
 Edwin W. Delgado Florin
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



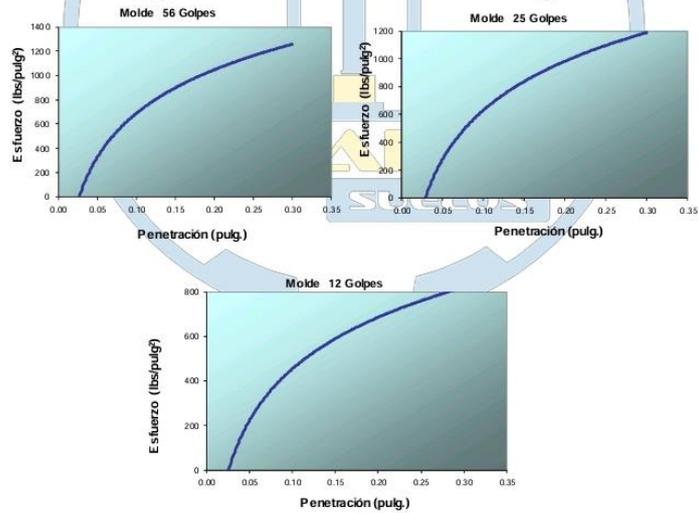
ANEXO 77: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"
	FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 39 de 46

ENSAYO DE CBR C-03 ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetración (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0.025	53	619.4	206.5	45	536.9	178.98	25	330.67	110.22
0.050	87	970.1	323.4	59	681.3	227.10	54	629.74	209.91
0.075	110	1207.3	402.4	86	959.8	319.92	75	846.31	282.10
0.102	161	1733.2	577.7	148	1599.2	533.05	105	1155.70	385.23
0.125	179	1918.9	639.6	163	1753.9	584.62	121	1320.71	440.24
0.150	208	2217.9	739.3	210	2238.6	746.19	160	1722.91	574.30
0.175	257	2723.3	907.8	245	2599.5	866.51	179	1918.86	639.62
0.200	302	3187.4	1062.5	275	2908.9	969.63	204	2176.68	725.56
0.225	329	3465.8	1155.3	301	3177.0	1059.01	185	1980.74	660.25
0.250	355	3733.9	1244.6	340	3579.2	1193.08	218	2321.07	773.69
0.275	381	4002.1	1334.0	358	3764.9	1254.96	234	2486.07	828.69
0.300	407	4270.2	1423.4	381	4002.1	1334.03	267	2826.40	942.13

GOLPES	56	25	12
C.B.R.	0.1	57.77%	53.31%
	0.2	70.83%	64.64%
			48.37%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florian
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio




ANEXO 78: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

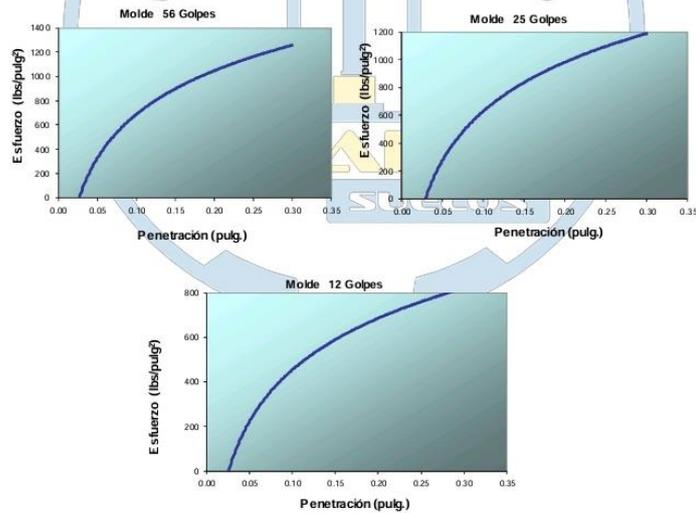
PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"

FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 39 de 46

ENSAYO DE CBR C-03
ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN

Penetrac (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0.025	53	619.4	206.5	45	536.9	178.98	25	330.67	110.22
0.050	87	970.1	323.4	59	681.3	227.10	54	629.74	209.91
0.075	110	1207.3	402.4	86	959.8	319.92	75	846.31	282.10
0.102	161	1733.2	577.7	148	1599.2	533.05	105	1155.70	385.23
0.125	179	1918.9	639.6	163	1753.9	584.62	121	1320.71	440.24
0.150	208	2217.9	739.3	210	2238.6	746.19	160	1722.91	574.30
0.175	257	2723.3	907.8	245	2599.5	866.51	179	1918.86	639.62
0.200	302	3187.4	1062.5	275	2908.9	969.63	204	2176.68	725.56
0.225	329	3465.8	1155.3	301	3177.0	1059.01	185	1980.74	660.25
0.250	355	3733.9	1244.6	340	3579.2	1193.08	218	2321.07	773.69
0.275	381	4002.1	1334.0	358	3764.9	1254.96	234	2486.07	828.69
0.300	407	4270.2	1423.4	381	4002.1	1334.03	267	2826.40	942.13

GOLPES	56	25	12	
C.B.R.	0.1	57.77%	53.31%	38.52%
	0.2	70.83%	64.64%	48.37%



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 79: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 41 de 46</p>

DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

Proyecto: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021"

Muestra: C-01

Fecha: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2021.

PROCESAMIENTO DE DATOS:

A = 5,004.8 g

B = 3,650.3 g

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{A - B}{A} * 100$$

% Desgaste = 27.06 %

Tamaño del Agregado		MÉTODO					
Pasa a Tamiz	Retenido T.	A	B	C	D	F	G
2"	1 1/2"					5000±50	
1 1/2"	1"	1250±25				5000±25	5000±25
1"	3/4"	1250±25					5000±25
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10				
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				
3/8"	1/4"			2500±10			
1/4"	Nº4			2500±10			
Nº4	Nº8				5000±10		

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044

Edwin W. Delgado Florán
 Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 80: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 42 de 46</p>

DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

Proyecto: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021"

Muestra: C-02

Fecha: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2021.

PROCESAMIENTO DE DATOS:

A = 5,006.1 g

B = 3,672.4 g

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{A - B}{A} * 100$$

% Desgaste = 26.64 %

Tamaño del Agregado		MÉTODO					
Fas a Tamiz	Retenido T.	A	B	C	D	F	G
2"	1 1/2"					5000±50	
1 1/2"	1"	1250±25				5000±25	5000±25
1"	3/4"	1250±25					5000±25
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10				
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				
3/8"	1/4"			2500±10			
1/4"	Nº4			2500±10			
Nº4	Nº8				5000±10		

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788

📍 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro

✉️ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe

📞 996-968-817 / 📠 946-227-318 / 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florin
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 81: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 42 de 46</p>

DESGASTE POR ABRASIÓN (NTP 400.019)

Proyecto: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimento flexible con la metodología AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal de Palmeiros de Pacasmayo- LA LIBERTAD -2021"

Muestra: C-02

Fecha: TRUJILLO, NOVIEMBRE DEL 2021.

PROCESAMIENTO DE DATOS:

A = 5,006.1 g

B = 3,672.4 g

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{A - B}{A} * 100$$

% Desgaste = 26.64 %

Tamaño del Agregado		MÉTODO					
Fas a Tamiz	Retenido T.	A	B	C	D	F	G
2"	1 1/2"					5000±50	
1 1/2"	1"	1250±25				5000±25	5000±25
1"	3/4"	1250±25					5000±25
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10				
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				
3/8"	1/4"			2500±10			
1/4"	Nº4			2500±10			
Nº4	Nº8				5000±10		

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044


 Edwin W. Delgado Florin
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



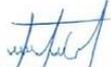
ANEXO 82: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 44 de 46



8. PANEL FOTOGRAFICO

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044


Edwin W. Delgado Florin
Ing. Civil
Reg. CIP 882
Jefe de Laboratorio


ANEXO 83: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la via principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46</p>

FOTOGRAFÍAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 01: calicata



Foto 02: calicata

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
 996-968-817/ 946-227-318/ (044)6986044

Edwin W. Delgado Florán
 Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 84: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la via principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46

FOTOGRAFÍAS EN CAMPO Y LABORATORIO



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C RUC: 20607813788
Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
✉ CORREO: suelos@cecapedingeneria.edu.pe
📞 996-968-817 / 📞 946-227-318 / 📠 (044)6986044


Edwin W. Delgado Florian
Ing. Civil
Reg. CIP 8827
Jefe de Laboratorio


ANEXO 85: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO-93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46</p>

FOTOGRAFIAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 05: extracción de muestras



Foto 06: ensayo de granulometría

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobres Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)6986044

[Signature]
 Edwin W. Delgado Fioran
 Ing. Civil
 Reg. CIP 8827
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 86: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Páginas 45 de 46</p>

FOTOGRAFÍAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 07: ensayo de granulometría



Foto 08: ensayo de contenido de humedad

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607815788
 Calle: Cobre Mr. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 906-968-817 / 946-227-518 / 0443086044

W. Nilson
 Edwin W. Delgado Plorán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 87: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashtó 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46</p>

FOTOGRAFIAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 09: ensayo de contenido de humedad (colocado al horno)



Foto 10: ensayo de contenido de humedad

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 095-968-817 / 046-227-318 / 04460986044

Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 88: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46</p>

FOTOGRAFIAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 11: ensayo de contenido de humedad (colocado al horno)



Foto 12: ensayo de CBR

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-908-817 / 946-227-318 / (044)6986044

Edwin W. Delgado Fioran
 Edwin W. Delgado Fioran
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 89: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
	<p>PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías Aashto 93 e Invias en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021"</p> <p>FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46</p>

FOTOGRAFIAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 13: ensayo de proctor modificado



LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobres Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.upn.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / (044)0986044

Edwin W. Delgado Florán
 Edwin W. Delgado Florán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio



ANEXO 90: Informe del Estudio Geotécnico De Mecánica De Suelos

	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
	<p> PROYECTO: "Análisis comparativo del diseño estructural de pavimentos flexibles con las metodologías AASHTO 93 e INVIAS en la vía principal Las palmeras de Pacasmayo, La Libertad, 2021" FECHA: "NOVIEMBRE - 2021" Página 45 de 46 </p>

FOTOGRAFIAS EN CAMPO Y LABORATORIO



Foto 14: equipo de investigación



Foto 15: equipo de investigación

LABORATORIO GEOTÉCNICO CECAPED SUELOS S.A.C. RUC: 20607813788
 Calle Cobre Mz. A Lote 7 Urb. San Isidro
 CORREO: suelos@cecapedingenieria.edu.pe
 996-968-817 / 946-227-318 / 0446986044


Edwin W. Delgado Fionán
 Ing. Civil
 Reg. CIP 882
 Jefe de Laboratorio