

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD”

Área de Investigación:

Transportes

Autores:

Br. Becerra Mena, Andrés Gianfranco

Br. Valverde Lujan, Elaine Sariah

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Vargas Lopez, Segundo Alfredo

Secretario: Ing. Salazar Perales, Alvaro

Vocal: Ing. Pérrigo Sarmiento, Félix Gilberto

Asesor:

Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

TRUJILLO - PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 05/12/2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD”

Área de Investigación:

Transportes

Autores:

Br. Becerra Mena, Andrés Gianfranco

Br. Valverde Lujan, Elaine Sariah

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Vargas Lopez, Segundo Alfredo

Secretario: Ing. Salazar Perales, Alvaro

Vocal: Ing. Pérrigo Sarmiento, Félix Gilberto

Asesor:

Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

TRUJILLO - PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 05/12/2022

DEDICATORIA

Primero quiero dar gracias a Dios por el valor, la fuerza y las ganas que me dio para poder finalizar esta etapa profesional.

En segundo lugar, a mi abuela y madre Rosa Luján porque gracias a ella y sus sacrificios estoy donde estoy, terminando una de las etapas de mi vida profesional, a mi abuelo Víctor Luján, por el sacrificio que hizo desde mi niñez en criarme. A mi Papá porque gracias a su apoyo económico, los tantos sacrificios que hizo por seguir educándome y sus consejos personales, hizo posible que termine mis estudios superiores.

Y, por último, a mis hermanos: Saulo y Ana; quienes han estado allí, apoyándome, brindándome cariño y amor.

Br. Elaine Valverde Luján

Este logro se lo dedico principalmente a Dios, porque me permitió alcanzar y llegar hasta este período tan importante en mi formación profesional.

A mis padres: María Mena y Andrés Becerra, por darme el impulso para cumplir mis sueños, por su confianza, por creer en mí, por siempre anhelar y desear lo mejor en mi vida. Asimismo, de enseñarme a ver en cada obstáculo la oportunidad para prevalecer y dar lo mejor de mí.

A mi hermana Mayra, que ha sido de gran ayuda en mi vida, por su apoyo y sus ánimos constantemente. A mis tías Zarela e Isabel y a mis abuelitas santos y Teodolinda por su cariño, consejos, su gran apoyo y ánimos constantes en mi vida.

Br. Gianfranco Becerra Mena

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS:

Por darnos la vida, fuerza y ánimo para continuar en este camino profesional y por habernos ayudado a concluir con una de nuestras metas profesionales.

MIS PADRES:

Por habernos ayudado anímicamente y por confiar en nuestros potenciales personales, por su apoyo moral, por cada consejo y su apoyo económico que nos permitió lograr esta meta profesional.

LA INSTITUCIÓN PROFESIONAL:

Por habernos brindado la posibilidad de estudiar, aprender de cada uno de los docentes y desarrollarnos profesionalmente. En especial al Ingeniero Mamerto Rodríguez Ramos por su colaboración, asesoría y aporte en la presente investigación de nuestra tesis.

RESUMEN

La investigación realizada tiene por objetivo general realizar el diseño estructural del pavimento utilizando el método AASHTO-93 para la Av. Manuel Seoane y su interconexión con la Panamericana Norte, Distrito Guadalupe, Provincia Pacasmayo, Departamento La Libertad, por lo que la investigación está conformada de 8 capítulos:

En el capítulo uno, se realiza una introducción al problema encontrado, nos enfocamos en la realidad problemática de la zona en estudio, detallando además los objetivos tanto general como específicos y la justificación del desarrollo del presente proyecto.

En el capítulo dos, se realiza una descripción de los aportes encontrados utilizados como antecedentes de estudios, además se define algunos conceptos relacionados al proyecto y también se detalla la hipótesis.

En el capítulo tres, se detalla el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como el procedimiento y el análisis de datos.

En el capítulo cuatro, se realiza el diseño estructural del pavimento flexible, rígido y articulado aplicando la metodología AASHTO 93, calculando cada uno de los espesores. También se detalla el presupuesto de cada uno de los pavimentos, así como sus cronogramas correspondientes.

En el capítulo cinco, se detalla la discusión de los resultados de cada pavimento, así como la comparación económica entre ellos.

Finalmente, en el capítulo seis, siete y ocho, se exponen las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas.

ABSTRACT

The overall objective of the research is to carry out the structural design of the pavement using the AASHTO-93 method for Manuel Seoane Av. And its interconnection with the Panamericana Norte, Guadalupe district, Pacasmayo province, La Libertad department, so the research consists of eight chapters:

In chapter one, an introduction is made to the problem found, we focus on the problematic reality of the area under study, also detailing the general and specific objectives and the justification for the development of the present project.

In chapter two, a description of the findings used as background studies is made, in addition some concepts related to the project are defined and the hypothesis is also detailed.

Chapter three details the type, level and design of the research, as well as the procedure and analysis of data.

In chapter four, the structural design of the flexible, rigid and articulated pavement is performed using the AASHTO 93 methodology, calculating each of the thicknesses. It also details the budget of each of the pavements, as well as their corresponding schedules.

Chapter five details the discussion of the results of each pavement, as well as the economic comparison between them.

Finally, from chapter six to eight, the conclusions, recommendations and bibliographical references are presented.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado:

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE– PROVINCIA PACASMAYO– LA LIBERTAD”

La presente tesis ha sido desarrollada teniendo en consideración los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Trujillo, 27 de agosto de 2022

BR. BECERRA MENA, ANDRES GIANFRANCO

BR. VALVERDE LUJAN, ELAINE SARIAH

INDICE

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| PRESENTACIÓN | viii |
| INDICE..... | ix |
| INDICE DE TABLAS | xi |
| INDICE DE GRÁFICOS | xiii |
| I. INTRODUCCION..... | 14 |
| 1.1. Problema de investigación | 14 |
| 1.2. Objetivos..... | 17 |
| 1.2.1. Objetivo general | 17 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 17 |
| 1.3. Justificación de estudio | 17 |
| II. MARCO DE REFERENCIA | 18 |
| 2.1. Antecedentes del estudio..... | 18 |
| 2.2. Marco Teórico | 20 |
| 2.3. Marco conceptual..... | 36 |
| 2.4. Sistema de Hipótesis | 39 |
| 2.4.1. Variables e indicadores..... | 39 |
| III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 40 |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación | 40 |
| 3.1.1 Tipo de Investigación | 40 |
| 3.1.2. Nivel de Investigación | 40 |
| 3.2. Población y Muestra de estudio | 41 |
| 3.2.1. Población | 41 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.2. Muestra..... | 41 |
| 3.3. Diseño de investigación | 41 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación..... | 41 |
| 3.5. Procesamiento y análisis de datos..... | 42 |
| IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 43 |
| 4.1. Propuesta de investigación..... | 43 |
| 4.1.1. Periodo de diseño..... | 43 |
| 4.1.2. Estudio de Mecánica de Suelos..... | 43 |
| 4.2. Análisis e interpretación de resultados..... | 46 |
| 4.2.1. Diseño Estructural por la Metodología AASHTO 93..... | 46 |
| 4.2.2. PRESUPUESTO | 80 |
| 4.2.3. CRONOGRAMAS | 83 |
| 4.3. Docimasia de hipótesis | 86 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 86 |
| VI. CONCLUSIONES | 89 |
| VII. RECOMENDACIONES | 90 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 90 |
| ANEXOS..... | 92 |
| PLANO: UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 92 |
| PLANO: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 94 |
| PLANO: UBICACIÓN DE LAS CALICATAS..... | 95 |
| PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO FLEXIBLE | 96 |
| PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO..... | 97 |
| PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO ARTICULADO..... | 98 |
| ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR..... | 99 |
| ENSAYOS DE LABORATORIO..... | 100 |
| PANEL FOTOGRÁFICO | 111 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: <i>Variable independiente</i> | 39 |
| Tabla 2: <i>Variable dependiente</i> | 40 |
| Tabla 4: <i>Periodo de Diseño (años)</i> | 43 |
| Tabla 5: “ <i>Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de cada calicata</i> ”..... | 45 |
| Tabla 6: “ <i>CBR de las calicatas</i> ” | 45 |
| Tabla 7: <i>Índice medio diario</i> | 48 |
| Tabla 8: <i>Ejes Equivalente para Pavimento Flexible</i> | 49 |
| Tabla 9: <i>Cálculo ESAL Pavimento Flexible</i> | 52 |
| Tabla 10: <i>Categorías de la subrasante según el CBR</i> | 52 |
| Tabla 11: <i>Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.</i> | 53 |
| Tabla 12: <i>Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico</i> | 54 |
| Tabla 13: <i>Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico</i> | 55 |
| Tabla 14: <i>Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI)</i> | 56 |
| Tabla 15: <i>Parámetros de diseño para calcular el número estructural para el pavimento flexible</i> | 57 |
| Tabla 16: <i>Coeficiente de Drenaje m_i para Bases y SubBases granulares</i> | 59 |
| Tabla 17: <i>Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i</i> | 60 |
| Tabla 18: <i>Resumen para cálculo de los espesores</i> | 61 |
| Tabla 19: <i>Cálculo de $\sum(EE*IMDa)$ del Pavimento Rígido</i> | 62 |
| Tabla 20: <i>Cálculo de ESAL del Pavimento Rígido</i> | 64 |
| Tabla 21: <i>Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño de 20 años según rango de Tráfico</i> | 65 |
| Tabla 22: <i>Diferencial de Serviciabilidad Según Rango de Tráfico</i> | 66 |
| Tabla 23: <i>Coeficiente de Transmisión de Carga (J)</i> | 67 |
| Tabla 24: <i>Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares C_d</i> | 67 |
| Tabla 25: <i>Resistencia del concreto según rango de tráfico</i> | 69 |

| | |
|--|-----------|
| Tabla 26: <i>Parámetros de diseño para calcular el espesor de la losa de diseño, D (Plgs)</i> | 70 |
| Tabla 27: <i>Dimensiones de losa</i> | 74 |
| Tabla 28: <i>Diámetros y longitudes recomendados en pasadores</i> | 74 |
| Tabla 29: <i>Diámetros y longitudes recomendados en barra de amarre</i> | 75 |
| Tabla 30: <i>Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño</i> | 76 |
| Tabla 31: <i>Categorías de subrasante</i> | 77 |
| Tabla 32: <i>Espesores mínimos de adoquines de concreto y cama de arena</i> .. | 77 |
| Tabla 33: <i>Catálogo de estructura de pavimentos de adoquín con base granular en un periodo de 20 años</i> | 79 |
| Tabla 34 : <i>N°rep. de EE 8.2Tn de cada Pavimento</i> | 86 |
| Tabla 35: <i>Parámetros de diseño de cada uno de los Pavimentos</i> | 88 |
| Tabla 36: <i>Comparativo económico</i> | 88 |
| Tabla 37: <i>Tabla de conteo vehicular IDA y Vuelta</i> | 99 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Figura N° 1 <i>Ubicación de la vía en estudio</i> | 15 |
| Figura N° 2 <i>Falla: Parcheo</i> | 15 |
| Figura N° 3 <i>Falla: Ahuellamiento</i> | 16 |
| Figura N° 4 <i>Falla: Tipo piel de cocodrilo y por desprendimiento</i> | 16 |
| Figura N° 5 <i>Falla: Agrietamiento longitudinal</i> | 16 |
| Figura N° 6 <i>Paquete estructural de pavimento</i> | 21 |
| Figura N° 7 <i>Paquete estructural de pavimento flexible</i> | 22 |
| Figura N° 8 <i>Cálculo del Número Estructural (SN) en nomograma para Pavimento Flexible</i> | 29 |
| Figura N° 9 <i>Monograma para el cálculo de la reacción de la subrasante</i> | 31 |
| Figura N° 10 <i>Cálculo del espesor de la losa. D(Plg.) en nomograma para Pavimento Rígido</i> | 34 |
| Figura N° 11 <i>Catálogo de estructuras de Pavimento Articulado con base granular</i> | 36 |
| Figura N° 12 <i>Plano de ubicación de calicata</i> | 46 |
| Figura N° 13: <i>Ecuación de diseño de pavimento flexible</i> | 57 |
| Figura N° 14: <i>Cálculo del SN en Nomograma para pavimento flexible</i> | 58 |
| Figura N° 15: <i>Sección del Pavimento Flexible</i> | 61 |
| Figura N° 16: <i>Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante</i> | 68 |
| Figura N° 17: <i>Nomograma para el Pavimento Rígido</i> | 71 |
| Figura N° 18: <i>Sección del Pavimento Rígido</i> | 73 |
| Figura N° 19: <i>Sección del pavimento articulado</i> | 78 |
| Figura N° 20: <i>Secciones de los Pavimentos (Espesores)</i> | 87 |
| Figura N° 21: <i>Pista deteriorada en Av. Manuel Seoane (Vía en estudio)</i> | 111 |
| Figura N° 22: <i>Av. Manuel Seoane entre el tramo de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte</i> | 111 |
| Figura N° 23: <i>Excavación de calicata 1</i> | 112 |
| Figura N° 24: <i>Excavación de calicata 2</i> | 113 |
| Figura N° 25: <i>Excavación de calicata 3</i> | 114 |

I. INTRODUCCION

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

Las carreteras son el medio de transporte por el cual se desarrolla la economía del país, juegan un papel importante en el fortalecimiento de la cadena logística de distribución comercial y transporte de pasajeros que desean trasladarse a diferentes partes del Perú, para establecer comunicación entre departamentos, enriquecer las relaciones y desarrollar la sociedad. Por esta razón, los caminos deben construirse de acuerdo a especificaciones que aseguren la durabilidad y función de la vía.

Al investigar la inversión pública en aprovisionamiento entre el 2019, según datos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), “el Gobierno gastó el 94.5% de su presupuesto en vías nacionales, mientras que los Gobiernos regionales no llegaron ni al 50% de uso en vías departamentales, ¡ni siquiera superaron la mitad del monto destinado! Los departamentos con mayor construcción de pavimento fueron Ucayali (100%), Lambayeque, San Martín y Apurímac con más del 90% de vías pavimentadas; mientras que Piura, Madre de Dios, La Libertad y Amazonas presentaron las menores cifras. Es importante resaltar que en la red vial de la región norte más de la mitad es trocha, siendo la región de La Libertad la que cuenta con más vías de este tipo (74,9%)”.

En la vía de estudio de la av. Manuel Seoane entre el tramo de la Av. Universitaria y la Panamericana Norte encontramos un promedio de 9250 familias que ocupan esta vía en la cual se puede percibir diferentes tipos de fallas en el pavimento flexible tanto en la carpeta de rodadura y en algunos casos en la base, esta vía es utilizada fundamentalmente para transportar a personas, productos tanto agrícolas, textiles y artesanales, así como también es una de las arterias principales que

comunica las zonas urbanas y es transitada por vehículos de todo tipo, por lo que es necesario hacer un nuevo diseño estructural debido al incremento de vehículos en circulación, por lo que hemos considerado utilizar el método AASHTO-93.

Este diseño estructural del pavimento mediante el método AASHTO-93 nos permitirá abastecer la demanda de vehículos que transitan en esa vía y así facilitar el transporte de vehículos.



Figura N° 1 Ubicación de la vía en estudio

Fuente: Google Earth



Figura N° 2 Falla: Parqueo

Fuente: Autoría Propia

En la imagen superior, observamos la localización de un parche en la carpeta asfáltica.



Figura N° 3 Falla: Ahuellamiento

Fuente: Autoría Propia



Figura N° 4 Falla: Tipo piel de cocodrilo y por desprendimiento

Fuente: Autoría Propia



Figura N° 5 Falla: Agrietamiento longitudinal

Fuente: Autoría Propia

Por ello, el presente proyecto tiene como finalidad realizar el diseño estructural del pavimento utilizando el método AASHTO-93, con el fin de ayudar a satisfacer el problema de transitabilidad en la avenida y escoger la mejor alternativa de pavimentación para la infraestructura vial de la zona de estudio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño estructural del pavimento utilizando el método AASHTO-93 para la Av. Manuel Seoane y su interconexión con la Panamericana Norte, Distrito Guadalupe, Provincia Pacasmayo, Departamento La Libertad.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros y las variables de diseño estructural del pavimento flexible, rígido y articulado mediante la metodología AASHTO-93.
- Realizar el estudio de estudio de tráfico y mecánica de suelos de la zona de estudio.
- Determinar los espesores de las capas estructurales del pavimento flexible, rígido y articulado mediante la metodología AASHTO-93 y determinar económicamente cuál es el más ventajoso.

1.3. Justificación de estudio

El proyecto se justifica socialmente, teniendo conocimiento del tránsito vehicular y peatonal en la Av. Manuel Seoane, ya que esa vía se ha vuelto incómodo e inseguro debido a las condiciones en las que se encuentra la superficie de rodadura; el desarrollo del Diseño de pavimento nos ayudará a hacerle frente al problema de la mala transitabilidad en la zona, así como asegurar el bienestar de los pobladores.

También se justifica porque se hará uso de la metodología AASHTO 93 para diseñar la estructura del pavimento además de realizar un estudio de suelos, así como de tráfico que cumpla con las normas del manual de diseño de pavimentos del MTC y que ayude a satisfacer el problema de transitabilidad en las avenidas y escoger la mejor alternativa de pavimentación para la infraestructura vial de la zona de estudio.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Sócola (2016), en su investigación “Diseño y Análisis comparativo de costos de un pavimento flexible según metodología del AASHTO 93, y otro con geomallas biaxiales en el sector Los Laureles del Distrito de El Porvenir – Trujillo – La Libertad”, buscó demostrar el desempeño general de las geomallas biaxiales, proveyendo soluciones eficientes a la ingeniería y comparando con el diseño y el análisis de costos de un Pavimento Flexible según la Metodología AASHTO 93, en este estudio obtuvo los siguientes resultados: para el pavimento sin refuerzo, una carpeta asfáltica de 3 plg., base granular= 15 cm., y sub base granular= 15 cm. y para el pavimento reforzado con Geomallas Biaxiales una carpeta asfáltica de 3 plg y base granular 21 cm, el cual concluyó que al utilizar el diseño reforzado con geomallas se reduce los costos en un 5.6% del total de costo directo del presupuesto sin reforzar, al igual que el tiempo de ejecución del proyecto.

Briceño y Tello (2019), en su investigación “Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento rígido, flexible y adoquinado utilizando el método ASSHTO93, para la av. Miguel Grau, Tres de Octubre, Nuevo Chimbote”, propuso la determinación de los tres tipos de pavimentos, teniendo como objetivo analizar y comparar el diseño estructural y evaluar económicamente entre un pavimento flexible, rígido y articulado aplicando la metodología AASHTO - 93 en la Av. Miguel Grau, el estudio concluyó que el pavimento más económico es el flexible, pero que

dependerá de la decisión de las autoridades del tipo de pavimento a emplear para la Av. Miguel Grau.

Panibra y Peralta (2019) en su investigación “Rediseño del pavimento asfáltico de la red vial departamental Arequipa – Moquegua KM 197+500 – KM 205+126 usando los métodos AASTHO 1993 y mecanístico calibrado simplificado”, propuso el rediseño de la estructura del pavimento flexible para el tramo KM 197+500 – KM 205+126 de la carretera Arequipa – Moquegua, desarrolló una investigación descriptiva para encontrar los caracteres de diseño de la estructura del pavimento flexible por medio de las metodologías AASTHO 93 y mecanístico calibrado simplificado. Tuvo los siguientes resultados, características de diseño: ESAL de diseño de 2’440,000, Periodo de diseño de 10 años, CBR de 23.9%, serviciabilidad inicial de 4.00, serviciabilidad final de 2.5, Factor de confiabilidad del 95%, standard normal deviate de -1.645, overall standard deviation de 0.49 y número estructural de 3.11.

Vásquez (2019) en su investigación “Diseño de pavimento empleando el método AASHTO 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay. tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000”, propuso diseñar la estructura de pavimento flexible por la metodología de la AASHTO del tramo Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000, de la carretera Ayacucho - Abancay, dando como resultado. Que, habiéndose dividido en 4 tramos, el diseño para el tramo Km. 0.000-35.900 obtuvo una capa asfáltica de 7.5 cm, una base granular de 15cm y una subbase de 15 cm. Para el tramo Km. 35.900-40.227 se obtuvo una capa asfáltica de 7.5 cm. y una base de 20 cm. Para el tramo Km 40.227- 42.510 se obtuvo una capa asfáltica de 7.5 cm. y una base de 20 cm y para el tramo Km 42.510 – 48.357 se obtuvo una capa asfáltica de 7.5 cm. y una base de 20 cm, como recomendación se propuso que a los 10 años se debe realizar una evaluación del pavimento como medir la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y reflectometría para saber la situación actual de pavimento y tomar las medidas correctivas.

Amaya (2019); en su tesis “Diseño de la estructura de un Pavimento Flexible Aplicando el Método AASHTO-93, para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 – Cai Boston – Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander.”; tuvo como objetivo general proyectar la construcción de un pavimento flexible para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 – Cai Boston – Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander. Dando como resultado una estructura de pavimento asfáltico convencional la cual estaría conformada por carpeta asfáltica (CA) de 15 cm apoyada sobre una base granular (BG) de 25 cm, y una capa de subbase granular (SBG) de 30 cm., cabe señalar que la vida útil de las estructuras de pavimento está estrechamente relacionada con la cantidad y calidad de los sistemas de drenaje y subdrenaje a través de los cuales recibe, intercepta y drena rápidamente las aguas superficiales y subterráneas en el sitio de construcción. impacto de la superficie de la carretera. En base a la idea anterior, se deben desarrollar planes de acción que permitan tomar las medidas de mantenimiento y/o mejoras adecuadas para mantener las condiciones óptimas de drenaje.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. PAVIMENTO

“El pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras están diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales, y deben ser diseñadas con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable para los vehículos” (Rondón y Reyes, 2015, p. 13).



Figura N° 6 Paquete estructural de pavimento

Fuente: Autoría Propia

a. Pavimento Flexible

“Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares, no tratados o ligados (base, subbase, afirmado, y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación) que a su vez soportan sobre el terreno natural o subrasante, de aquí se puede identificar las capas que componen el pavimento flexible, de las cuales, posteriormente se van a diseñar sus espesores, basados en distintos parámetros de diseños” (Rondón y Reyes, 2015, p. 14).

“Las capas que constituyen la estructura del pavimento flexible son:

- **Carpeta Asfáltica:** es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía. Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las

cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

- **Base:** capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la subbase, que se encuentra en la parte inferior. Éstas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural.

- **Subbase:** se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica. Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas.

- **Subrasante:** es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito. Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía” (Montejo, 2006) citado por (Rengifo, 2014, p. 4-5).



Figura N° 7 Paquete estructural de pavimento flexible

Fuente: Autoría Propia

b. Pavimento Rígido

Consiste en una capa de losa de concreto de 18 a 30 cm de espesor, apoyada sobre una base granular, que descansa sobre una capa de suelo compactado, denominado subrasante.

“Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo” (Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos; p.261).

Según la guía para el diseño de estructura del pavimento AASHTO 93, “las capas que constituyen la estructura del pavimento rígido son:

- **Sub base:**

Radica de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la funcionalidad primordial de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es forzosa una vez que la mezcla de suelos, agua, y tráfico tienen la posibilidad de crear el bombeo.

- **Losa de concreto:**

Capa superior de la estructura del pavimento, el elemento mínimo de cemento debería determinarse con base a ensayos de laboratorio y por vivencia previas de resistencia y durabilidad. Se tendrá que utilizar concreto con aire incorporado donde sea primordial conceder resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla”.

c. Pavimento Articulado:

“Para este pavimento la capa de rodadura está constituida por bloques de concreto prefabricado, conocido por adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí” (García, Ordoñez y Llano, 2019).

TIPOS DE ADOQUÍN:

➤ Pavimento adoquinado para tránsito pesado:

Una vez que las calles que se van a pavimentar soportarán tránsito pesado, se procederá como para tránsito liviano, con la diferencia de que las capas de arena y adoquín se apoyaran sobre una sub-base colocada sobre subrasante preparada convenientemente. Este debería posicionarse en carreteras urbanas, calzadas y calles que tengan tránsito recurrente de vehículos pesados, como camiones y autobuses, y paso constante de enorme conjunto de vehículos aun siendo dichos de tipo liviano.

➤ Pavimento adoquinado para tránsito liviano:

La sub-rasante original tendrá que nivelarse una vez que existan deformaciones (hoyos o promontorios de tierra) bastante pronunciados y que no permitan dar forma al pavimento. Después se colocará una capa de arena, la que tendrá que ser gruesa y con granos de alrededor de 6 mm, de tamaño más alto, esta capa cubrirá deformaciones menores y primordialmente va a servir para ofrecer el grado solicitado del pavimento y más que nada como base de sustentación y colocación de los adoquines, empero en ningún caso el espesor tendrá que ser menor de 5 centímetros.

“Las capas que constituyen la estructura del pavimento articulado o adoquinado son:

- **Subrasante:**

Debe tener una composición homogénea libre de materia orgánica y debe ser compactada de forma proporcional al pavimento.

- **Sub base:** esta capa es opcional incluir sobre la subrasante preparada y compactada.

- **Base:**

Esta capa es colocada entre la subrasante y la capa de rodadura, su función principal es aumentar la capacidad de la estructura del pavimento. Se puede utilizar material granular, suelos estabilizados o concreto pobre.

- **Cama de arena:**

Es colocada de manera directa sobre la base, es de poco espesor y el material utilizado es arena gruesa y limpia, independiente de materia orgánica, contaminantes y debe tener una granulometría continua tal que la arena pase por el tamiz 3/8” y no más del 5% pase por el tamiz N°200.

- **Adoquines:**

La función principal de este material es de resistir adecuadamente las cargas de tránsito y el desgaste producido por este, además de que se debe tener en cuenta la compactación y el manejo” (p.248).

2.2.2. DISEÑO ESTRUCTURAL POR LA METODOLOGÍA AASHTO 93

La guía para el diseño de estructuras del pavimento, indica que, la metodología aashto-93 proporciona procedimientos y recomendaciones para la determinación de la estructura del pavimento flexible y rígido. Las cuales incluyen la determinación del espesor total de la estructura del pavimento, así como el espesor de cada uno de las capas estructurales.

2.2.2.1. DISEÑO PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE

A. Periodo de Diseño:

El periodo de diseño se ajustará de acuerdo a las condiciones del proyecto ya sea un periodo de comportamiento mínimo de hasta 10 años o un periodo comportamiento máximo que puede durar 20 años.

B. ESAL de diseño:

Según el Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, “el ESAL de diseño es el número de pasadas de cargas equivalentes a un eje simple de 18000 lb (18-kips o 8.2t) que ocurrirán durante el periodo de diseño del pavimento” (p.149).

$$N_{rep\ de\ EE_{8.2Ton}} = 365 * \sum (EE * IMDa) * Fca * Fd * Fc$$

C. Módulo de resiliencia (Mr):

Para el cálculo se empleará la siguiente ecuación que está en base al CBR, el cual se obtendrá del estudio de suelos:

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

D. Nivel de confiabilidad (%R):

“La confiabilidad del diseño toma en cuenta las posibles variaciones de tráfico previstas, así como en las variaciones del modelo de comportamiento AASHTO, proporcionando un nivel de confiabilidad (R) que asegure que las secciones del pavimento duren el periodo para el cual fueron diseñadas. A mayor confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar” (Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, p.154).

E. Desviación estándar (So):

Según la Guía AASHTO para el diseño de estructuras de Pavimentos, “recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50” (p.95).

F. Coeficiente estadístico de desviación normal estándar (Zr):

Según el Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2013), nos dice que “el coeficiente estadístico de Desviación Normal Estándar (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal” (p. 156).

G. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)

Según el Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2013), nos dice que

“El Índice de Serviciabilidad presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5” (p. 158).

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

H. NUMERO ESTRUCTURAL (SN):

Para la forma analítica:

Ecuación de diseño de pavimento flexible.

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

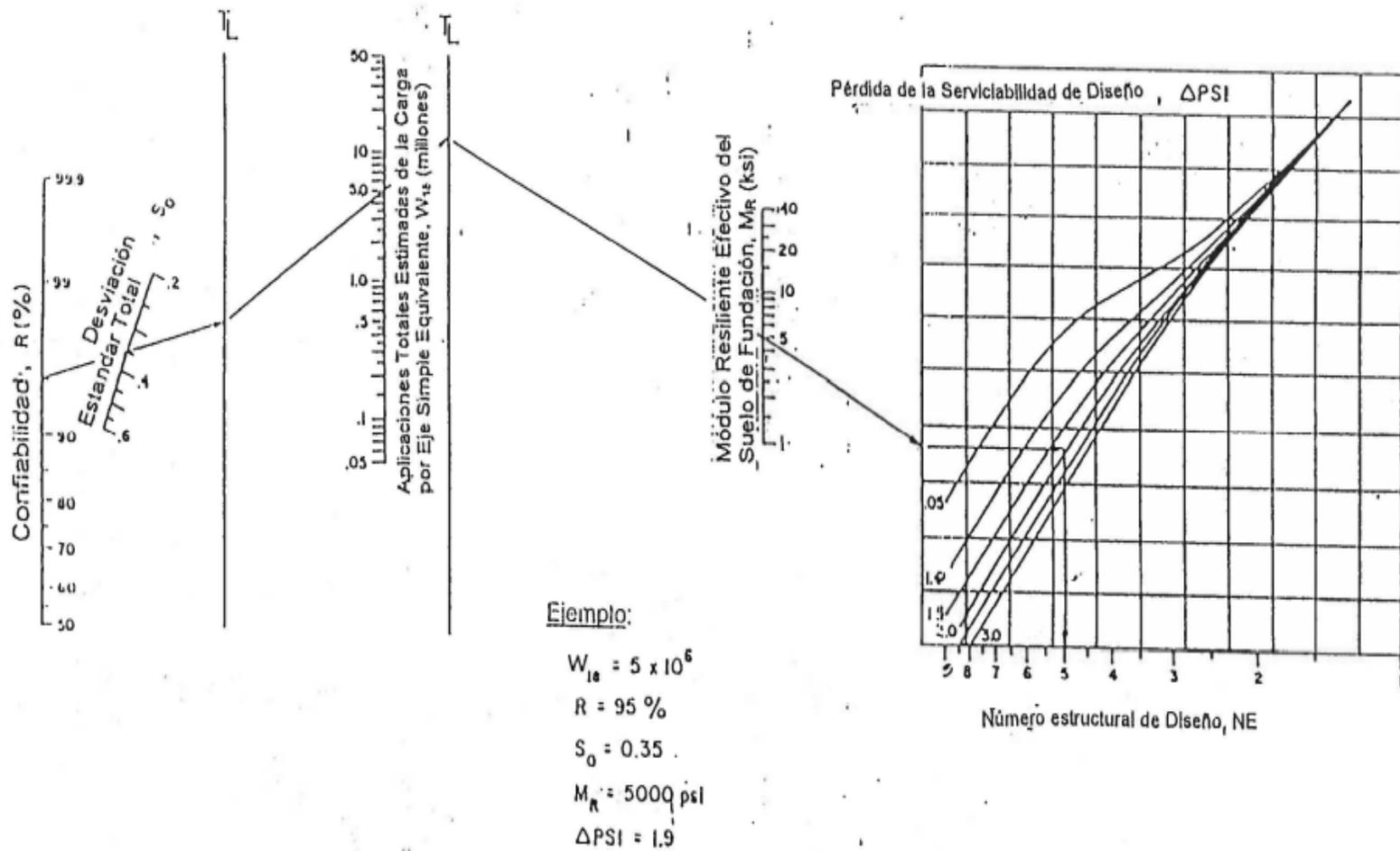


Figura N° 8 Cálculo del Número Estructural (SN) en nomograma para Pavimento Flexible

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

I. Coeficiente de Drenaje:

Este coeficiente es aplicado en las capas granulares de base y sub base con la finalidad de tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

J. Coeficientes Estructurales para las capas de pavimentación:

Determina el espesor de cada una de las capas del pavimento.

$$SN = a1 * d1 + a2 * d2 * m2 + a3 * d3 * m3$$

2.2.2.2. DISEÑO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO

A. Periodo de diseño:

Según el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos no indica que para este tipo de pavimentos el periodo mínimo debe ser de 20 años. (p.262)

B. ESAL de diseño:

Este cálculo está en base a lo establecido en el Capítulo 6 del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.

C. Nivel de Confiabilidad (%R), Desviación Estándar (So) y Desviación Estándar Normal (Zr):

El Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos nos menciona que para la desviación estándar se tiene un rango comprendido entre $0.30 < So < 0.40$ donde se recomienda utilizar 0.35.

D. Índice de serviciabilidad (Δ PSI):

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, nos proporciona el valor para la diferencial de serviciabilidad (Δ PSI).

E. Coeficiente de Transferencia de carga (J):

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, indica que, “sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas” (p.271).

F. Coeficiente de Drenaje (Cd):

Generalmente el grado de drenaje de las capas intermedias es dependiente de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de subrasante, condiciones climáticas, nivel de precipitaciones, entre otras.

G. Módulo de reacción de la subrasante (K):

Utilizando el monograma para el cálculo de la reacción de la subrasante basada en el CBR.

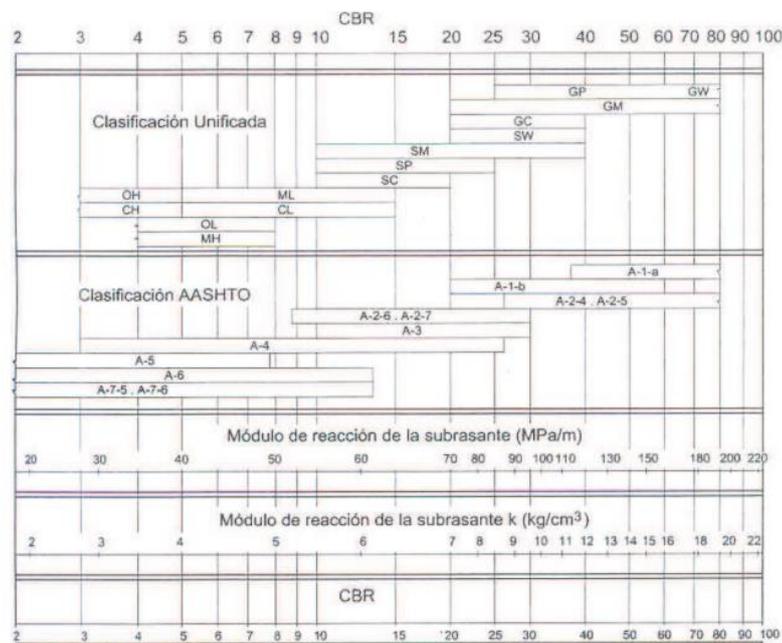


Figura N° 9 Monograma para el cálculo de la reacción de la subrasante

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

H. Resistencia a la flexotracción del concreto (MR):

“Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por ASTM C – 78” (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, p.268).

I. Módulo elástico del concreto (Ec):

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado.

$$E_c = 57\,000 \times (F'c)^{0.5} \quad (F'c \text{ en PSI})$$

J. Cálculo del espesor de la losa de diseño, D (PLGS)

De forma analítica:

$$\log_{10} W_{s2} = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{3.46}}} + (4.22 - 0.32P_i) \times \log_{10}\left(\frac{M_r C_{dt}(0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)}\right)$$

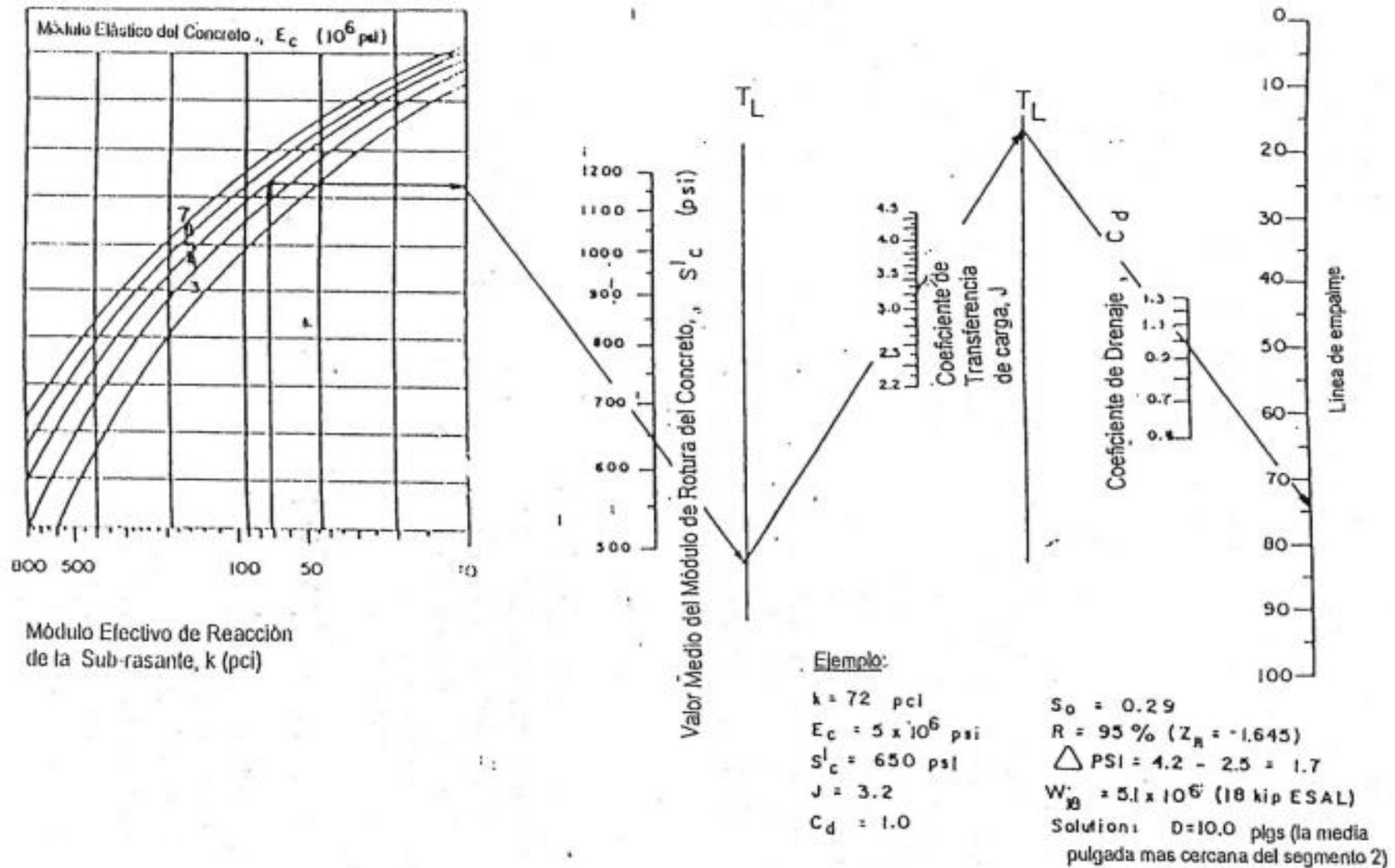


Figura J.7. Carta de Diseño para Pavimentos Rígidos, basada en los Valores Medios de cada Variable (Segmento 1)

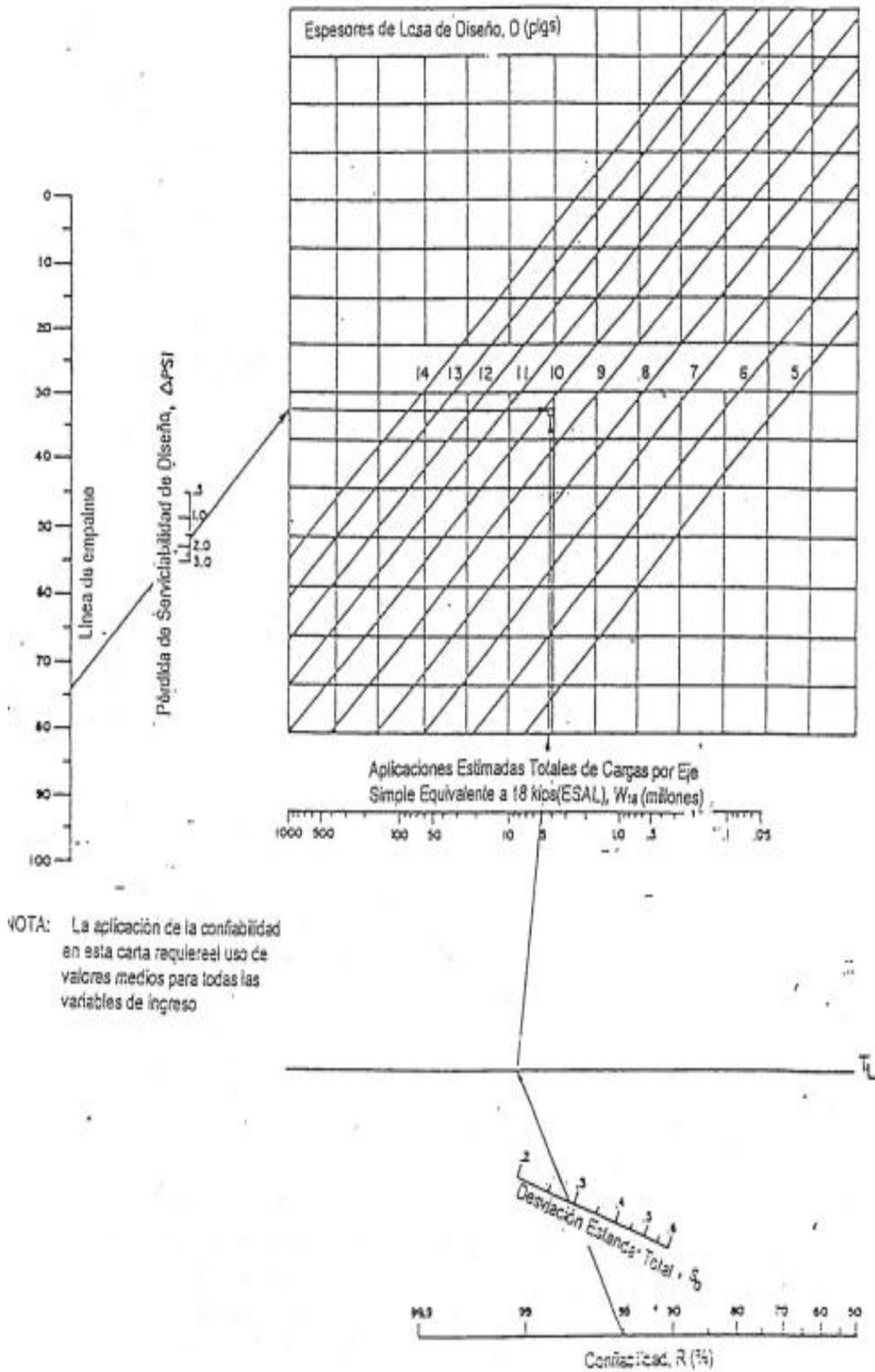


Figura N° 10 Cálculo del espesor de la losa. D(Plg.) en nomograma para Pavimento Rígido

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

2.2.2.3. DISEÑO PARA EL PAVIMENTO ARTICULADO

Según el tipo de tráfico, los espesores mínimos de adoquines de concreto y cama de arena son los mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 14: *Espesores mínimos de adoquines de concreto y cama de arena*

| Ejes equivalentes acumulados | | Capa Superficial | Cama de Arena |
|------------------------------|------------|----------------------------|---------------|
| ≤ 150,000 | | Adoquín de Concreto: 60mm | 40 mm |
| 150,001 | 7,500,000 | Adoquín de Concreto: 80mm | 40 mm |
| 7,500,001 | 15'000,000 | Adoquín de Concreto: 100mm | 40 mm |

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, 2013.

Para este tipo de pavimento se utilizarán los ábacos de diseño que fueron adaptados por el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos sacado de la metodología ICPI.

Figura N° 11 Catálogo de estructuras de Pavimento Articulado con base granular

| | 75,001-150,000 | 150,001-300,000 | 300,001-500,000 | 500,001-750,000 | 750,001-1'000,000 | 1'000,001-1'500,000 | 1'500,001-3'000,000 | 3'000,001-5'000,000 |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CBR < 6% | | | | | | | | |
| > 6% CBR < 10% | | | | | | | | |
| > 10% CBR < 20% | | | | | | | | |
| > 20% CBR < 30% | | | | | | | | |
| CBR > 30% | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, 2013

2.3. Marco conceptual

- **Pavimentos flexibles:**

“Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **CBR:**

“Es una medida indirecta de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones controladas de densidad y humedad” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Módulo resiliente:**
 “Es una relación que vincula las solicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse el estado de tensiones impuesto” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Serviciabilidad:**
 “Un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Confiabilidad:**
 “Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Coefficientes estructurales:**
 “El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente, los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Periodo de diseño:**
 “Es el tiempo total que se usa para diseñar un pavimento en función del tránsito proyectado y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Subrasante:**
 “Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimenta y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Subbase:**
 “Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Base:**
 “Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Superficie de rodadura:**
 “Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores” (Barrionuevo, 2017, p.6).

- **Tránsito:**
 “Vehículos que circulan por el camino” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2005, p.12).

- **Adoquín:**
 Está realizada en material de concreto en forma de prisma recto con un diseño tal que encaje entre sí creando una superficie continua, dejando una junta entre ellas.

- **ESAL:**
 “Carga vehicular del pavimento durante el periodo de diseño” (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p. 262).

2.4. Sistema de Hipótesis

El diseño estructural de las capas del pavimento flexible aplicando la metodología AASHTO-93 será el más adecuado para mejorar la transitabilidad en la av. Manuel Seoane entre el tramo de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte, distrito Guadalupe, Pacasmayo, La Libertad, aspecto que se determinará al final del desarrollo de la tesis.

2.4.1. Variables e indicadores

Cuadro de Operacionalización de variables

Tabla 1: Variable independiente

| Variables | Conceptos | Dimensión | Indicadores | Ítems |
|----------------------------------|--|---------------------------|--|--|
| Diseño estructural del pavimento | Nos permite analizar los datos de las propiedades de las zonas de estudio, teniendo en cuenta los parámetros de seguridad y funcionalidad. | Cargas de transitabilidad | Conteo vehicular IMD | Tabla de registro de datos. |
| | | Propiedades del suelo | -Calicata -Ensayo de laboratorio (propiedades físico mecánicas) | -Trabajo de campo -Toma de muestras - mediciones - Laboratorio de mecánica de suelos. |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Variable dependiente

| VARIABLES | CONCEPTOS | DIMENSIÓN | INDICADORES | ÍTEMS |
|-------------------------|--|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Metodología AASHTO-93 | Nos permite determinar los parámetros de diseño para así hallar los espesores de las capas que conforman el pavimento. | Espesor del paquete estructural | -Espesor de estructura | Aplicación de fórmulas y gráficos. |
| | | | -CBR | |
| | | | -ESAL diseño | |
| | | | -Periodo de diseño | |
| | | | -Confiability | |
| | | | -Serviciabilidad | |
| | | | -Desviación estándar | |
| -Coeficiente de drenaje | | | | |

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

Aplicada

3.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva

3.2. Población y Muestra de estudio

3.2.1. Población

La población son cada una de las arterias primordiales que se interconectan entre sí conformando el circuito automotriz de la ciudad de Guadalupe.

3.2.2. Muestra

La muestra es la av. Manuel Seoane entre el tramo de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte, la longitud de la vía es de 1157.47m.

3.3. Diseño de investigación

No experimental de tipo transversal - descriptivo ya que aplicaremos la metodología AASHTO-93 para realizar el diseño estructural del pavimento adecuado que cubra con la demanda de transitabilidad de la Av. Manuel Seoane.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

a. Técnicas de recolección de datos:

- **Estudio de tráfico:** para esto se utilizará la técnica de observación. Se contará y se registrará los vehículos clasificándolos según su tipo durante una semana como indica el manual de carreteras.
- **Estudio de mecánica de suelos:** también se utilizará la técnica de observación. Se tomará muestras en 3 puntos diferentes de la vía en estudio, luego se procederá a realizar los análisis de estas muestras en el laboratorio.

b. Instrumentos de recolección de datos:

Se utilizarán los siguientes instrumentos:

- La guía de observación el cual nos permitirá recopilar en campo toda la información del estudio del terreno y establecer las herramientas que utilizaremos.
- Para el estudio de tráfico utilizaremos el formato del MTC, para realizar el conteo vehicular.
- El laboratorio de suelos para realizar los ensayos correspondientes a las muestras obtenidas del terreno.
- Para el diseño estructural de cada pavimento utilizaremos la guía AASHTO de diseño de estructuras de pavimentos y el manual de carreteras.

3.5. Procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento de datos:

- ✓ Se utilizará los siguientes programas: AutoCAD, Civil 3D, Microsoft Excel y Microsoft Word.
- ✓ Se realizará el conteo vehicular durante 1 semana por 24 horas en puntos estratégicos.
- ✓ Luego se clasificará y verificará los tipos de vehículos, para determinar el ESAL.
- ✓ Se realizará 3 calicatas con una profundidad de 1.50m para analizar las características físicas y mecánicas del suelo y obtener el CBR.
- ✓ Después de obtener los datos del IMD y del estudio de mecánica de suelos procederemos a utilizar la metodología AASHTO-93 para calcular el espesor que la demanda vehicular lo solicita. Con ayuda de las fórmulas, gráficos y tablas.
- ✓ Se realizará el diseño estructural del pavimento flexible, rígido y adoquinado y se hará la evaluación económica que ayude a satisfacer el problema de transitabilidad en las avenidas y escoger la mejor alternativa de pavimentación para la infraestructura vial de la zona de estudio.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

4.1.1. Periodo de diseño

Según AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993, “es el periodo de tiempo en años para el cual será diseñado el pavimento” (p.7).

Tabla 3: *Periodo de Diseño (años)*

| Clasificación de la Vía | Período de Análisis (Años) |
|---|----------------------------|
| Urbana de Alto Volúmen de Tráfico | 30 - 50 |
| Rural de Alto Volúmen de Tráfico | 20 - 50 |
| Pavimentada de Bajo Volúmen de Tráfico | 15 - 25 |
| No Pavimentada de Bajo Volúmen de Tráfico | 10 - 20 |

Fuente: “AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993”

El período de diseño seleccionado para la ejecución de este proyecto es de 20 años.

4.1.2. Estudio de Mecánica de Suelos

El proyecto se basa en diseñar el pavimento dentro del área asignada, en sus capas de mejoramiento de subrasante, subbase y base, donde se realizará un análisis comparativo entre los pavimentos: flexible, rígido y articulado.

Para tal efecto, se realizaron tres (3) calicatas a una profundidad de un metro cincuenta como mínimo, considerando que las cargas vehiculares no son representativas a esa profundidad, de lo cual obtuvimos los siguientes resultados:

CALICATA C-1 (INTERSECCIÓN DE LA AV. MANUEL SEOANE - PANAMERICANA NORTE)

La excavación se realizó a una profundidad de -1.50m desde el nivel superficial de terreno. Se encontró un primer estrato de 1.00 m de espesor de “arena Arcillo Limosa identificado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC SM”, de grano medio en estado húmedo compacto, posteriormente a ella un estrato de Arena Pobrementemente Graduada de grano grueso con grava medianamente compacto el cual presenta un contenido de humedad de 5.95% y una densidad de 1.82 ton/m³.

CALICATA C-2 (INTERSECCIÓN AV. MANUEL SEOANE – CA. JUSTO ALBUJAR)

La excavación se realizó a una profundidad de -1.50m desde el nivel superficial de terreno. Se encontró un primer estrato de 1.15 m de espesor de “arena Arcillo Limosa identificado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC SM”, de grano medio en estado húmedo compacto, posteriormente a ella un estrato de Arena Pobrementemente Graduada de grano grueso con grava medianamente compacto el cual presenta un contenido de humedad de 6.12% y una densidad de 1.72 ton/m³.

CALICATA C-3 (INTERSECCIÓN AV. MANUEL SEOANE – AV. UNIVERSITARIA)

La excavación se realizó a una profundidad de -1.50m desde el nivel superficial de terreno. Se encontró un primer estrato de 1.35 m de espesor de “arena Arcillo Limosa identificado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC SM”, de grano medio en estado húmedo compacto, posteriormente a ella un estrato de Arena Pobrementemente Graduada de grano grueso con grava medianamente compacto el cual presenta un contenido de humedad de 6.11% y una densidad de 1.62 ton/m³.

Se han realizado pruebas estándar de laboratorio y de campo para identificación y clasificación, así como pruebas de resistencia del suelo para el pavimento (C.B.R.).

Tabla 4: “Densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad de cada calicata”

| CALICATA | DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³) | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|-----------------|---|--|
| C-1 | 1.82 | 5.95 |
| C-2 | 1.72 | 6.12 |
| C-3 | 1.62 | 6.11 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: “CBR de las calicatas”

| CALICATA | CBR (100%) | CBR (95%) |
|-----------------|-------------------|------------------|
| C-1 | 16.37 | 11.38 |
| C-2 | 13.63 | 10.83 |
| C-3 | 12.24 | 10.21 |

Fuente: Elaboración Propia

En este estudio no se encontró la presencia del nivel freático (NAF).

Figura N° 12 *Plano de ubicación de calicata*



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Diseño Estructural por la Metodología AASHTO 93

4.2.1.1. Diseño Para El Pavimento Flexible:

A. Periodo de Diseño:

El periodo de diseño que se eligió es de 20 años.

B. Cálculo del ESAL de diseño

A continuación, hallamos el ESAL de diseño para la zona de estudio.

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

| | |
|--|-------|
| Tasa anual de crecimiento de vehículos livianos = | 1.26% |
| Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados = | 2.83% |
| Número de años del periodo de diseño = | 3 |

Tabla 6: Índice medio diario

| INDICE MEDIO DIARIO | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------|
| TIPO DE VEHICULO | | IMDs | | | IMDa | | | IMD (2021) | IMD (2024) |
| | | IDA | VUELTA | TOTAL | IDA | VUELTA | TOTAL | | |
| VEHICULO LIVIANO | AUTO | 189.000 | 154.429 | 343.429 | 163.675 | 133.736 | 297.411 | 297.000 | 304.5315517 |
| | STATION WAGON | 57.286 | 61.143 | 118.429 | 49.610 | 52.950 | 102.560 | 103.000 | 105.6119523 |
| | PICK UP | 41.000 | 47.000 | 88.000 | 35.506 | 40.702 | 76.208 | 76.000 | 77.9272658 |
| | PANEL | 12.857 | 12.286 | 25.143 | 11.134 | 10.639 | 21.774 | 22.000 | 22.5578927 |
| | C. RURAL | 12.143 | 10.000 | 22.143 | 10.516 | 8.660 | 19.176 | 19.000 | 19.4818164 |
| | MICRO | 2.000 | 1.571 | 3.571 | 1.732 | 1.361 | 3.093 | 3.000 | 3.0760763 |
| BUS | 2E | 3.286 | 2.857 | 6.143 | 2.752 | 2.393 | 5.145 | 5.000 | 5.2870045 |
| | >=3E | 1.429 | 1.286 | 2.714 | 1.196 | 1.077 | 2.273 | 2.000 | 2.1148018 |
| CAMIONES | 2E | 15.857 | 14.000 | 29.857 | 13.281 | 11.726 | 25.007 | 25.000 | 26.4350223 |
| | 3E | 8.571 | 7.000 | 15.571 | 7.179 | 5.863 | 13.042 | 13.000 | 13.7462116 |
| | 4E | 2.143 | 1.429 | 3.571 | 1.795 | 1.196 | 2.991 | 3.000 | 3.1722027 |
| SEMI TRAYLER | 2S1/2S2 | 1.000 | 1.000 | 2.000 | 0.838 | 0.838 | 1.675 | 2.000 | 2.1148018 |
| | 2S3 | 1.429 | 1.429 | 2.857 | 1.196 | 1.196 | 2.393 | 2.000 | 2.1148018 |
| | 3S1/3S2 | 0.571 | 0.571 | 1.143 | 0.479 | 0.479 | 0.957 | 1.000 | 1.0574009 |
| | >= 3S3 | 0.571 | 0.571 | 1.143 | 0.479 | 0.479 | 0.957 | 1.000 | 1.0574009 |
| TRAYLER | 2T2 | 0.571 | 0.571 | 1.143 | 0.479 | 0.479 | 0.957 | 1.000 | 1.0574009 |
| | 2T3 | 0.286 | 0.286 | 0.571 | 0.239 | 0.239 | 0.479 | 0.000 | 0.0000000 |
| | 3T2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000000 |
| | 3T3 | 0.286 | 0.286 | 0.571 | 0.239 | 0.239 | 0.479 | 0.000 | 0.0000000 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Ejes Equivalente para Pavimento Flexible

| TIPO DE VEHICULO | | | IMDa 2024 | TIPO EJE | # RUEDAS | CARGA EJE (Tn) | TIPO EE (8.2Tn) | EE (8.2 Ton) FLEXIBLE | EE*IMDa FLEXIBLE | |
|---------------------|------------------|-------|--------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|------------|
| VEHICULO LIVIANO | AUTO | 1 EJE | 304.532 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.1604932 | |
| | | 2 EJE | 304.532 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.1604932 | |
| | STATION WAGON | 1 EJE | 105.612 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0556592 | |
| | | 2 EJE | 105.612 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0556592 | |
| | PICK UP | 1 EJE | 77.927 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0410690 | |
| | | 2 EJE | 77.927 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0410690 | |
| | PANEL | 1 EJE | 22.558 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0118884 | |
| | | 2 EJE | 22.558 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0118884 | |
| | C. RURAL | 1 EJE | 19.482 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0102672 | |
| | | 2 EJE | 19.482 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0102672 | |
| | MICRO | 1 EJE | 3.076 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0016211 | |
| | | 2 EJE | 3.076 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0005270 | 0.0016211 | |
| | BUS | 2E | 1 EJE | 5.287 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 6.6899996 |
| | | | 2 EJE | 5.287 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 17.1208376 |
| >=3E | | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 2.6759999 | |
| | | 2 EJE | 2.115 | TANDEM | 6 | 16 | EE _{TA1} | 1.3659445 | 2.8887020 | |
| CAMIONES | 2E | 1 EJE | 26.435 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 33.4499982 | |
| | | 2 EJE | 26.435 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 85.6041879 | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-------|--------|--------|----|----|-------------------|-----------|------------|
| | 3E | 1 EJE | 13.746 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 17.3939990 |
| | | 2 EJE | 13.746 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 27.7565353 |
| | 4E | 1 EJE | 3.172 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 4.0139998 |
| | | 2 EJE | 3.172 | TRIDEM | 10 | 23 | EE _{TR1} | 1.5081836 | 4.7842640 |
| SEMI TRAYLER | 2S1/2S2 | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 2.6759999 |
| | | 2 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 6.8483350 |
| | | 3 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 6.8483350 |
| | 2S3 | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 2.6759999 |
| | | 2 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 6.8483350 |
| | | 3 EJE | 2.115 | TRIDEM | 12 | 25 | EE _{TR2} | 1.7060262 | 3.6079073 |
| | 3S1/3S2 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 1.3379999 |
| | | 2 EJE | 1.057 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 2.1351181 |
| | | 3 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 3.4241675 |
| | >= 3S3 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 1.3379999 |
| | | 2 EJE | 1.057 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 2.1351181 |
| | | 3 EJE | 1.057 | TRIDEM | 12 | 25 | EE _{TR2} | 1.7060262 | 1.8039537 |
| TRAYLER | 2T2 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 1.3379999 |
| | | 2 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 3.4241675 |
| | | 3 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 3.4241675 |
| | | 4 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 3.4241675 |
| | 2T3 | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 0.0000000 |
| | | 2 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 0.0000000 |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 0.0000000 |

| | | | | | | | | | | |
|--|------------|--------------|-------|--------|---|----|-------------------|-----------|--|--------------------|
| | 3T2 | 4 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 0.0000000 | |
| | | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 0.0000000 | |
| | | 2 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 0.0000000 | |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 0.0000000 | |
| | | 4 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 0.0000000 | |
| | 3T3 | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2653667 | 0.0000000 | |
| | | 2 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 0.0000000 | |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.2382870 | 0.0000000 | |
| | | 4 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 2.0192135 | 0.0000000 | |
| | | | | | | | | | TOTAL = $\sum(EE*IMD_a)$ | 256.2302914 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Cálculo ESAL Pavimento Flexible

| | | |
|--|---------------------------------|---------------------|
| Tiempo de vida útil del pavimento (años) = | 20 | |
| Factor de crecimiento acumulado de vehículos pesados: $Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$ | 26.411 | |
| N° calzadas, sentido, carril por sentido) = | 1 CALZADA, 2 SENTIDOS, 1 CARRIL | |
| Factor direccional (Fd) = | 0.50 | |
| Factor de carril (Fc) = | 1.00 | |
| Número de ejes equivalentes (EE): $Nrep\ de\ EE_{8,2Ton} = 365 * \sum (EE * IMDa) * Fca * Fd * Fc$ | ESAL (Pav. Flexible) = | 1 235,009.36 |

Fuente: Elaboración Propia

W18= 1 235,009.36

CBR= 10.21%

C. Módulo de Resiliencia (Mr)

“El módulo de Resiliencia está en función a un CBR de 10.21% el cual se puede observar que pertenece a la categoría S3 (Subrasante buena) cabe resaltar que se consideró el valor mínimo de CBR al 95%” (Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, p.153).

Tabla 9: Categorías de la subrasante según el CBR

| Categorías de Subrasante | CBR |
|---------------------------|-----------------------------|
| S0: Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S1: Subrasante Pobre | De CBR ≥ 3 % A CBR < 6% |
| S2: Subrasante Regular | De CBR ≥ 6 % A CBR < 10% |
| S3: Subrasante Buena | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S4: Subrasante Muy Buena | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S5: Subrasante Excelente | CBR ≥ 30% |

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

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

Reemplazando se obtuvo:

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 * (10.21)^{0.64}$$

$$Mr \text{ (psi)} = 11302.31$$

D. Nivel de Confiabilidad (%R)

Basándonos en la guía AASHTO para el diseño de estructuras de Pavimentos, “para este caso comprende una carretera secundaria, cuya confiabilidad varía entre 80 – 95”.

Tabla 10: Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.

| Tipo de camino | Zonas urbanas | Zonas rurales |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Autopistas | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Carreteras de primer orden | 80 – 99 | 75 – 95 |
| Carreteras secundarias | 80 – 95 | 75 – 95 |
| Caminos vecinales | 50 – 80 | 50 – 80 |

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

$$R = 85 \%$$

Tabla 11: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,000 | 150,000 | 65% |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 70% |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 75% |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 80% |
| | T _{P4} | 750 001 | 1,000,000 | 80% |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 90% |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 90% |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 90% |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 95% |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 95% |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 95% |
| | T _{P15} | >30'000,000 | | 95% |

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

E. Desviación Estándar (So)

Consideraremos el valor de:

$$S_o = 0.45$$

F. Coeficiente Estadístico de Desviación Normal Estándar (Zr)

El manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección Suelos y Pavimentos, “nos proporciona un valor más preciso con relación al rango de tráfico el cual es”:

$$Z_r = -1.036$$

Tabla 12: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_r) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r) |
|-------------------------------------|-----------|------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T_{P0} | 100,001 | 150,000 | -0.385 |
| | T_{P1} | 150,001 | 300,000 | -0.524 |
| | T_{P2} | 300,001 | 500,000 | -0.674 |
| | T_{P3} | 500,001 | 750,000 | -0.842 |
| | T_{P4} | 750,001 | 1,000,000 | -0.842 |
| Resto de Caminos | T_{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | -1.036 |
| | T_{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | -1.036 |
| | T_{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | -1.036 |
| | T_{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | -1.282 |
| | T_{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | -1.282 |
| | T_{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | -1.282 |
| | T_{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | -1.282 |
| | T_{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | -1.645 |
| | T_{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | -1.645 |
| | T_{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | -1.645 |
| | T_{P15} | >30'000,000 | | -1.645 |

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

G. Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) = 4.00

Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (P_t) = 2.50

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.00 - 2.50$$

$$\Delta\text{PSI} = 1.50$$

Tabla 13: *Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)*

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI) |
|-------------------------------------|----------|------------------------------|-----------|--|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T_{P1} | 150,001 | 300,000 | 1.80 |
| | T_{P2} | 300,001 | 500,000 | 1.80 |
| | T_{P3} | 500,001 | 750,000 | 1.80 |
| | T_{P4} | 750,001 | 1,000,000 | 1.80 |
| | T_{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 1.50 |
| | T_{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 1.50 |

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

H. Cálculo del Número Estructural (SN)

1. Forma Analítica:

Figura N° 13: Ecuación de diseño de pavimento flexible

Datos:

$$\log_{10}W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}M_r - 8.07$$

Tabla 14: *Parámetros de diseño para calcular el número estructural para el pavimento flexible*

| | |
|-------------------------|--------------|
| W₁₈ = | 1'235,009.36 |
| R = | 85% |
| Z_r = | -1.036 |
| S_o = | 0.45 |
| M_r = | 11,302.31 |
| Δ PSI = | 1.50 |

Fuente: Elaboración Propia

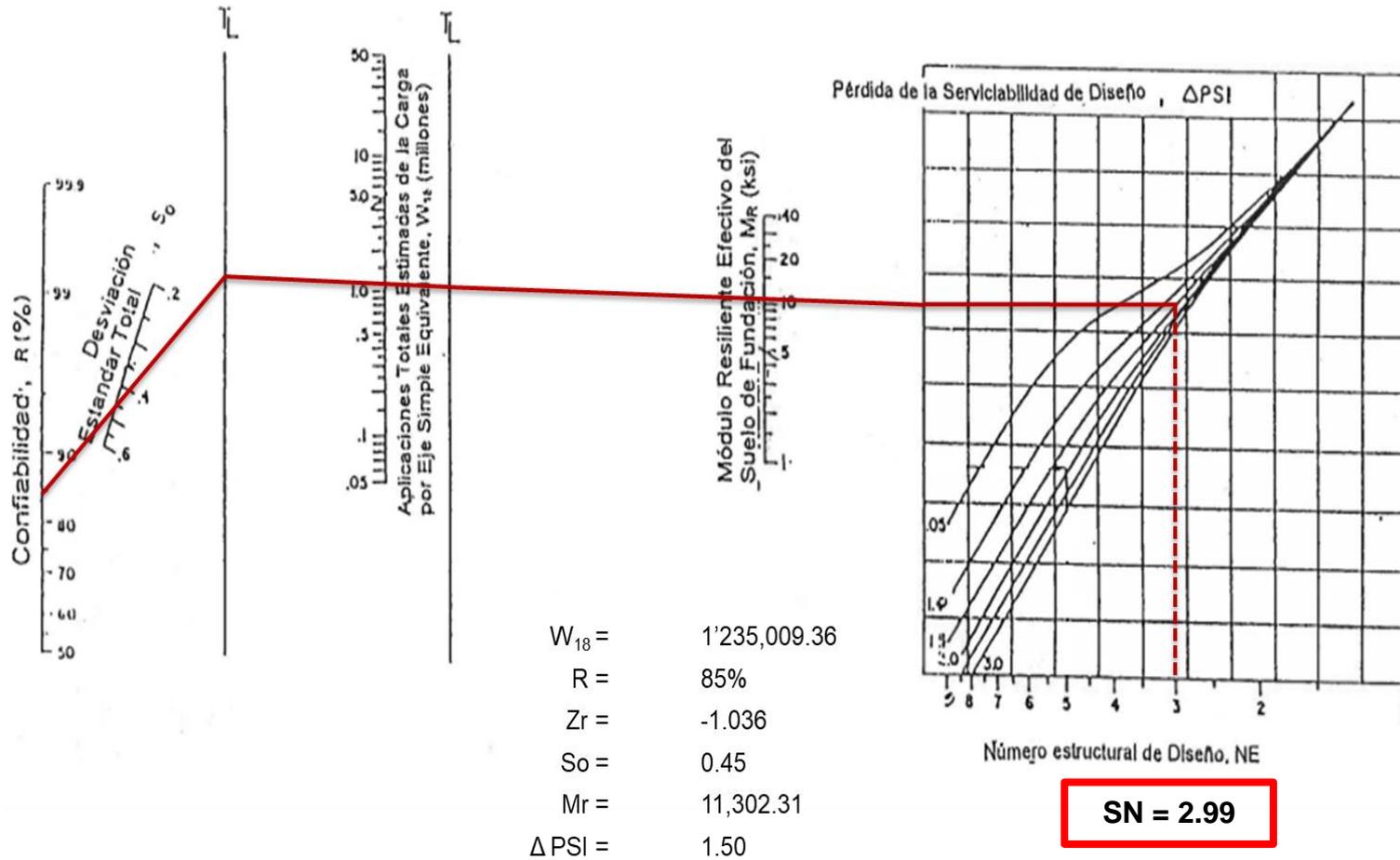
Resolviendo la ecuación:

$$6.0917 = 6.0934$$

$$\mathbf{SN = 3}$$

2. Con uso de nomograma:

Figura N° 14: Cálculo del SN en Nomograma para pavimento flexible



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Tomaremos el SN analítico requerido por ser más exacto:

$$\text{SN} = 3$$

I. Coeficiente de Drenaje

Tabla 15: Coeficiente de Drenaje m_i para Bases y SubBases granulares

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

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

Debido a que la zona de estudio se encuentra en épocas de verano con precipitaciones pluviales, se considerará un coeficiente de drenaje:

$$m_2 = m_3 = 1.00$$

J. Coeficientes Estructurales para las Capas de Pavimentación

$a_1 = 0.170$ cm (Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico).

$a_2 = 0.052$ cm (Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE).

$a_3 = 0.047$ cm (Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE).

Tabla 16: Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm) | OBSERVACIÓN |
|---|-------------|--|--|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F) | a_1 | 0.170 / cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión. | a_1 | 0.125 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE |
| Micropavimento 25mm | a_1 | 0.130 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE |
| Tratamiento Superficial Bicapa. | a_1 | 0.250 (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm. | a_1 | 0.150 (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| (*) Valor Global (no se considera el espesor) | | | |
| BASE | | | |
| Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.052 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE |
| Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.054 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico $> 5'000,000$ EE |
| Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb) | a_{2a} | 0.115 / cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²) | a_{2b} | 0.070 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²) | a_{2c} | 0.080 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| SUBBASE | | | |
| Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS | a_3 | 0.047 / cm | Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE |
| Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS | a_3 | 0.050 / cm | Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $> 15'000,000$ EE |

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

K. Cálculo de los Espesores:

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

Tabla 17: Resumen para cálculo de los espesores

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| SN_{requerido} = | 3 |
| m₂=m₃ | 1 |
| a₁ = | 0.170 cm |
| a₂ = | 0.052 cm |
| a₃ = | 0.047 cm |

Fuente: Elaboración Propia

Para los espesores se planteó que:

$$d_1 = 9 \text{ cm}$$

$$d_2 = 20 \text{ cm}$$

$$d_3 = 15 \text{ cm}$$

Resolviendo la ecuación se tiene que dar que:

$$SN_{\text{RESULTADO}} \geq SN_{\text{REQUERIDO}}$$

$$3.23 = 0.170 * 9 + 0.052 * 20 * 1 + 0.047 * 15 * 1$$

$$3.105 \geq 3$$

Sí cumple

Figura N° 15: Sección del Pavimento Flexible



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. DISEÑO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO:

a) Período de Diseño:

El periodo de diseño es el mismo que se utilizó para el diseño del pavimento flexible, el cual es 20 años, que está de acuerdo al estudio de tráfico que se realizó.

b) Cálculo de ESAL de Diseño:

Hallamos el ESAL de diseño para el sector en estudio:

| | |
|---|-------|
| Tasa anual de crecimiento de vehículos livianos = | 1.26% |
| Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados = | 2.83% |
| Número de años del periodo de diseño = | 3 |

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

Tabla 18: Cálculo de $\sum(EE*IMDa)$ del Pavimento Rígido

| TIPO DE VEHICULO | | IMDa 2024 | TIPO EJE | # RUEDAS | CARGA EJE (Tn) | TIPO EE (8.2Tn) | EE (8.2 Ton) RÍGIDO | EE*IMDa RÍGIDO | |
|------------------|---------------|-----------|----------|----------|----------------|-----------------|---------------------|----------------|------------|
| VEHICULO LIVIANO | AUTO | 1 EJE | 304.532 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.1328930 |
| | | 2 EJE | 304.532 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.1328930 |
| | STATION WAGON | 1 EJE | 105.612 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0460875 |
| | | 2 EJE | 105.612 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0460875 |
| | PICK UP | 1 EJE | 77.927 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0340063 |
| | | 2 EJE | 77.927 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0340063 |
| | PANEL | 1 EJE | 22.558 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0098439 |
| | | 2 EJE | 22.558 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0098439 |
| | C. RURAL | 1 EJE | 19.482 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0085016 |
| | | 2 EJE | 19.482 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0085016 |
| | MICRO | 1 EJE | 3.076 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0013424 |
| | | 2 EJE | 3.076 | SIMPLE | 2 | 1 | EE _{S1} | 0.0004364 | 0.0013424 |
| BUS | 2E | 1 EJE | 5.287 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 6.7294800 |
| | | 2 EJE | 5.287 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 17.6312413 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|-------|--------|--------|--------|----|-------------------|------------------------------|--------------------|-----------|
| | >=3E | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 2.6917920 | |
| | | 2 EJE | 2.115 | TANDEM | 6 | 16 | EE _{TA1} | 2.3427405 | 4.9544318 | |
| CAMIONES | 2E | 1 EJE | 26.435 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 33.6473998 | |
| | | 2 EJE | 26.435 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 88.1562067 | |
| | 3E | 1 EJE | 13.746 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 17.4966479 | |
| | | 2 EJE | 13.746 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 47.5344602 | |
| | 4E | 1 EJE | 3.172 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 4.0376880 | |
| | | 2 EJE | 3.172 | TRIDEM | 10 | 23 | EE _{TR1} | 3.6853521 | 11.6906839 | |
| SEMI TRAYLER | 2S1/2S2 | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 2.6917920 | |
| | | 2 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 7.0524965 | |
| | | 3 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 7.0524965 | |
| | 2S3 | 1 EJE | 2.115 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 2.6917920 | |
| | | 2 EJE | 2.115 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 7.0524965 | |
| | | 3 EJE | 2.115 | TRIDEM | 12 | 25 | EE _{TR2} | 4.1649313 | 8.8080041 | |
| | 3S1/3S2 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 1.3458960 | |
| | | 2 EJE | 1.057 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 3.6564969 | |
| | | 3 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 3.5262483 | |
| | >= 3S3 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 1.3458960 | |
| | | 2 EJE | 1.057 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 3.6564969 | |
| | | 3 EJE | 1.057 | TRIDEM | 12 | 25 | EE _{TR2} | 4.1649313 | 4.4040020 | |
| | TRAYLER | 2T2 | 1 EJE | 1.057 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 1.3458960 |
| | | | 2 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 3.5262483 |
| | | | 3 EJE | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 3.5262483 |
| 4 EJE | | | 1.057 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 3.5262483 | |
| 2T3 | | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 0.0000000 | |
| | | 2 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 0.0000000 | |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 0.0000000 | |
| | | 4 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 0.0000000 | |
| 3T2 | | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 0.0000000 | |
| | | 2 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 0.0000000 | |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 0.0000000 | |
| | | 4 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 0.0000000 | |
| 3T3 | | 1 EJE | 0.000 | SIMPLE | 2 | 7 | EE _{S1} | 1.2728342 | 0.0000000 | |
| | | 2 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 0.0000000 | |
| | | 3 EJE | 0.000 | SIMPLE | 4 | 11 | EE _{S2} | 3.3348263 | 0.0000000 | |
| | | 4 EJE | 0.000 | TANDEM | 8 | 18 | EE _{TA2} | 3.4580044 | 0.0000000 | |
| TOTAL = | | | | | | | | Σ(EE*IMD_a) | 300.2441356 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Cálculo de ESAL del Pavimento Rígido

| | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|
| Tiempo de vida útil del pavimento (años) = | 20 | |
| Factor de crecimiento acumulado de vehículos pesados: | 26.411 | |
| $Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$ | | |
| N° calzadas, sentido, carril por sentido) = | 1 CALZADA, 2 SENTIDOS, 1 CARRIL | |
| Factor direccional (Fd) = | 0.50 | |
| Factor de carril (Fc) = | 1.00 | |
| Número de ejes equivalentes (EE): | | |
| $N_{rep\ de\ EE_{8.2Ton}} = 365 * \sum (EE * IMDa) * Fca * Fd * Fc$ | ESAL (Pav. Rígido) = | 1 447,152.54 |

Fuente: Elaboración Propia

W₁₈ = 1 447,152.54

CBR = 10.21%

c) Nivel de Confiabilidad (%R)

R= 85 %

Tabla 20: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño de 20 años según rango de Tráfico.

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|----------------------------|---------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P0} | 100,000 | 150,000 | 65% | -0.385 |
| | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 70% | -0.524 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 75% | -0.674 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 80% | -0.842 |
| | T _{P4} | 750,001 | 1,000,000 | 80% | -0.842 |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% | -1.036 |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% | -1.036 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% | -1.036 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 90% | -1.282 |
| | T _{P15} | >30'000,000 | | 95% | -1.645 |

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

Z_r= -1.036

d) Desviación Estándar (So)

So = 0.35

e) Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) = 4.30

Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (P_t) = 2.50

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.30 - 2.50$$

$$\Delta\text{PSI} = 1.80$$

Tabla 21: Diferencial de Serviciabilidad Según Rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P_i) | INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (P_t) | DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI) |
|-------------------------------------|-----------|------------------------------|-------------|---|--|--|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T_{P1} | 150,001 | 300,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T_{P2} | 300,001 | 500,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T_{P3} | 500,001 | 750,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | T_{P4} | 750,001 | 1,000,000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| Resto de Caminos | T_{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | T_{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | T_{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | T_{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | T_{P15} | | >30'000,000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |

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

f) **Coefficiente de Transferencia De Carga (J)**

Tabla 22: *Coefficiente de Transmisión de Carga (J)*

| TIPO DE BERMA | J | | | |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | GRANULAR O ASFÁLTICA | | CONCRETO HIDRÁULICO | |
| VALORES J | SI (con pasadores) | NO (con pasadores) | SI (con pasadores) | NO (con pasadores) |
| | | 3.2 | 3.8 - 4.4 | 2.8 |

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

El coeficiente de transmisión de carga asumido (J) será:

$$J = 2.80$$

g) **Coefficiente de Drenaje (Cd)**

Tabla 23: *Coefficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd*

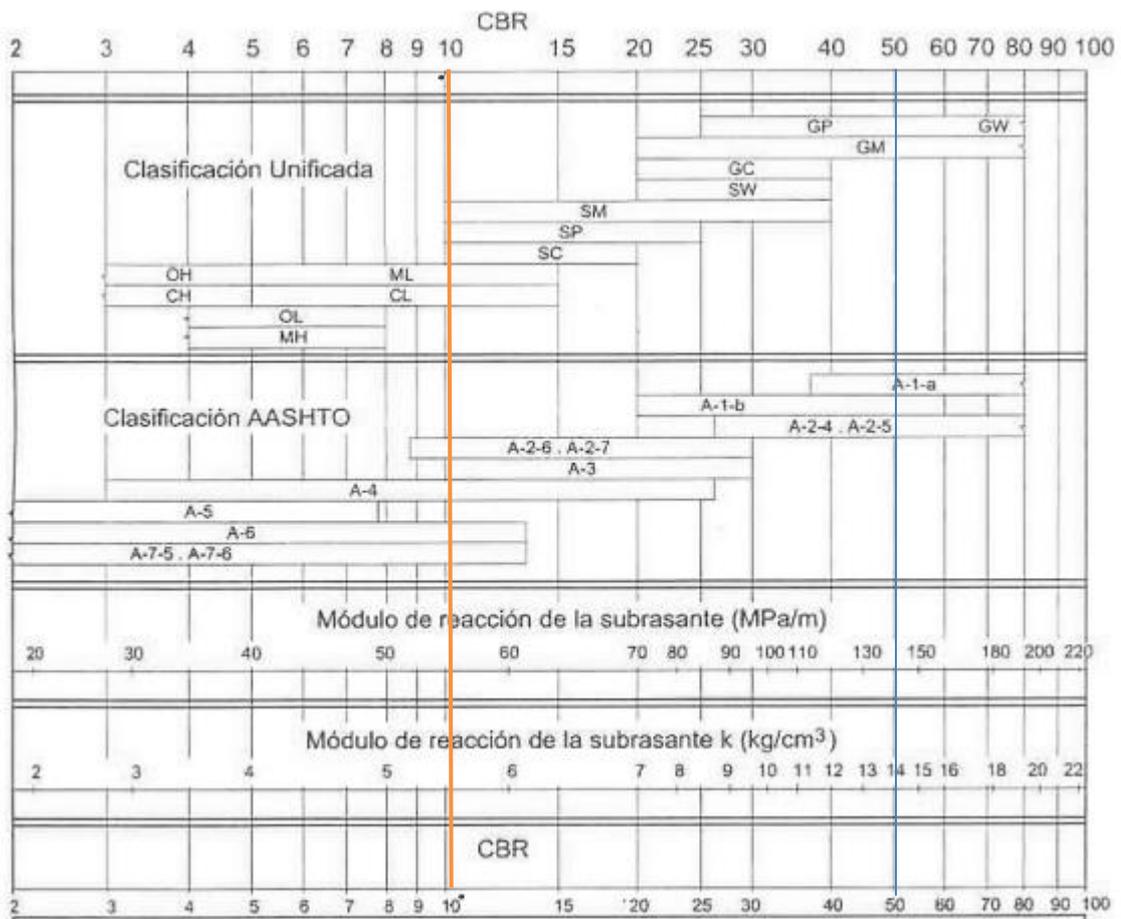
| Calidad de Drenaje | % del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion | | | |
|--------------------|--|-------------|-------------|-------|
| | < 1% | 1 a 5% | 5 a 25% | > 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy Pobre | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

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

$$Cd = 1.00$$

h) Módulo de reacción de la subrasante (K_0)

Figura N° 16: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



Monograma para el cálculo de la reacción de la subrasante

Fuente: AASHTO

Según la figura N° 12, para un CBR = 10.21%, el valor de K aproximadamente es:

$$K_0 = 56 \text{ Mpa/m}$$

$$K_1 = 140 \text{ Mpa/m}$$

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

$$K_c = 63.53 \text{ Mpa/m}$$

i) Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR):

Tabla 24: Resistencia del concreto según rango de tráfico

| RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR) | RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c) |
|--|---|---|
| ≤ 5'000,000 EE | 40 kg/cm ² | 280 kg/cm ² |
| > 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE | 42 kg/cm ² | 300 kg/cm ² |
| > 15'000,000 EE | 45 kg/cm ² | 350 kg/cm ² |

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

$$Mr = 40 \text{ kg/cm}^2 = 569.93 \text{ psi} = 3.92 \text{ Mpa}$$

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

=

$$a = 2.4068932$$

$$F'c = 3982.74 \text{ PSI}$$

j) Módulo Elástico del Concreto (Ec)

$$Ec = 57000 \times (F'c)^{0.5} \quad (F'c \text{ en PSI})$$

$$Ec = 57\,000 \times (3982.74)^{0.5}$$

$$Ec = 3\,597,210.344 \text{ PSI}$$

k) **Cálculo de Espesor de la Losa de Diseño, D (PLGS)**

1. De Forma Analítica:

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_O + 7.35 \text{Log}_{10}(D+25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{da} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Tabla 25: *Parámetros de diseño para calcular el espesor de la losa de diseño, D (Plgs)*

| | | | |
|-------------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| W_{8.2}= | 1 447,152.54 | Z_R= | -1.036 |
| S_o= | 0.35 | ΔPSI= | 1.80 |
| P_t= | 2.50 | M_r= | 3.92 MPa |
| C_d= | 1.00 | J= | 2.80 |
| E_c= | 24801.89 Mpa | K= | 63.53 Mpa/m |

Fuente: *Elaboración Propia*

Resolviendo la ecuación:

$$6.1605 = 6.1609$$

$$D = 179.30 \text{ mm}$$

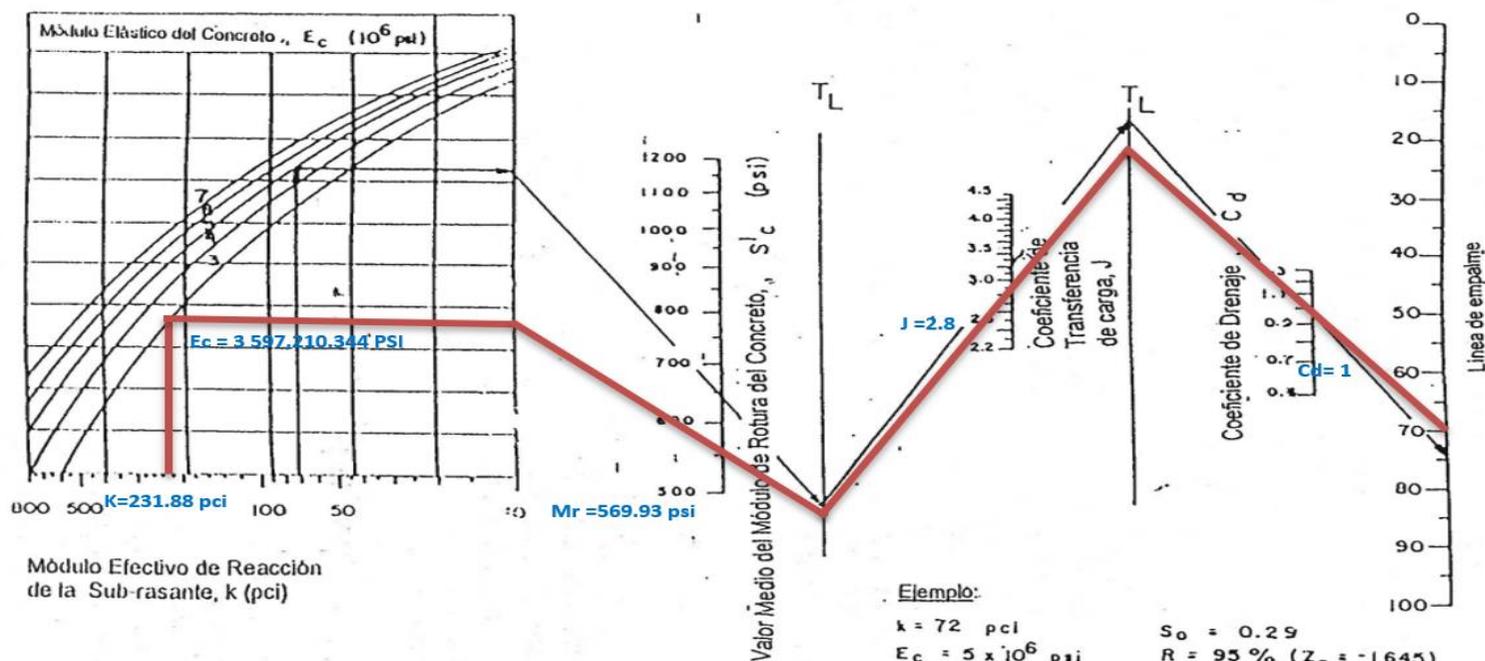
$$D = 7 \text{ plgs.}$$

2. Con Uso de Nomograma para el Pavimento Rígido

Figura N° 17: Nomograma para el Pavimento Rígido

SOLUCION DEL NOMOGRAMA

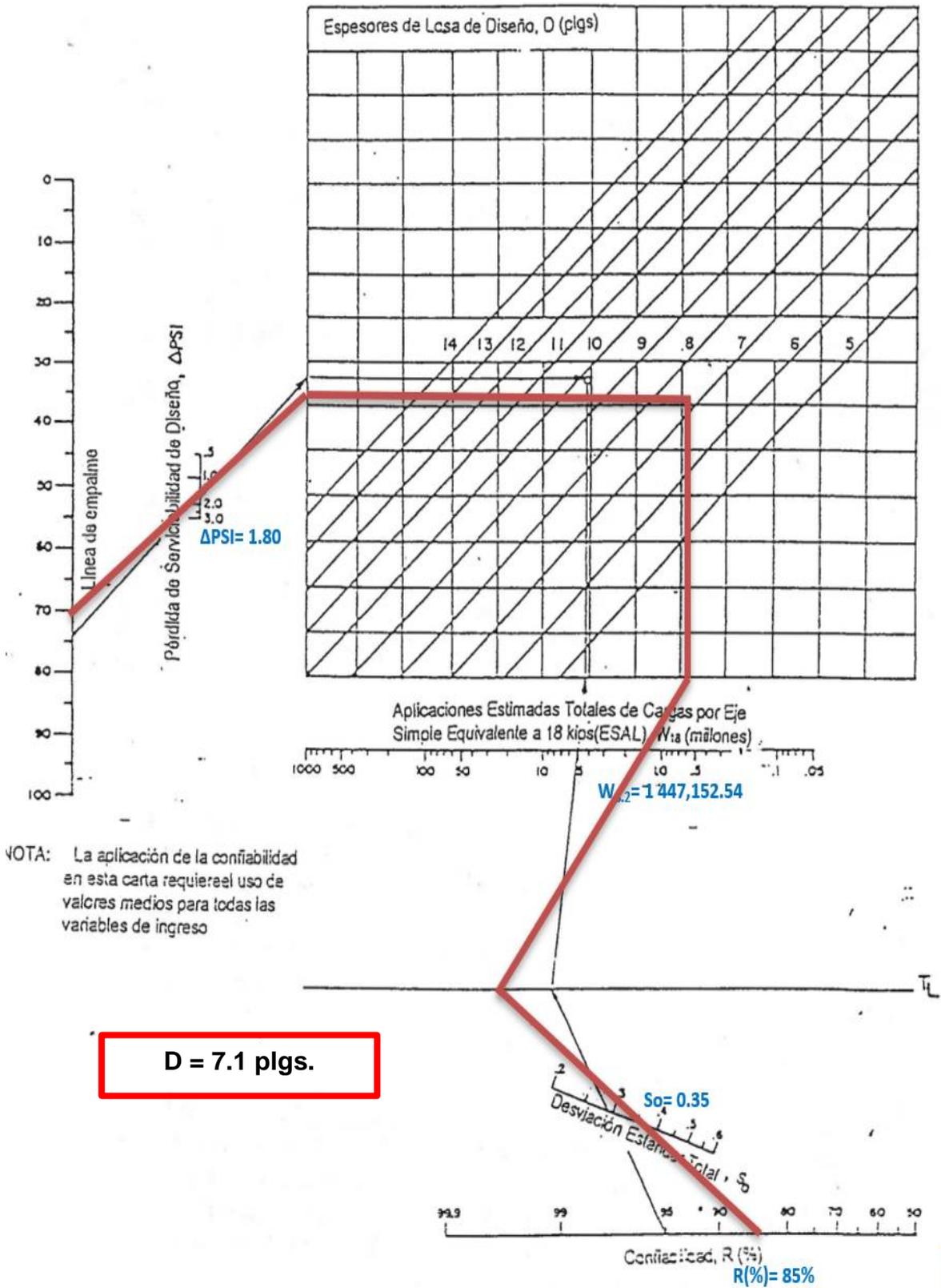
$$\log_{10} W_{18} - Z_R \cdot S_o + 7.35 \cdot \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{ PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \cdot 10^7}{(D+1)^{0.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \cdot \log_{10} \left[\frac{S_c' \cdot C_d \left[D^{0.75} - 1.132 \right]}{215.63 \cdot J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$



Ejemplo:

$k = 72$ pci
 $E_c = 5 \times 10^6$ psi
 $S_c' = 650$ psi
 $J = 3.2$
 $C_d = 1.0$

$S_o = 0.29$
 $R = 95\%$ ($Z_R = -1.645$)
 $\Delta \text{ PSI} = 4.2 - 2.5 = 1.7$
 $W_{18} = 5.1 \times 10^6$ (18 kip ESAL)
 Solution: $D = 10.0$ plgs (la media pulgada mas cercana del segmento 2)



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

El espesor para la losa de concreto será de 7", y para la base (afirmado) 6" cómo mínimo así lo especifica la Guía AASHTO.

Figura N° 18: *Sección del Pavimento Rígido*



Fuente: Elaboración propia

I) Juntas Longitudinales y Juntas Transversales

Según el Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos (2013), "su objetivo es controlar la fisuración y el agrietamiento que sufre la losa del pavimento. Debido a la pérdida de humedad, así como los cambios de la temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente.

Tiene las siguientes funciones:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal
- Dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo y acordes con las direcciones de tránsito
- Permitir el movimiento y alabeo de las losas
- Proveer la caja para el material de sello
- Permitir la transferencia de carga entre las losas

El tamaño de las losas determina la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m.

En zonas de altura mayores a 3000 msnm se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso, losas cortas conservando el espesor definido según AASHTO y el Manual” (p.282).

Tabla 26: Dimensiones de losa

| ANCHO DE CARRIL (M)= ANCHO DE LOSA (M) | LONGITUD DE LOSA (M) |
|---|---------------------------------|
| 2.70 | 3.30 |
| 3.00 | 3.70 |
| 3.30 | 4.10 |
| 3.60 | 4.50 |

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

Para el diseño en las dimensiones de la losa, la longitud será de 4m.

m) Mecanismo De Transferencia de Cargas (Diseño de Pasadores)

Según el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2013), “es la capacidad que tiene una junta de transferir carga de un paño al paño adyacente” (p.285).

Tabla 27: Diámetros y longitudes recomendados en pasadores

| RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM) | DIAMETRO | | LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM) | SEPARACION ENTRE PASADORES (MM) |
|--|-----------------|----------------|--|--|
| | MM | PULGADA | | |
| 150-200 | 25 | 1" | 410 | 300 |
| 200-300 | 32 | 1 ¼" | 460 | 300 |
| 300-430 | 38 | 1 ½" | 510 | 380 |

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

n) **Barras de Amarre**

Según el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos (2013), “son aceros corrugados colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes” (p.286).

Tabla 28: *Diámetros y longitudes recomendados en barra de amarre*

| ESPESOR DE LOSA (MM) | TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG. | DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE | |
|----------------------|---|--|---------|
| | | 3.00 M | 3.60 M |
| 150 | 1.27 x 66 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 160 | 1.27 x 69 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 170 | 1.27 x 70 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 180 | 1.27 x 71 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 190 | 1.27 x 74 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 200 | 1.27 x 76 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 210 | 1.27 x 78 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 220 | 1.27 x 79 | @ 76 cm | @ 76 cm |
| 230 | 1.59 x 76 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 240 | 1.59 x 79 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 250 | 1.59 x 81 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 260 | 1.59 x 82 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 270 | 1.59 x 84 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 280 | 1.59 x 86 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 290 | 1.59 x 89 | @ 91 cm | @ 91 cm |
| 300 | 1.59 x 91 | @ 91 cm | @ 91 cm |

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

4.2.1.3. DISEÑO DEL PAVIMENTO ARTICULADO:

Se realiza el mismo procedimiento del pavimento flexible, del cual obtuvimos los siguientes resultados:

ESAL= 1 235,009.36

CBR= 10.21%

En base al catálogo de estructuras para el pavimento articulado con base granular obtenemos el tipo de tráfico pesado:

Tabla 29: *Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño*

| Tipos Tráfico Pesado expresado en EE | Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE |
|---|---|
| Nivel I | > 1'000,000 EE ≤ 150,000 EE |
| Nivel II | > 150,000 EE ≤ 7'500,000 EE |
| Nivel III | > 7'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE |

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

Tabla 30: *Categorías de subrasante*

| Categorías de Subrasante | CBR |
|--|-----------------------------|
| S ₀ : Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Subrasante Pobre | De CBR ≥ 3% A CBR < 6% |
| S ₂ : Subrasante Regular | De CBR ≥ 6% A CBR < 10% |
| S ₃ : Subrasante Buena | De CBR ≥ 10% A CBR < 20% |
| S ₄ : Subrasante Muy Buena | De CBR ≥ 20% A CBR < 30% |
| S ₅ : Subrasante Extraordinaria | CBR ≥ 30% |

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

De acuerdo a la Tabla 31 de las categorías de la subrasante en base al CBR, tenemos una Subrasante buena.

Tabla 31: *Espesores mínimos de adoquines de concreto y cama de arena*

| Ejes equivalentes acumulados | | Capa Superficial | Cama de Arena |
|------------------------------|------------|----------------------------|---------------|
| ≤ 150,000 | | Adoquín de Concreto: 60mm | 40 mm |
| 150,001 | 7,500,000 | Adoquín de Concreto: 80mm | 40 mm |
| 7,500,001 | 15'000,000 | Adoquín de Concreto: 100mm | 40 mm |

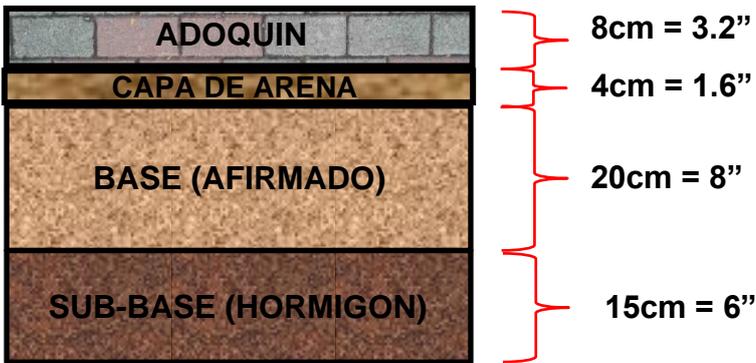
Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos

De acuerdo a la Tabla 32 en función a los Ejes equivalentes tenemos que el adoquín de concreto será de 8cm y una cama de arena de 4cm.

ESAL= 1 235,009.36

CBR= 10.21%

Figura N° 19: *Sección del pavimento articulado*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Catálogo de estructura de pavimentos de adoquín con base granular en un periodo de 20 años

| EE | Tp0 | Tp1 | Tp2 | Tp3 | Tp4 | Tp5 | Tp6 | Tp7 |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 75,001-150,000 | 150,001-300,000 | 300,001-500,000 | 500,001-750,000 | 750,001-1'000,000 | 1'000,001-1'500,000 | 1'500,001-3'000,000 | 3'000,001-5'000,000 |
| CBR < 6% | | | | | | | | |
| > 6% CBR < 10% | | | | | | | | |
| > 10% CBR < 20% | | | | | | | | |
| > 20% CBR < 30% | | | | | | | | |
| CBR > 30% | | | | | | | | |

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

4.2.2. PRESUPUESTO

4.2.2.1. PRESUPUESTO PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE

Longitud: 1157.47m

Ancho de la calzada: 10.60m

| PRESUPUESTO | | | | | |
|--|---|------|-----------|----------|---------------------|
| PRESUPUESTO: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD" | | | | | |
| SUB PRESUPUESTO: PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | |
| CLIENTE: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | | | COSTO AL | | 15/01/2023 |
| DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD - PACASMAYO - GUADALUPE | | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND. | METRADO | P.U \$/. | PARCIAL \$/. |
| 01.00.00 | OBRAS PROVISIONALES | | | | |
| 01.01.00 | Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la obra | GLB | 1.00 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 01.02.00 | Caseta de Guardiania y Almacen | GLB | 1.00 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| 01.03.00 | Cartel de identificación de Obra 4.80 x 2.40 m. | Und | 1.00 | 1,200.00 | 1,200.00 |
| 01.04.00 | Señalización y seguridad de obra | GLB | 1.00 | 4,000.00 | 4,000.00 |
| 01.05.00 | Mantenimiento y desvío de Tránsito | Mes | 4.00 | 2,500.00 | 10,000.00 |
| 02.00.00 | OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| 02.01.00 | Trazo nivelación y replanteo de obra | m2 | 14,584.00 | 0.70 | 10,208.80 |
| 03.00.00 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | |
| 03.01.00 | Corte a nivel subrasante c/equipo (H=40CM) | m3 | 5,614.84 | 6.55 | 36,777.20 |
| 03.02.00 | Eliminación de material excedente C/Maquinaria + 30 % espj. | m3 | 7,299.29 | 11.50 | 83,941.86 |
| 04.00.00 | PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | |
| 04.01.00 | Preparación de la sub rasante c/maquinaria | m2 | 14,584.00 | 5.20 | 75,836.80 |
| 04.02.00 | Sub base granular e= 0.15m | m2 | 14,584.00 | 18.90 | 275,637.60 |
| 04.03.00 | Base granular e= 0.20m | m2 | 14,584.00 | 7.90 | 115,213.60 |
| 04.04.00 | Imprimación asfáltica | m2 | 14,584.00 | 4.30 | 62,711.20 |
| 04.05.00 | Riego de liga | m2 | 14,584.00 | 4.30 | 62,711.20 |
| 04.07.00 | Carpeta asfáltica en caliente e= 0.08m | m2 | 14,584.00 | 34.00 | 495,856.00 |
| 05.00.00 | SEÑALIZACIÓN | | | | |
| 05.01.00 | Pintado de Pavimento (símbolos y letras) | m2 | 2,178.27 | 20.00 | 43,565.40 |
| 05.02.00 | Pintado de Pavimento (línea discontinua - blanco) | ml | 1,157.47 | 6.05 | 7,002.69 |
| 05.03.00 | Pintado de Pavimento (línea continua - amarillo) | ml | 2,314.94 | 6.10 | 14,121.13 |
| COSTO DIRECTO | | | | | 1,302,283.49 |
| GASTOS GENERALES 10%(S/) | | | | | 130,228.35 |
| UTILIDAD 5%(S/) | | | | | 65,114.17 |
| SUB TOTAL | | | | | 1,497,626.01 |
| I.G.V. (18%) | | | | | 269,572.68 |
| COSTO TOTAL | | | | | 1,767,198.69 |

ES: UN MILLON SETECIENTOS SESENTA Y SIETE MIL CIENTO NOVENTA Y OCHO CON 69/100 NUEVOS SOLES

4.2.2.2. PRESUPUESTO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO

Longitud: 1157.47m

Ancho de la calzada: 10.60m

| PRESUPUESTO | | | | | |
|---|---|------|----------------------------|----------|---------------------|
| PRESUPUESTO "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD" | | | | | |
| SUB PRESUPUESTO PAVIMENTO RIGIDO | | | | | |
| CLIENTE UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | COSTO AL 15/01/2023 | | |
| DEPARTAMENTO LA LIBERTAD - PACASMAYO - GUADALUPE | | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND. | METRADO | P.U \$/. | PARCIAL \$/. |
| 01.00.00 | OBRAS PROVISIONALES | | | | |
| 01.01.00 | Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la obra | GLB | 1.00 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 01.02.00 | Caseta de Guardiania y Almacen | GLB | 1.00 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| 01.03.00 | Cartel de identificación de Obra 4.80 x 2.40 m. | Und | 1.00 | 1,200.00 | 1,200.00 |
| 01.04.00 | Señalización y seguridad de obra | GLB | 1.00 | 4,000.00 | 4,000.00 |
| 01.05.00 | Mantenimiento y desvío de Tránsito | Mes | 5.00 | 2,500.00 | 12,500.00 |
| 02.00.00 | OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| 02.01.00 | Trazo nivelación y replanteo de obra | m2 | 14,584.00 | 0.70 | 10,208.80 |
| 03.00.00 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | |
| 03.01.00 | Corte a nivel subrasante c/equipo (H= 0.30M) | m3 | 4,375.20 | 6.55 | 28,657.56 |
| 03.02.00 | Eliminación de material excedente C/Maquinaria + 30 % espj. | m3 | 5,687.76 | 11.50 | 65,409.24 |
| 04.00.00 | PAVIMENTO RIGIDO | | | | |
| 04.01.00 | Preparación de la sub rasante c/maquinaria | m2 | 14,584.00 | 5.20 | 75,836.80 |
| 04.02.00 | Riego y compactación de subrasante | m2 | 14,584.00 | 5.19 | 75,690.96 |
| 04.03.00 | Base con afirmado en pista (e= 0.15 m) | m2 | 14,584.00 | 13.00 | 189,592.00 |
| 04.04.00 | Losa de concreto e= 0.18 m. f'c= 280 kg/cm2 | m2 | 14,584.00 | 80.00 | 1,166,720.00 |
| 04.05.00 | Curado de losa de concreto | m2 | 14,584.00 | 2.50 | 36,460.00 |
| 04.06.00 | Dow els en junta de contracción 1" | und | 10,679.00 | 14.00 | 149,506.00 |
| 04.07.00 | Sellado de juntas | ml | 7,025.00 | 5.00 | 35,125.00 |
| 05.00.00 | SEÑALIZACION | | | | |
| 05.01.00 | Pintado de Pavimento (símbolos y letras) | m2 | 2,178.27 | 28.00 | 60,991.56 |
| 05.02.00 | Pintado de Pavimento (línea discontinua - blanco) | ml | 1,157.47 | 6.05 | 7,002.69 |
| 05.03.00 | Pintado de Pavimento (línea continua - amarillo) | ml | 2,314.94 | 6.10 | 14,121.13 |
| COSTO DIRECTO | | | | | 1,936,521.75 |
| GASTOS GENERALES 10% (\$/) | | | | | 193,652.17 |
| UTILIDAD 5% (\$/) | | | | | 96,826.09 |
| SUB TOTAL | | | | | 2,227,000.01 |
| I.G.V. (18%) | | | | | 400,860.00 |
| COSTO TOTAL | | | | | 2,627,860.01 |

SON: DOS MILLONES SEISCIENTOS VENTISIETE MIL OCHOCIENTOS SESENTA CON 01/100 NUEVOS SOLES

4.2.2.3. PRESUPUESTO PARA EL PAVIMENTO ARTICULADO

Longitud: 1157.47m

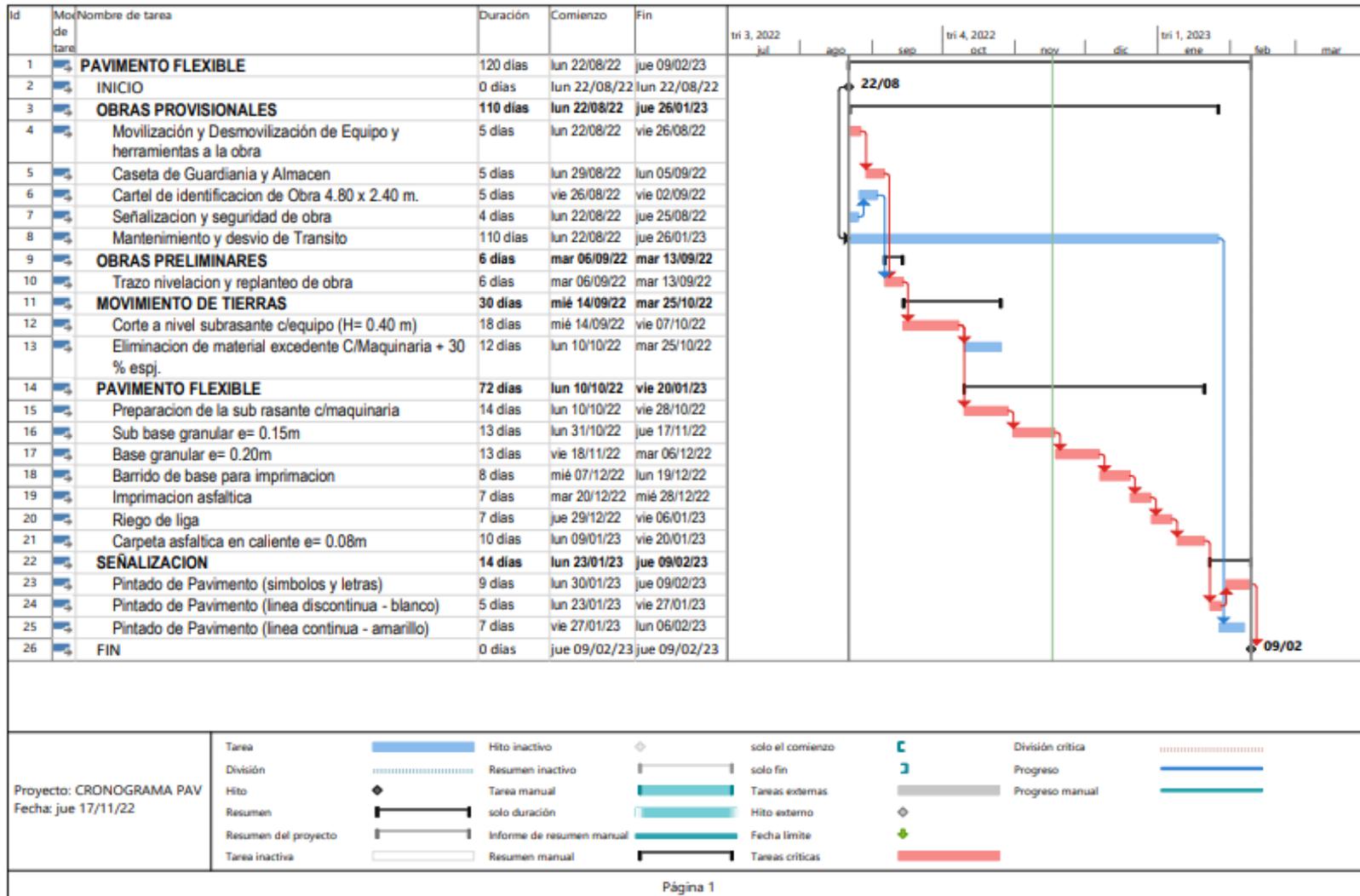
Ancho de la calzada: 10.60m

| PRESUPUESTO | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|------------|----------|---------------------|
| PRESUPUESTO | "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD" | | | | |
| SUB PRESUPUESTO | PAVIMENTO ARTICULADO | | | | |
| CLIENTE | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO | COSTO AL | 15/01/2021 | | |
| DEPARTAMENTO | LA LIBERTAD - PACASMAYO - GUADALUPE | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND. | METRADO | P.U \$/. | PARCIAL \$/. |
| 01.00.00 | OBRAS PROVISIONALES | | | | |
| 01.01.00 | Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la obra | GLB | 1.00 | 2,000.00 | 2000.00 |
| 01.02.00 | Caseta de Guardiania y Almacen | GLB | 1.00 | 1,500.00 | 1500.00 |
| 01.03.00 | Cartel de identificación de Obra 4.80 x2.40 m. | Und | 1.00 | 1,200.00 | 1200.00 |
| 01.04.00 | Señalización y seguridad de obra | GLB | 1.00 | 4,000.00 | 4000.00 |
| 01.05.00 | Mantenimiento y desvío de Transito | Mes | 6.50 | 2,500.00 | 16250.00 |
| 02.00.00 | OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| 02.01.00 | Trazo nivelacion y replanteo de obra | m2 | 14584.00 | 0.70 | 10208.80 |
| 03.00.00 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | |
| 03.01.00 | Corte a nivel subrasante c/equipo (H= 0.44 M) | m3 | 6,854.48 | 6.55 | 44896.84 |
| 03.02.00 | Eliminacion de material excedente C/Maquinaria + 30 % espj. | m3 | 8,910.82 | 11.50 | 102474.48 |
| 04.00.00 | PAVIMENTO ARTICULADO | | | | |
| 04.01.00 | Conformacion de subrasante para adoquines | m2 | 14584.00 | 5.20 | 75836.80 |
| 04.02.00 | Base granular e= 0.20 m compactacion equipo liviano | m2 | 14584.00 | 13.00 | 189592.00 |
| 04.03.00 | Sub base granular e= 0.15 m compactacion equipo liviano | m2 | 14584.00 | 12.50 | 182300.00 |
| 04.04.00 | Conformacion de cama de arena para asentado de adoquines e= 0.04m | m2 | 14584.00 | 13.00 | 189592.00 |
| 04.05.00 | Piso de adoquin de concreto e= 0.08m | m2 | 14584.00 | 95.00 | 1385480.00 |
| 04.06.00 | Sello y compactado final de pavimento | m2 | 14584.00 | 10.50 | 153132.00 |
| 05.00.00 | SEÑALIZACION | | | | |
| 05.01.00 | Pintado de Pavimento (simbolos y letras) | m2 | 2,178.27 | 28.00 | 60991.56 |
| 05.02.00 | Pintado de Pavimento (linea discontinua - blanco) | ml | 1,157.47 | 6.05 | 7002.69 |
| 05.03.00 | Pintado de Pavimento (linea continua - amarillo) | ml | 2,314.94 | 6.10 | 14121.13 |
| COSTO DIRECTO | | | | | 2,440,578.31 |
| GASTOS GENERALES 10% (\$/) | | | | | 244,057.83 |
| UTILIDAD 5% (\$/) | | | | | 122,028.92 |
| SUB TOTAL | | | | | 2,806,665.05 |
| I.G.V. (18%) | | | | | 505,199.71 |
| COSTO TOTAL | | | | | 3,311,864.76 |

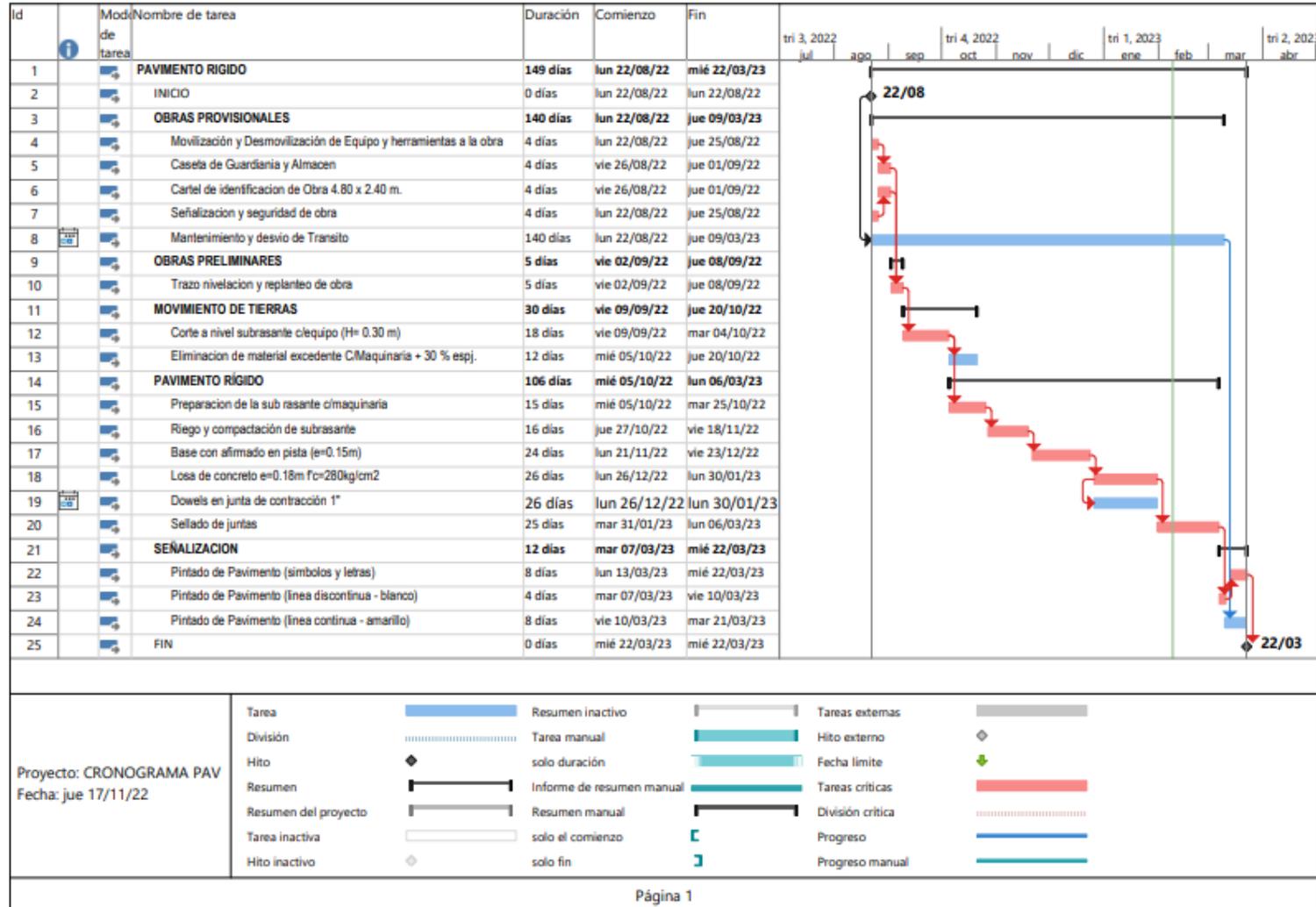
SON: TRES MILLONES TRESCIENTOS ONCE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CUATRO CON 76/100 NUEVOS SOLES

4.2.3. CRONOGRAMAS

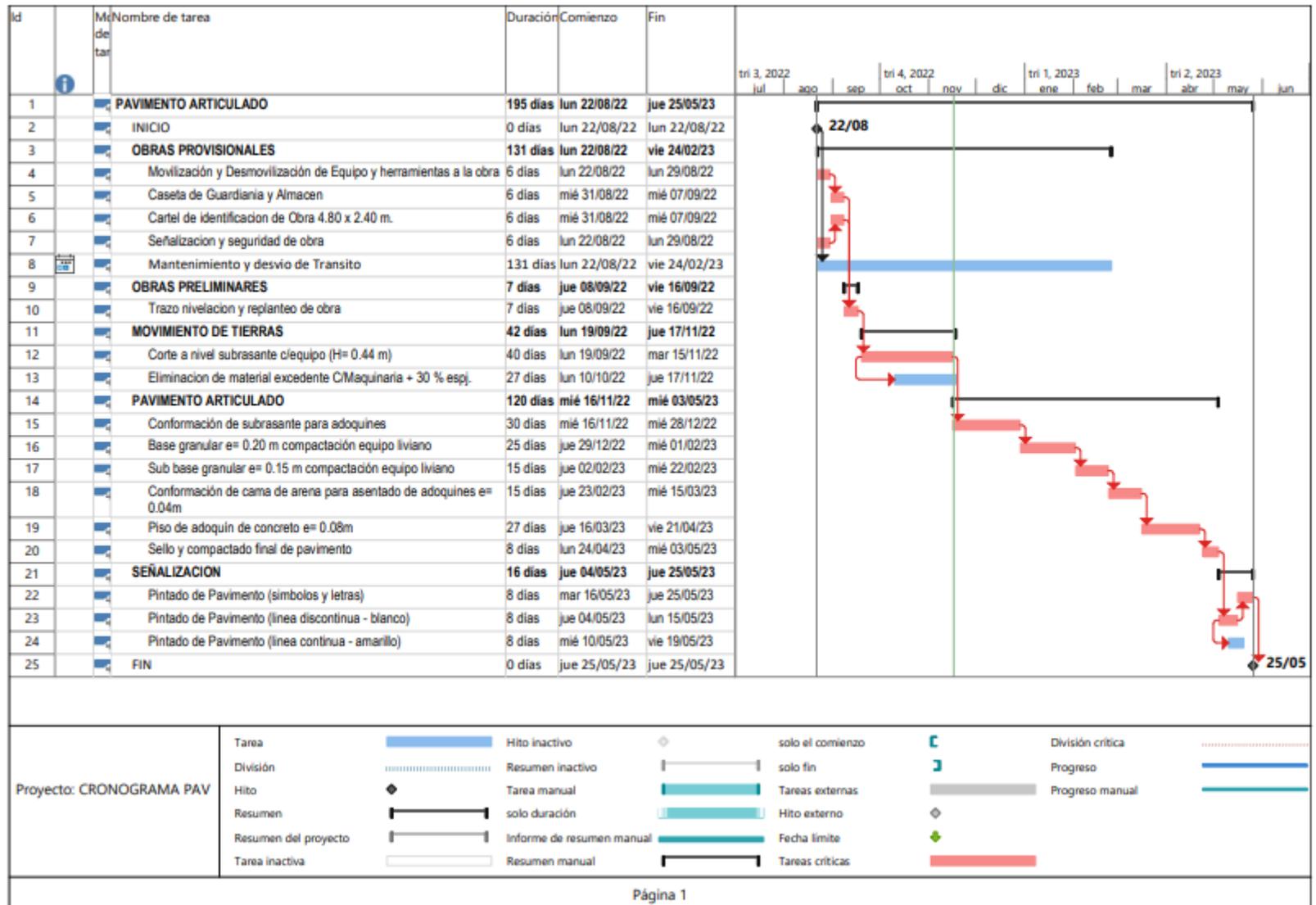
4.2.3.1. CRONOGRAMA PAVIMENTO FLEXIBLE



4.2.3.2. CRONOGRAMA PAVIMENTO RÍGIDO



4.2.3.3. CRONOGRAMA PAVIMENTO ARTICULADO



4.3. Docimasia de hipótesis

De acuerdo a la hipótesis planteada al inicio del desarrollo del presente proyecto, se ha realizado el diseño estructural del pavimento flexible, rígido y articulado, utilizando la metodología AASHTO 93, así mismo se procedió con la elaboración de los presupuestos para cada pavimento.

Cada uno de estos diseños estructurales realizados tuvo la finalidad de mejorar la transitabilidad en la zona, así como asegurar el bienestar de los pobladores. El pavimento más óptimo en el aspecto económico es el pavimento flexible.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El conteo vehicular se realizó en 7 días calendarios, desde el lunes 25 al 31 de octubre del 2021, se tomó como período de diseño 20 años para realizar los análisis comparativos de los pavimentos: flexible, rígido y articulado; de los cuales nos dio como resultado un ESAL anual de:

Tabla 33 : *N°rep. de EE 8.2Tn de cada Pavimento*

| TIPO DE PAVIMENTO | N°rep. de EE 8.2Tn |
|--------------------------|---------------------------|
| Pavimento Flexible | 1 235,009.36 |
| Pavimento Rígido | 1 447,152.54 |
| Pavimento Adoquinado | 1 235,009.36 |

Fuente: Elaboración propia

- Para el estudio de mecánica de suelos, se realizaron 3 calicatas a una profundidad promedio de 1.50m; en el cual se encontró como material predominante arena Arcillo Limosa identificado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC SM, de grano medio en estado húmedo compacto, posteriormente a ella un estrato de Arena

Pobremente Graduada de grano grueso con grava medianamente compacto.

| CALICATA | DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³) | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|----------|--|---------------------------------|
| C-1 | 1.82 | 5.95 |
| C-2 | 1.72 | 6.12 |
| C-3 | 1.62 | 6.11 |

Fuente: Elaboración Propia

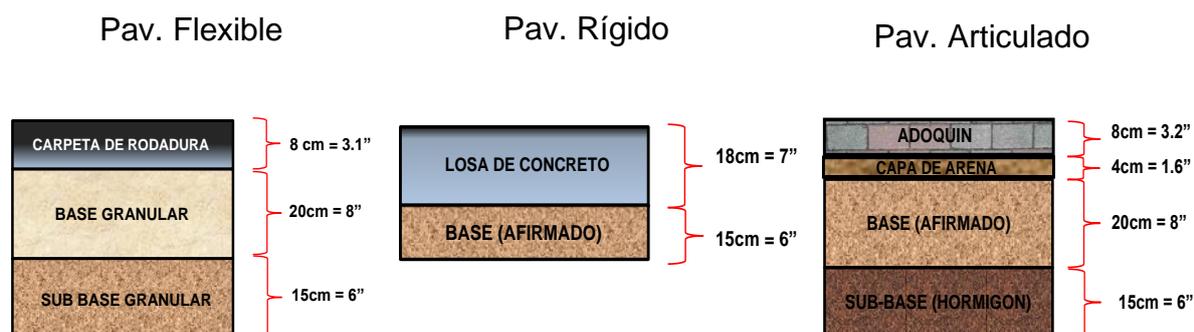
| CALICATA | CBR AL 100 (%) | CBR AL 95 (%) |
|----------|----------------|---------------|
| C-1 | 16.37 | 11.38 |
| C-2 | 13.63 | 10.83 |
| C-3 | 12.24 | 10.21 |

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de pavimento utilizamos el CBR de 10.21%.

- Para definir los espesores de cada uno de los pavimentos en estudio, nos ayudamos del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, los cuales presentan los siguientes espesores:

Figura N° 20: Secciones de los Pavimentos (Espesores)



Fuente: Elaboración Propia

- Para realizar el diseño de los pavimentos se utilizó el Método AASHTO-93, determinando los parámetros de diseño para el pavimento flexible, rígido y articulado, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 34: *Parámetros de diseño de cada uno de los Pavimentos*

| PARAMETROS DE DISEÑO | TIPO DE PAVIMENTO | | |
|--|-------------------|--------------|-----------------|
| | Pav. Flexible | Pav. Rígido | Pav. Articulado |
| ESAL (W_{18}) | 1 235,009.36 | 1 447,152.54 | 1 235009.36 |
| Periodo de diseño | 20 años | 20 años | 20 años |
| CBR | 10.21% | 10.21% | 10.21% |
| Serviciabilidad Inicial (P_i) | 4.00 | 4.30 | 4.00 |
| Serviciabilidad Final (P_f) | 2.50 | 2.50 | 2.50 |
| Factor de confiabilidad (R) | 85% | 85% | 85% |
| Desviación estándar (S_o) | 0.45 | 0.35 | 0.45 |
| Número estructural (SN) | 3 | - | 3 |
| Coefficiente de drenaje (C_d) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Transferencia de carga (J) | - | 2.8 | |
| Módulo de reacción de la subrasante (K) | - | 63.53Mpa/m | |
| Módulo de rotura del concreto ($S'c$) | - | 3.92 Mpa | |
| Módulo de elasticidad del concreto (E_c) | - | 24801.89 Mpa | |

Fuente: Elaboración Propia

- Para realizar el presupuesto de cada uno de los pavimentos no se consideró el costo de mantenimiento, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 35: *Comparativo económico*

| TIPO DE PAVIMENTO | COSTO DE EJECUCIÓN | TIEMPO DE EJECUCIÓN |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| PAVIMENTO FLEXIBLE | S/. 1 767,198.69 | 120 días |
| PAVIMENTO RÍGIDO | S/. 2 627,860.01 | 149 días |
| PAVIMENTO ARTICULADO | S/. 3 311,864.76 | 195 días |

Fuente: Elaboración Propia

VI. CONCLUSIONES

- Del estudio de tráfico, determinamos lo siguiente: para el pavimento flexible el número de ejes equivalentes es 1'235,009.36, para el pavimento rígido es 1'447,152.54 y para el pavimento articulado es 1'235,009.36, con un periodo de diseño de 20 años.
- Del estudio de suelos se encontró un material Arcillo Limosa identificado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC SM, de grano medio en estado húmedo compacto, posteriormente a ella un estrato de Arena Pobrementada Graduado de grano grueso con grava medianamente compacto para las calicatas (C-1, C-2, C-3), para la calicata N°1 un CBR de 11.38%, para la calicata N°2 un CBR de 10.83% y para la calicata N°3 un CBR de 10.21%, considerando para el diseño del pavimento el menor CBR siendo de 10.21%, con estos resultados concluimos que es un suelo bueno para soportar el pavimento.
- Para el diseño estructural de los pavimentos, se tomó en cuenta las normas del Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos y la guía AASHTO 93, resultando para el pavimento flexible: una carpeta asfáltica de 8 cm con mezcla en caliente aplicando el método Marshall, una base de 20cm y la subbase de 15cm, para el pavimento rígido: una losa de concreto de 18cm con una resistencia a la compresión de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y una base de 15cm de afirmado, y para el pavimento articulado: bloques de concreto de 8cm con una capa de arena gruesa de 4cm, base de afirmado de 20 cm y subbase de hormigón de 15 cm.
- Del análisis de costos de cada uno de los pavimentos podemos darnos cuenta que, el pavimento articulado es el más costoso a comparación del pavimento flexible y rígido.

VII. RECOMENDACIONES

- El pavimento flexible en costos de ejecución es menor a comparación de los dos tipos de pavimentos, sin embargo, teniendo en cuenta la durabilidad, resistencia y el incremento anual del tráfico en la Av. Manuel Seoane recomendamos el pavimento rígido.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), *“Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos”*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

American Association of state Highway Transportation Officials – AASHTO-93. *Guide for design of pavement Structures*. Washington D.C.

Sócola M. (2016), *“Diseño y Análisis comparativo de costos de un pavimento flexible según metodología del AASHTO 93, y otro con geomallas biaxiales en el sector Los Laureles del Distrito de El Porvenir – Trujillo – La Libertad”*. (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo

Briceño, C., Tello P. (2019), *“Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento rígido, flexible y adoquinado utilizando el método ASSHTO93, para la Av. Miguel Grau, tres de octubre, Nuevo Chimbote”*. ((Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Panibra P. Peralta A. (2019), *“Rediseño del pavimento asfáltico de la red vial departamental Arequipa – Moquegua KM 197+500 – KM 205+126 usando los métodos AASTHO 1993 y mecanístico calibrado simplificado”*, se propuso el rediseño de la estructura del pavimento flexible para el tramo KM 197+500 – KM 205+126 de la carretera Arequipa – Moquegua” (Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional San Agustín – Arequipa).

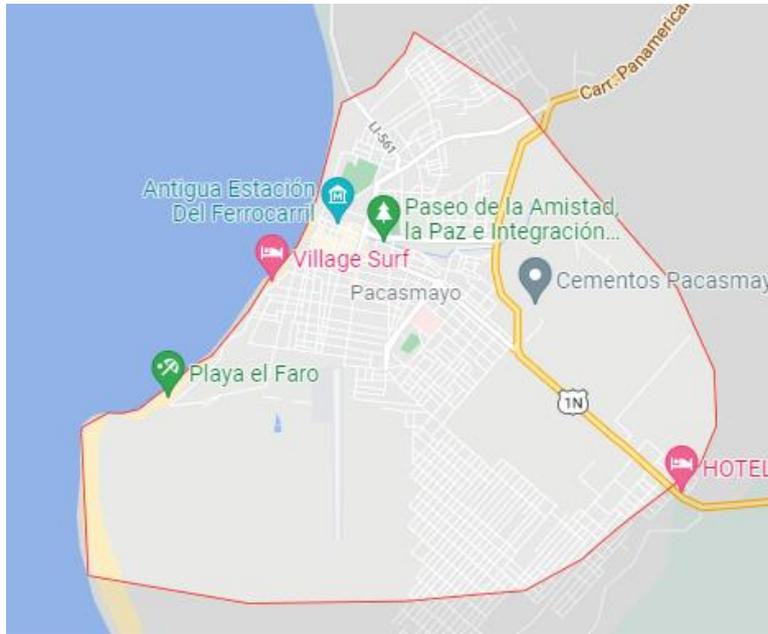
Sanchez Vasquez (2019), *“Diseño de pavimento empleando el método AASHTO 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay. tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000”* (Tesis para optar el título profesional De Ingeniero Civil). Universidad Nacional Federico Villareal – Lima.

Amaya A. (2019), *“Diseño de la estructura de un Pavimento Flexible Aplicando el Método AASHTO-93, para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 – Cai Boston – Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander.”* (Trabajo de grado para obtener el título de Especialista En Ingeniería De Pavimentos). Universidad Militar Nueva Granda- Bogota D.C. – Colombia)

ANEXOS

PLANO: UBICACIÓN GEOGRÁFICA

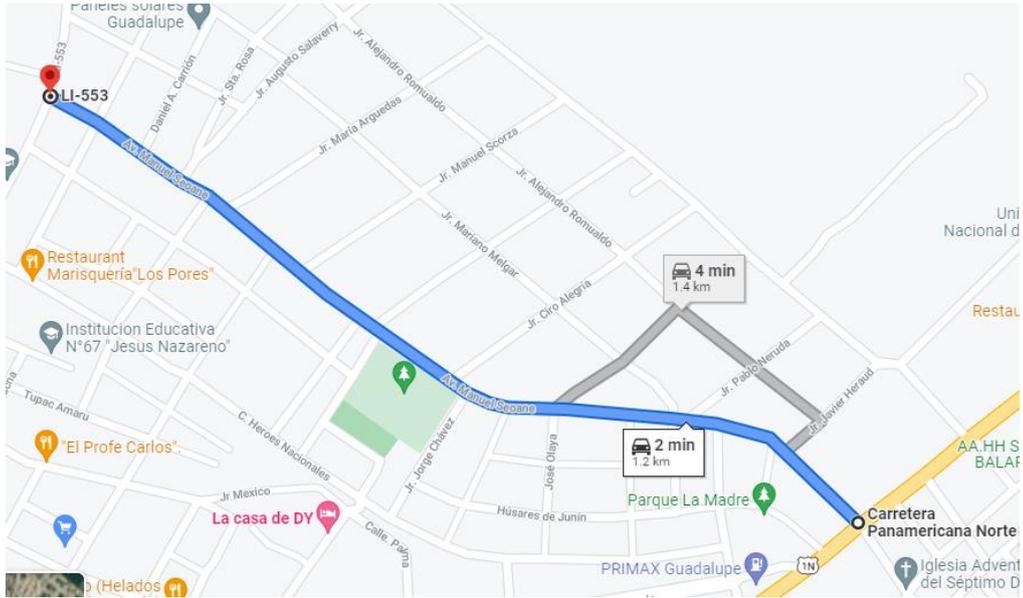
“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE– PROVINCIA PACASMAYO– LA LIBERTAD”



PROVINCIA PACASMAYO

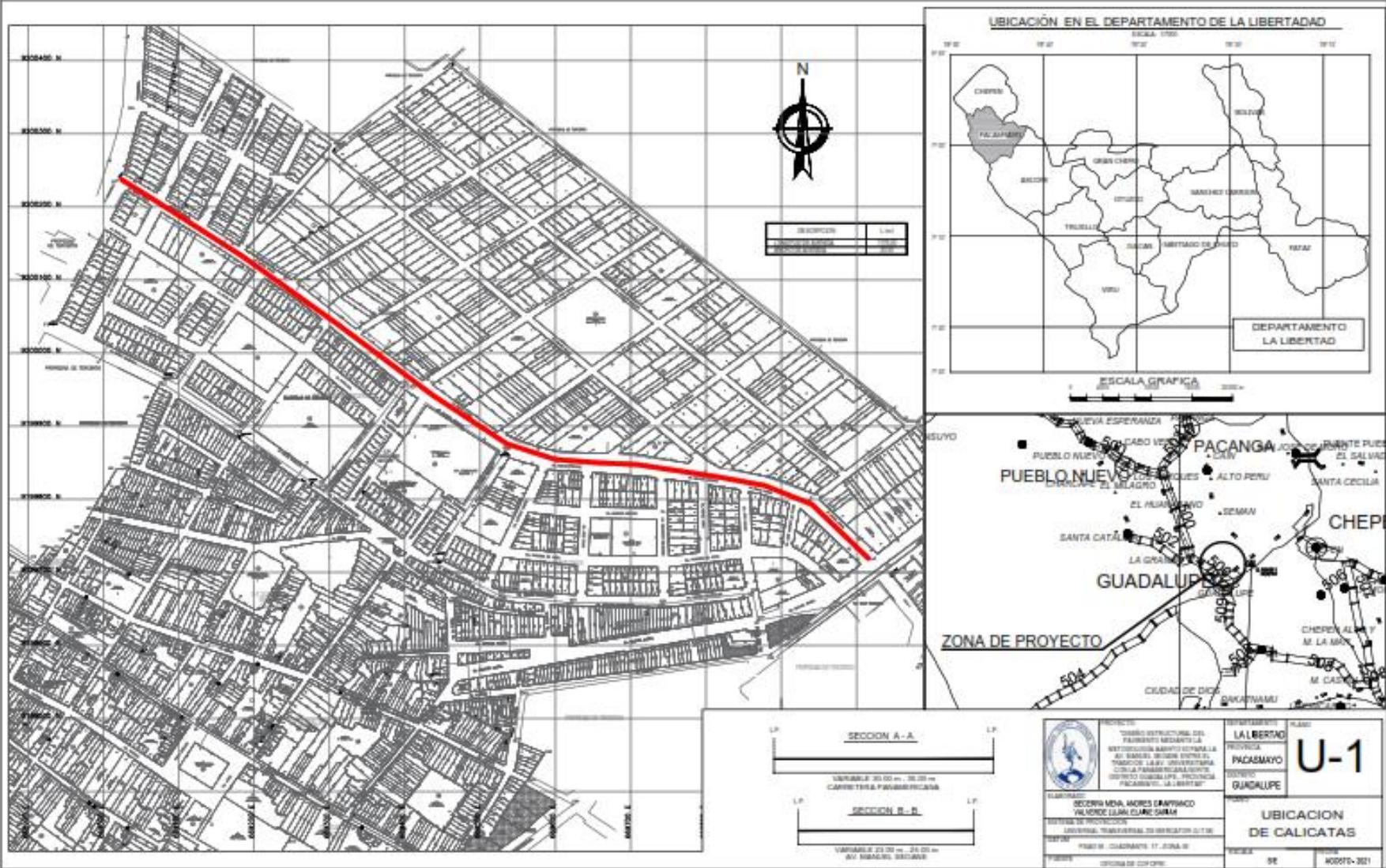


DISTRITO GUADALUPE

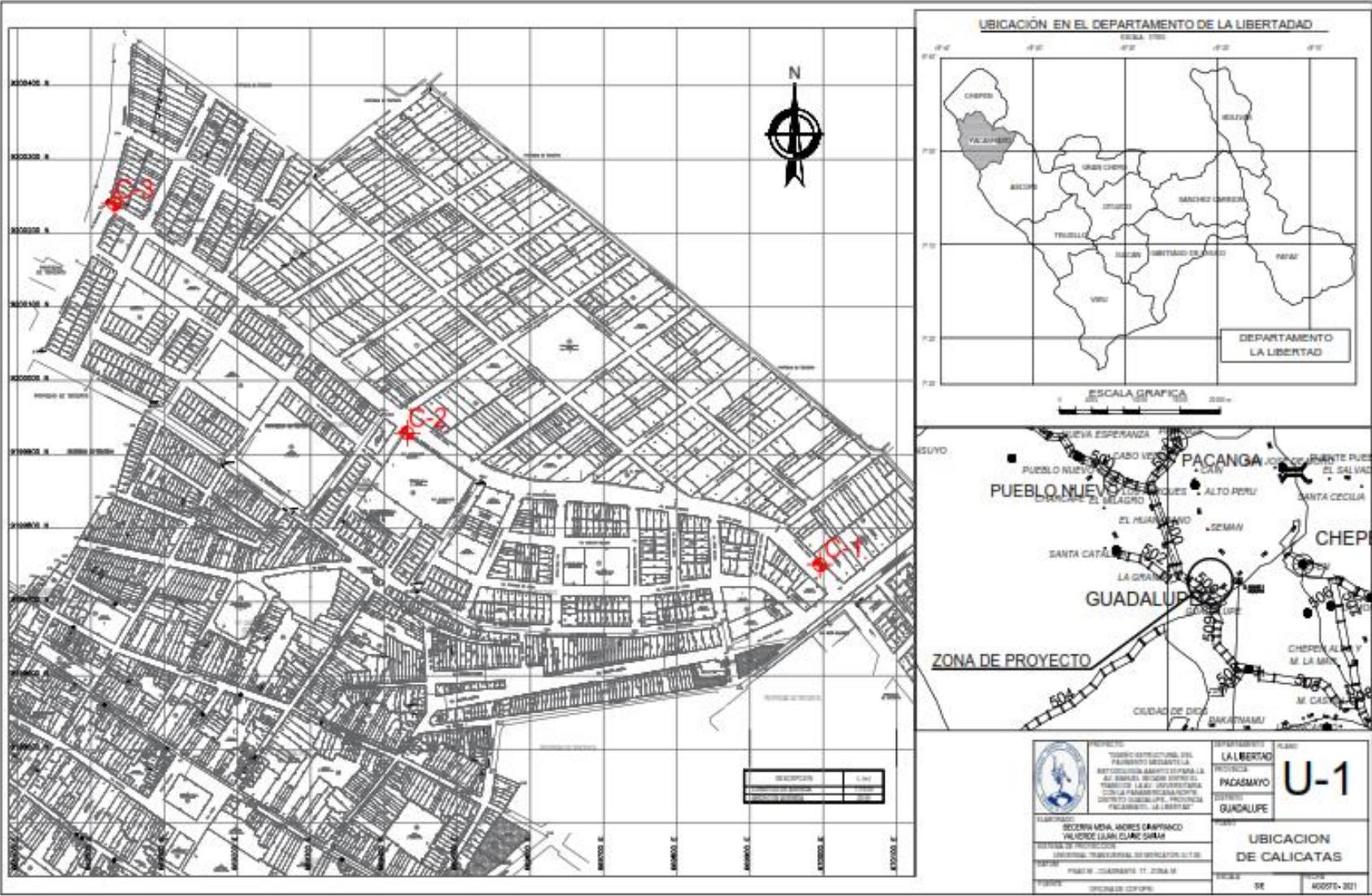


**AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA
CON LA PANAMERICANA NORTE**

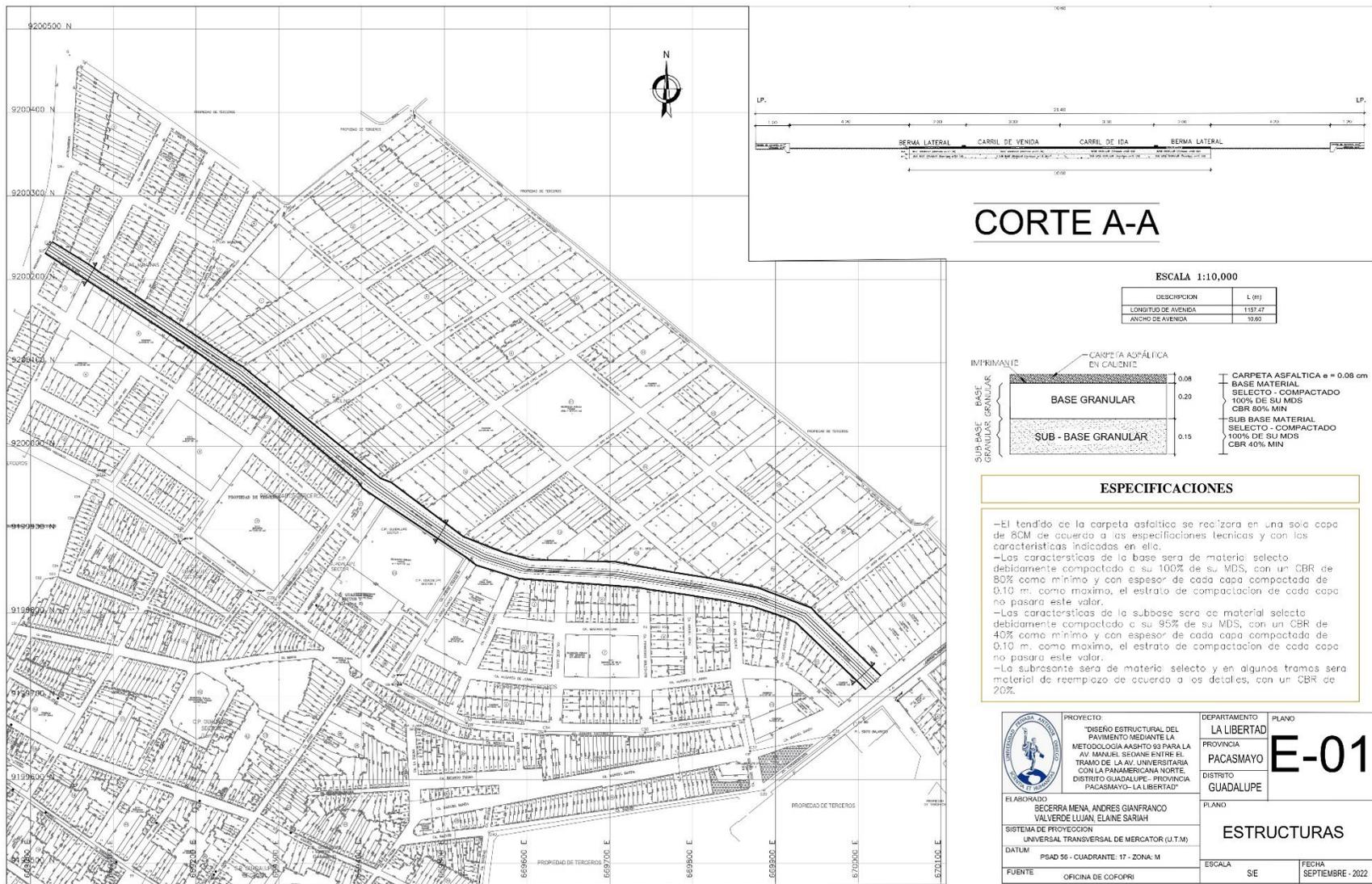
PLANO: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



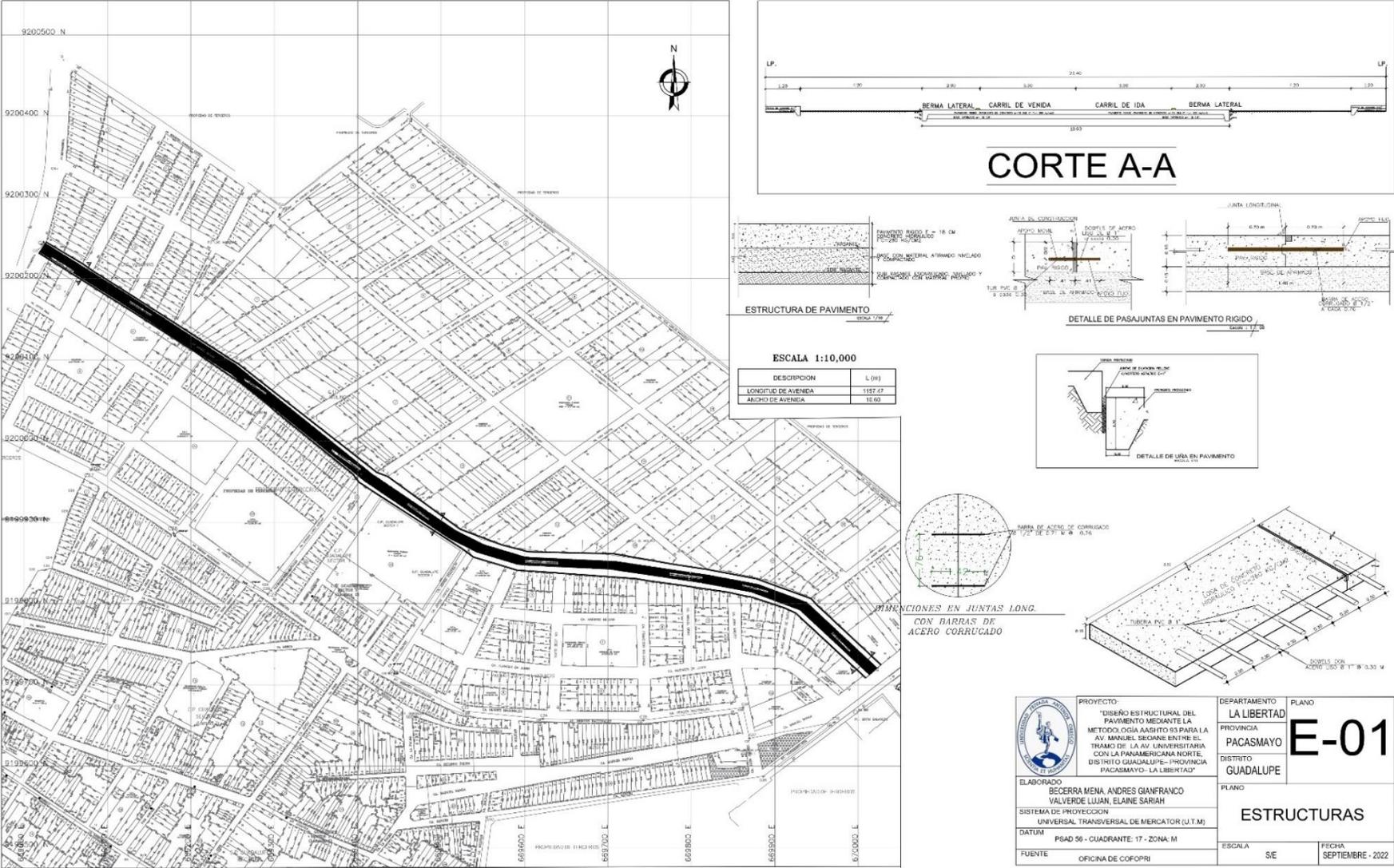
PLANO: UBICACIÓN DE LAS CALICATAS



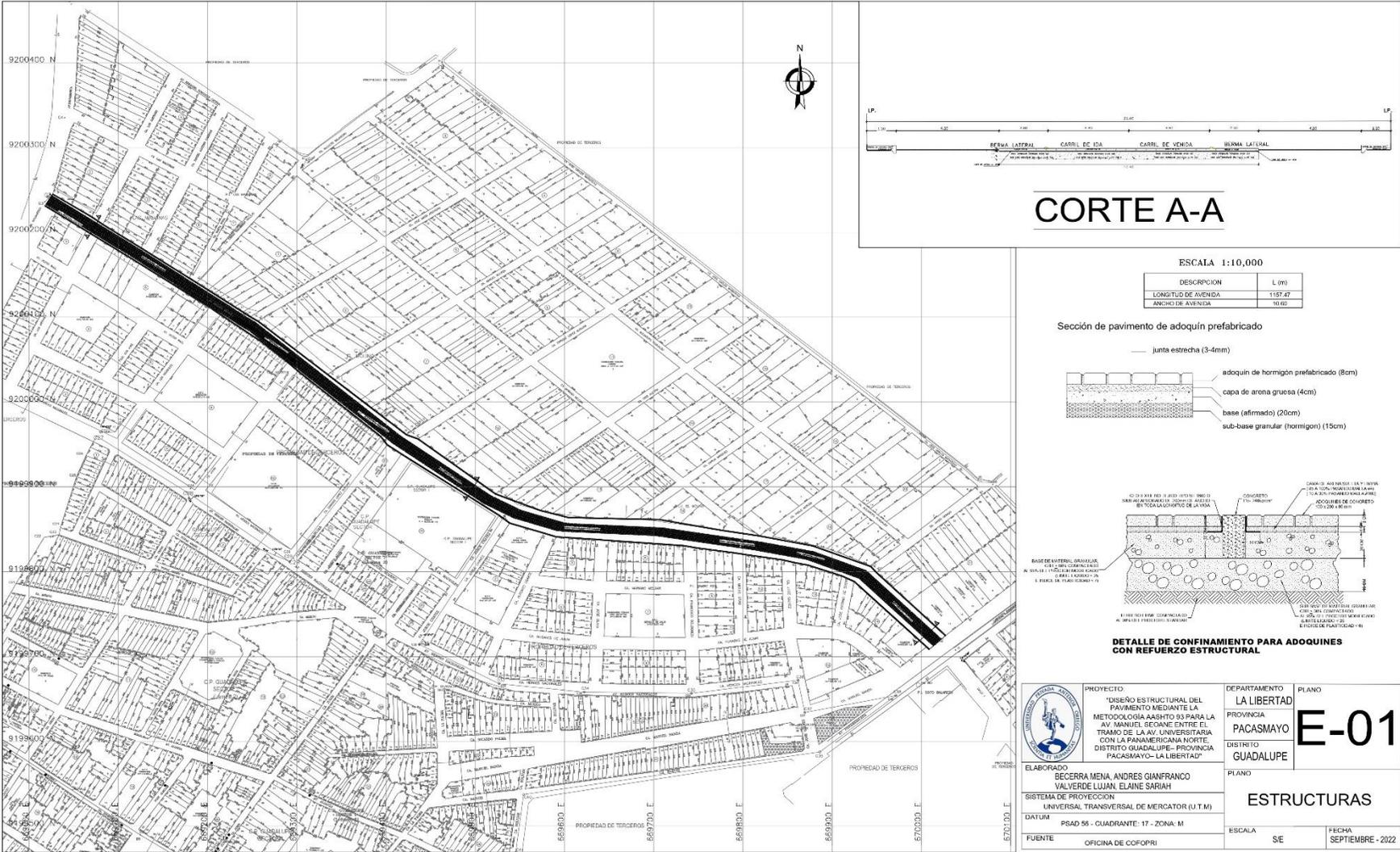
PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO FLEXIBLE



PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO



PLANO DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO ARTICULADO



ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

Tabla 36: Tabla de conteo vehicular IDA y Vuelta

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA: AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE

MES Y AÑO DE CONTROL: Oct-21

PEAJE CERCA: CIUDAD DE DIOS

SENTIDO: IDA Y VUELTA

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

| FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL | |
|---------------------------------|-------------|
| Fc (Liviano)= | 0.86600498 |
| Fc (Pesado)= | 0.837544618 |

| DIAS DE ESTUDIO DE CONTROL | | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL |
|----------------------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | 3T3 | |
| 25/10/2021 | IDA | 236 | 95 | 64 | 12 | 15 | 1 | 8 | 2 | 28 | 9 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| | VUELTA | 145 | 85 | 78 | 16 | 10 | 0 | 5 | 4 | 22 | 10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| | TOTAL | 381 | 180 | 142 | 28 | 25 | 1 | 13 | 6 | 50 | 19 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1688 |
| 26/10/2021 | IDA | 265 | 45 | 34 | 18 | 12 | 0 | 5 | 3 | 17 | 11 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | VUELTA | 178 | 52 | 47 | 12 | 14 | 2 | 7 | 1 | 14 | 8 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | TOTAL | 443 | 97 | 81 | 30 | 26 | 2 | 12 | 4 | 31 | 19 | 4 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1534 |
| 27/10/2021 | IDA | 185 | 38 | 50 | 19 | 22 | 1 | 4 | 1 | 11 | 8 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | VUELTA | 124 | 72 | 47 | 14 | 17 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | TOTAL | 309 | 110 | 97 | 33 | 39 | 2 | 6 | 2 | 20 | 17 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 998 |
| 28/10/2021 | IDA | 122 | 38 | 36 | 8 | 11 | 3 | 1 | 0 | 12 | 8 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | VUELTA | 108 | 45 | 24 | 8 | 8 | 2 | 1 | 0 | 14 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | TOTAL | 230 | 83 | 60 | 16 | 19 | 5 | 2 | 0 | 26 | 12 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 969 |
| 29/10/2021 | IDA | 145 | 32 | 26 | 10 | 4 | 4 | 2 | 1 | 7 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | VUELTA | 126 | 28 | 33 | 14 | 7 | 1 | 1 | 0 | 10 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | TOTAL | 271 | 60 | 59 | 24 | 11 | 5 | 3 | 1 | 17 | 7 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 913 |
| 30/10/2021 | IDA | 183 | 59 | 32 | 12 | 14 | 2 | 1 | 0 | 14 | 8 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | VUELTA | 198 | 65 | 43 | 17 | 6 | 1 | 2 | 1 | 11 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | TOTAL | 381 | 124 | 75 | 29 | 20 | 3 | 3 | 1 | 25 | 14 | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1448 |
| 31/10/2021 | IDA | 187 | 94 | 45 | 11 | 7 | 3 | 2 | 3 | 22 | 11 | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | VUELTA | 202 | 81 | 57 | 5 | 8 | 4 | 2 | 2 | 18 | 10 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | TOTAL | 389 | 175 | 102 | 16 | 15 | 7 | 4 | 5 | 40 | 21 | 5 | 4 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1546 |
| IMDs | IDA | 189.000 | 57.286 | 41.000 | 12.857 | 12.143 | 2.000 | 3.286 | 1.429 | 15.857 | 8.571 | 2.143 | 1.000 | 1.429 | 0.57142857 | 0.57142857 | 0.57142857 | 0.285714286 | 0 | 0.285714286 | |
| | VUELTA | 154.429 | 61.143 | 47.000 | 12.286 | 10.000 | 1.571 | 2.857 | 1.286 | 14.000 | 7.000 | 1.429 | 1.000 | 1.429 | 0.57142857 | 0.57142857 | 0.57142857 | 0.285714286 | 0 | 0.285714286 | |
| | TOTAL | 343.429 | 118.429 | 88.000 | 25.143 | 22.143 | 3.571 | 6.143 | 2.714 | 29.857 | 15.571 | 3.571 | 2.000 | 2.857 | 1.14285714 | 1.14285714 | 1.14285714 | 0.571428571 | 0 | 0.571428571 | |
| IMDa | IDA | 163.675 | 49.610 | 35.506 | 11.134 | 10.516 | 1.732 | 2.752 | 1.196 | 13.281 | 7.179 | 1.795 | 0.838 | 1.196 | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.239 | 0.000 | 0.239 | |
| | VUELTA | 133.736 | 52.950 | 40.702 | 10.639 | 8.660 | 1.361 | 2.393 | 1.077 | 11.726 | 5.863 | 1.196 | 0.838 | 1.196 | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.239 | 0.000 | 0.239 | |
| | TOTAL | 297.411 | 102.560 | 76.208 | 21.774 | 19.176 | 3.093 | 5.145 | 2.273 | 25.007 | 13.042 | 2.991 | 1.675 | 2.393 | 0.957 | 0.957 | 0.957 | 0.479 | 0.000 | 0.479 | |
| IMD (2021) = | TOTAL | 297.000 | 103.000 | 76.000 | 22.000 | 19.000 | 3.000 | 5.000 | 2.000 | 25.000 | 13.000 | 3.000 | 2.000 | 2.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

Fuente: Elaboración propia

ENSAYOS DE LABORATORIO



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 01

Tipo de suelo : Arena arcillo limosa

Peso de muestra seca : 589.4

Peso de muestra lavada : 148.0

| Tamices ASTM | Abertura en mm. | Peso Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | % que Pasa | ESPECIFICACION | |
|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------------|----------|
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Límites | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Superior | Inferior |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 100 | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 95 | 75 |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 75 | 40 |
| Nº4 | 4.760 | 13.43 | 2.3 | 2.3 | 97.72 | 60 | 30 |
| Nº8 | 2.380 | 64.25 | 10.9 | 13.2 | 86.82 | | |
| Nº10 | 2.000 | 29.14 | 4.9 | 18.1 | 81.88 | 45 | 20 |
| Nº16 | 1.190 | 89.35 | 15.2 | 33.3 | 66.72 | | |
| Nº30 | 0.590 | 103.88 | 17.6 | 50.9 | 49.09 | | |
| Nº40 | 0.420 | 47.26 | 8.0 | 58.9 | 41.07 | 30 | 15 |
| Nº50 | 0.300 | 38.21 | 6.5 | 65.4 | 34.59 | | |
| Nº100 | 0.149 | 43.08 | 7.3 | 72.7 | 27.28 | | |
| Nº200 | 0.074 | 12.84 | 2.2 | 74.9 | 25.10 | 15 | 5 |
| < Nº200 | | 147.96 | 25.1 | 100.0 | 0.00 | | |
| Total | | 589.40 | | | | | |



| Límites e Índices de Consistencia | |
|-----------------------------------|-----------|
| L. Líquido | 23.52 |
| L. Plástico | 16.70 |
| Ind. Plástico | 6.82 |
| Clas. SUCS | SC-SM |
| Clas. AASHTO | A-2-4 (0) |

| HUMEDAD NATURAL | |
|-----------------|------|
| Sh + Tara | 65 |
| Ss + Tara | 62.5 |
| Tara | 20.5 |
| Peso Agua | 2.5 |
| Peso Suelo Seco | 42 |
| Humedad (%) | 5.95 |

[Signature]
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 251701

® INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



LIMITES DE CONSISTENCIA

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SR.TA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

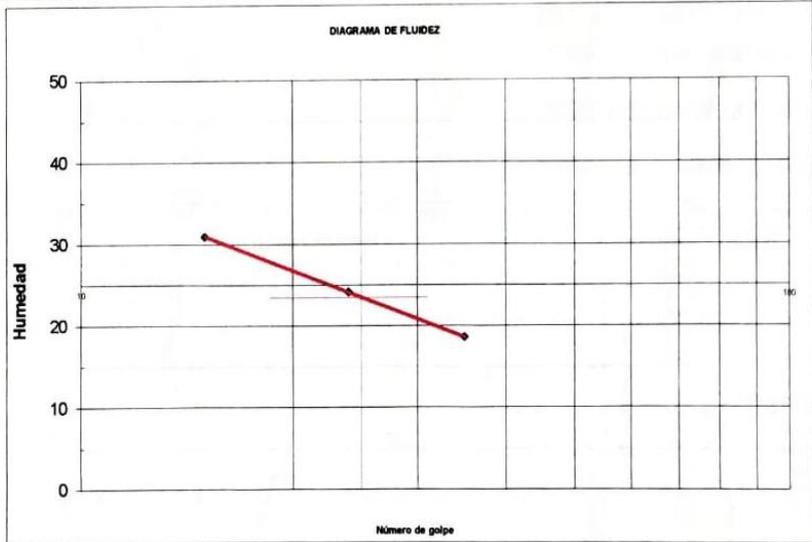
Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 01

Tipo de suelo : Arena arcillo limosa

| Muestra | Limite Líquido | | | Limite Plástico | |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| N° de golpes | 15 | 24 | 35 | - | - |
| Peso tara (g) | 21.90 | 21.00 | 22.60 | 21.42 | 20.22 |
| Peso tara + suelo húmedo (g) | 36.70 | 35.65 | 35.30 | 24.72 | 25.02 |
| Peso tara + suelo seco (g) | 33.20 | 32.80 | 33.31 | 24.25 | 24.33 |
| Humedad % | 30.97 | 24.15 | 18.58 | 16.61 | 16.79 |
| Límites | 23.52 | | | 16.70 | |
| Indice Plástico | 6.82 | | | | |




Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 02 - M2

Tipo de suelo : Arena Arcillo Limosa

Peso de muestra seca : 589.4
Peso de muestra lavada : 109.2

| Tamices ASTM | Abertura en mm. | Peso Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | % que Pasa | ESPECIFICACION | |
|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------------|----------|
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Límites | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Superior | Inferior |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 100 | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 95 | 75 |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | 75 | 40 |
| Nº4 | 4.760 | 12.50 | 2.1 | 2.1 | 97.88 | 60 | 30 |
| Nº8 | 2.380 | 56.50 | 9.6 | 11.7 | 88.29 | | |
| Nº10 | 2.000 | 36.50 | 6.2 | 17.9 | 82.10 | 45 | 20 |
| Nº16 | 1.190 | 95.50 | 16.2 | 34.1 | 65.90 | | |
| Nº30 | 0.590 | 52.40 | 8.9 | 43.0 | 57.01 | | |
| Nº40 | 0.420 | 46.50 | 7.9 | 50.9 | 49.12 | 30 | 15 |
| Nº50 | 0.300 | 36.50 | 6.2 | 57.1 | 42.93 | | |
| Nº100 | 0.149 | 95.80 | 16.3 | 73.3 | 26.67 | | |
| Nº200 | 0.074 | 48.00 | 8.1 | 81.5 | 18.53 | 15 | 5 |
| < Nº200 | | 109.20 | 18.5 | 100.0 | 0.00 | | |
| Total | | 589.40 | | | | | |



| Límites e Índices de Consistencia | |
|-----------------------------------|-------------|
| L. Líquido | : 24.88 |
| L. Plástico | : 18.18 |
| Ind. Plástico | : 6.71 |
| Clas. SUCS | : SC-SM |
| Clas. AASHTO | : A-2-4 (0) |

| HUMEDAD NATURAL | |
|-----------------|--------|
| Sh + Tara | : 64.3 |
| Ss + Tara | : 61.7 |
| Tara | : 20 |
| Peso Agua | : 2.6 |
| Peso Suelo Seco | : 41.7 |
| Humedad (%) | : 6.12 |

[Signature]
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 251701

® INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



LIMITES DE CONSISTENCIA

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRTA. VALVERDE LÚJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

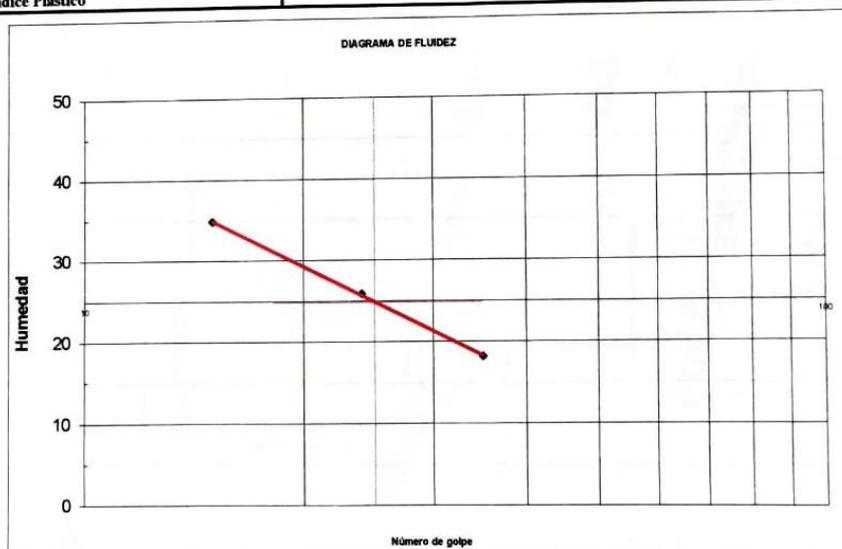
Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 02 - M2

Tipo de suelo : Arena Arcillo Limosa

| Muestra | Límite Líquido | | | Límite Plástico | |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| Límites de Consistencia | 15 | 24 | 35 | - | - |
| Nº de golpes | | | | | |
| Peso tara (g) | 22.10 | 24.90 | 22.45 | 22.10 | 19.50 |
| Peso tara + suelo húmedo (g) | 36.80 | 34.72 | 35.40 | 24.65 | 25.19 |
| Peso tara + suelo seco (g) | 33.00 | 32.70 | 33.41 | 24.26 | 24.31 |
| Humedad % | 34.86 | 25.90 | 18.16 | 18.06 | 18.30 |
| Límites | 24.88 | | | 18.18 | |
| Índice Plástico | 6.71 | | | | |



[Signature]
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 251701



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRITA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRÉS

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Tipo de suelo : ARENA ARCILLO LIMOSA

Calicata : PC 03

Peso de muestra seca : 586.8

Peso de muestra lavada : 120.7

| Tamices ASTM | Abertura en mm. | Peso Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | % que Pasa | ESPECIFICACION | |
|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------------|----------|
| 3" | 76.200 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Límites | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | Superior | Inferior |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.00 | | |
| Nº4 | 4.760 | 35.20 | 6.0 | 6.0 | 94.00 | | |
| Nº8 | 2.380 | 16.50 | 2.8 | 8.8 | 91.19 | | |
| Nº10 | 2.000 | 11.50 | 2.0 | 10.8 | 89.23 | | |
| Nº16 | 1.190 | 15.40 | 2.6 | 13.4 | 86.61 | | |
| Nº30 | 0.590 | 35.80 | 6.1 | 19.5 | 80.50 | | |
| Nº40 | 0.420 | 7.40 | 1.3 | 20.8 | 79.24 | | |
| Nº50 | 0.300 | 138.40 | 23.6 | 44.3 | 55.66 | | |
| Nº100 | 0.149 | 140.50 | 23.9 | 68.3 | 31.71 | | |
| Nº200 | 0.074 | 65.40 | 11.1 | 79.4 | 20.57 | | |
| < Nº200 | | 120.70 | 20.6 | 100.0 | 0.00 | | |
| Total | | 586.80 | | | | | |



| Límites e Índices de Consistencia | |
|-----------------------------------|-------------|
| L. Líquido | : 25.20 |
| L. Plástico | : 19.28 |
| Ind. Plástico | : 5.90 |
| Clas. SUCS | : SC-SM |
| Clas. AASHTO | : A-2-4 (0) |

| HUMEDAD NATURAL | |
|-----------------|---------|
| Sh + Tara | : 66.7 |
| Ss + Tara | : 0.4 |
| Tara | : 20 |
| Peso Agua | : 2.69 |
| Peso Suelo Seco | : 44.01 |
| Humedad (%) | : 6.11 |

Jim C. Avion Fiestas
Ing. C. Jim C. Avion Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701

® INDECOPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

LIMITES DE CONSISTENCIA

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

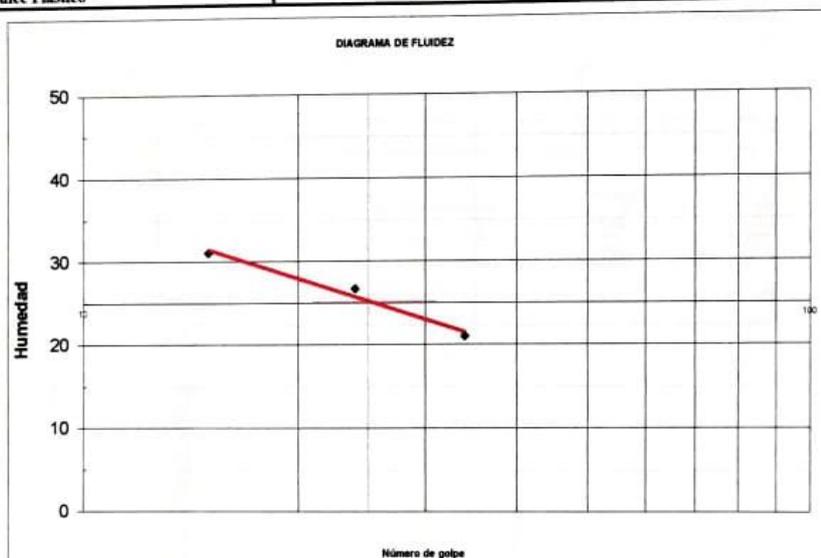
Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRÉS

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Tipo de suelo : ARENA ARCILLO LIMOSA

| Muestra | Límite Líquido | | | Límite Plástico | | |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|---|
| | | | | | | |
| Límites de Consistencia | | | | | | |
| N° de golpes | 15 | 24 | 34 | - | - | - |
| Peso tara (g) | 15.94 | 19.79 | 23.44 | 20.86 | 22.90 | |
| Peso tara + suelo húmedo (g) | 32.40 | 36.34 | 39.31 | 24.22 | 26.59 | |
| Peso tara + suelo seco (g) | 28.50 | 32.85 | 36.56 | 23.68 | 25.99 | |
| Humedad % | 31.05 | 26.72 | 20.96 | 19.15 | 19.42 | |
| Límites | 25.20 | | | 19.28 | | |
| Índice Plástico | | | | 5.90 | | |



[Signature]
 Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701

® INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

CONTENIDOS DE SALES SOLUBLES

(NORMA MTC - E219)

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD
 Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES
 Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD
 Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021
 Calicata : PC 01
 Tipo de suelo : Arena arcillo limosa

| SC SM | | | | |
|--------------------------|-----|--------|--------|----------|
| | UND | 1 | 2 | PROMEDIO |
| PESO TARRO (BKER 250 ml) | GR | 94.45 | 94.45 | |
| PESO TARRO + AGUA + SAL | GR | 259.6 | 259.6 | |
| PESO TARRO SECO + SAL | GR | 94.52 | 94.53 | |
| PESO DE SAL | GR | 0.07 | 0.08 | |
| PESO DE AGUA | GR | 165.08 | 165.07 | |
| PORCENTAJE DE SAL | % | 0.04 | 0.05 | 0.05 |

| SULFATO (SO4) EN EL AGUA, % | EXPOSICION A SULFATOS |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0.00 <= SO4 < 0.10 | Insignificante |
| 0.10 <= SO4 < 0.20 | Moderada |
| 0.20 <= SO4 <= 2.00 | Severa |
| SO4 > 2.00 | Muy Severa |


 Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

CONTENIDOS DE SALES SOLUBLES

(NORMA MTC - E219)

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 02

Tipo de suelo : Arena arcillo limosa

| SC SM | | | | |
|--------------------------|-----|-------|-------|----------|
| | UND | 1 | 2 | PROMEDIO |
| PESO TARRO (BKER 250 ml) | GR | 93.43 | 93.43 | |
| PESO TARRO + AGUA + SAL | GR | 259 | 259 | |
| PESO TARRO SECO + SAL | GR | 93.5 | 93.5 | |
| PESO DE SAL | GR | 0.07 | 0.07 | |
| PESO DE AGUA | GR | 165.5 | 165.5 | |
| PORCENTAJE DE SAL | % | 0.04 | 0.04 | 0.04 |

| SULFATO (SO4) EN EL AGUA, % | EXPOSICION A SULFATOS |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0.00 <= SO4 < 0.10 | Insignificante |
| 0.10 <= SO4 < 0.20 | Moderada |
| 0.20 <= SO4 <= 2.00 | Severa |
| SO4 > 2.00 | Muy Severa |


 Jimg. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

CONTENIDOS DE SALES SOLUBLES

(NORMA MTC - E219)

Obra : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante : SRTA. VALVERDE LUJAN ELAINE / SR. BECERRA MENA ANDRES

Ubicación : AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha : TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Calicata : PC 03

Tipo de suelo : Arena arcillo limosa

| SC SM | | | | |
|---------------------------|-----|--------|--------|----------|
| | UND | 1 | 2 | PROMEDIO |
| PESO TARRO (BIKER 250 ml) | GR | 93.56 | 93.56 | |
| PESO TARRO + AGUA + SAL | GR | 259.6 | 259.6 | |
| PESO TARRO SECO + SAL | GR | 93.63 | 93.62 | |
| PESO DE SAL | GR | 0.07 | 0.06 | |
| PESO DE AGUA | GR | 165.97 | 165.98 | |
| PORCENTAJE DE SAL | % | 0.04 | 0.04 | 0.04 |

| SULFATO (SO4) EN EL AGUA, % | EXPOSICION A SULFATOS |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0.00 <= SO4 < 0.10 | Insignificante |
| 0.10 <= SO4 < 0.20 | Moderada |
| 0.20 <= SO4 <= 2.00 | Severa |
| SO4 > 2.00 | Muy Severa |


Jing. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701

® INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com **TRUJILLO - PERU**



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

Proyecto de Tests : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AASHTO 93 PARA LA AV. MANUEL SEOANE ENTRE EL TRAMO DE LA AV. UNIVERSITARIA CON LA PANAMERICANA NORTE, DISTRITO GUADALUPE- PROVINCIA PACASMAYO- LA LIBERTAD

Solicitante: SITA VALVERDE LUJAN ELAINÉ / SR. BECERRA MENA ANDRÉS

Ubicación: AV. MANUEL SEOANE DISTRITO DE GUADALUPE, PROVINCIA DE PACASMAYO - LA LIBERTAD

Fecha: TRUJILLO, OCTUBRE DEL 2021

Tipo de Suelo: ARENA ARCILLO LIMOSA

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

| ESTADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| MOLDE | MOLDE 1 | | MOLDE 2 | | MOLDE 3 | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| SOBRECARGA (gr.) | 4530 | | 4530 | | 4530 | |
| Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.) | 8210 | | 7990 | | 7780 | |
| Peso de Molde (gr.) | 4135 | | 4135 | | 4135 | |
| Peso del suelo Húmedo (gr.) | 4075.00 | | 3855 | | 3645 | |
| Volumen de Molde (cm3) | 3211 | | 3211 | | 3211 | |
| Volumen del Disco Espaciador (cm3) | 1095 | | 1095 | | 1095 | |
| Volumen Útil (cm3) | 2116 | | 2116 | | 2116 | |
| Densidad Húmeda (gr/cm3) | 1.93 | | 1.82 | | 1.72 | |
| CÁPSULA N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.) | 65.0 | | 64.3 | | 66.7 | |
| Peso de suelo seco + Cápsula (gr.) | 62.5 | | 61.7 | | 64.0 | |
| Peso de Agua (gr.) | 2.50 | | 2.6 | | 2.69 | |
| Peso de Cápsula (gr.) | 20.5 | | 20 | | 20 | |
| Peso de Suelo Seco (gr.) | 42.0 | | 41.7 | | 44.01 | |
| % de Humedad | 5.95 | | 6.12 | | 6.11 | |
| Densidad de Suelo Seco (gr/cm3) | 1.82 | | 1.72 | | 1.62 | |

ENSAYO DE EXPANSION

| DIA | LECT. DIAL | HINCH. (%) | LECT. DIAL | HINCH. (%) | LECT. DIAL | HINCH. (%) |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

SUELO NO EXPANSIVO

| Estructura | Limite Max |
|-------------|------------|
| TIPO | HINCH. (%) |
| Base | 1 |
| Sub Base | 2 |
| Sub Rasante | 3 |

ENSAYO DE CARGA DE PENETRACION

| ENSAYO DE CARGA PENETRACION | LECTURA DIAL | MOLDE 1 Lbs. | 56 GOLPES | | LECTURA DIAL | MOLDE 1 Lbs. | 25 GOLPES | | LECTURA DIAL | MOLDE 1 Lbs. | 12 GOLPES | |
|-----------------------------|--------------|--------------|------------|------|--------------|--------------|------------|-------|--------------|--------------|------------|------|
| | | | Lbs./Pulg2 | Lbs. | | | Lbs./Pulg2 | Lbs. | | | Lbs./Pulg2 | Lbs. |
| 0.025 | 15 | 108.1 | 36.0 | 12 | 80.8 | 26.9 | 7 | 35.2 | | | 11.7 | |
| 0.050 | 30 | 244.9 | 81.6 | 23 | 181.1 | 60.4 | 15 | 108.1 | | | 36.0 | |
| 0.075 | 45 | 381.6 | 127.2 | 40 | 336.0 | 112.0 | 29 | 235.8 | | | 78.6 | |
| 0.100 | 57 | 491.0 | 163.7 | 48 | 409.0 | 136.3 | 40 | 336.0 | | | 122.4 | |
| 0.200 | 58 | 500.1 | 170.7 | 49 | 418.1 | 162.4 | 41 | 345.2 | | | 153.1 | |
| 0.300 | 59 | 509.2 | 172.8 | 50 | 427.2 | 164.0 | 42 | 354.3 | | | 158.7 | |
| 0.400 | 60 | 518.3 | 177.0 | 51 | 436.3 | 167.0 | 43 | 363.4 | | | 161.0 | |


 Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP: 251701

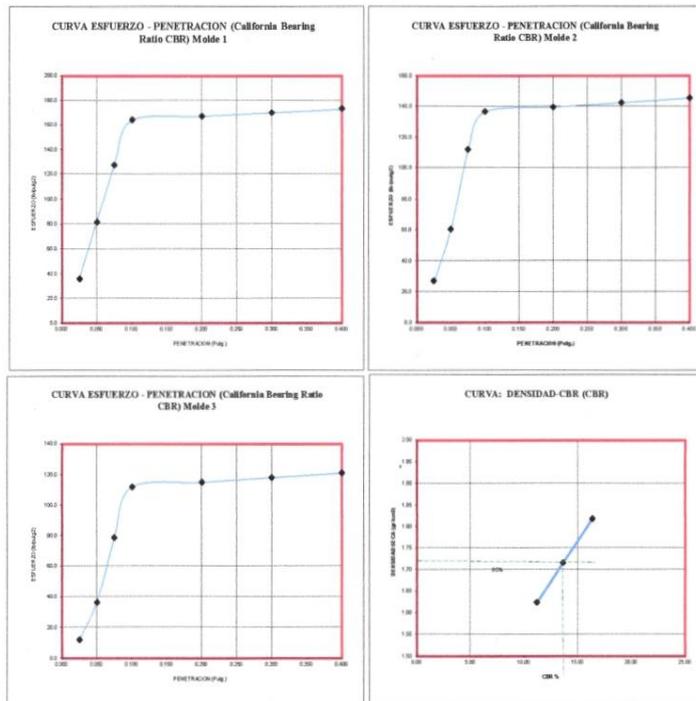
® INDECOPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. 976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M ANTON LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L.
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Valores Corregidos

| MOLDE N° | PENETRACION (pulg) | PRESION APLICADA (Lb/pulg2) | PRESION PATRON (Lb/pulg2) | CBR % | DENSIDAD SECA (gr/cm3) |
|----------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|------------------------|
| 1 | 0.1 | 163.7 | 1000 | 16.37 | 1.82 |
| 2 | 0.1 | 136.3 | 1000 | 13.63 | 1.72 |
| 3 | 0.1 | 122.4 | 1000 | 12.24 | 1.62 |

| MOLDE N° | PENETRACION (pulg) | PRESION APLICADA (Lb/pulg2) | PRESION PATRON (Lb/pulg2) | CBR % | DENSIDAD SECA (gr/cm3) |
|----------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|------------------------|
| 1 | 0.2 | 170.7 | 1500 | 11.38 | 1.82 |
| 2 | 0.2 | 162.4 | 1500 | 10.83 | 1.72 |
| 3 | 0.2 | 153.1 | 1500 | 10.21 | 1.62 |

| | |
|---|---------------|
| Maxima densidad Seca (gr/cm3) | 1.82 |
| OPTIMO Vontenido de Humedad | 5.95% |
| C.B.R al 100% de la maxima densidad seca | 16.37% |
| C.B.R al 95% de la maxima densidad seca | 11.38% |

[Signature]
Ing. C. Jim C. Anton Fiestas
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 251701

PANEL FOTOGRÁFICO

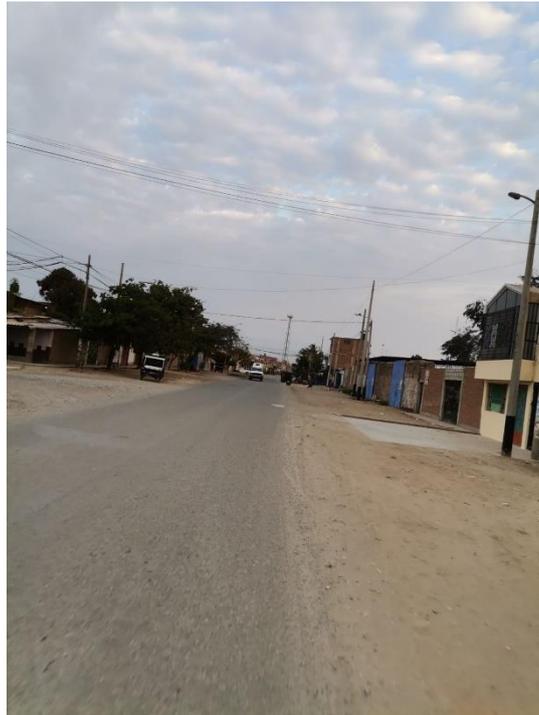


Figura N° 21: *Pista deteriorada en Av. Manuel Seoane (Vía en estudio)*



Figura N° 22: *Av. Manuel Seoane entre el tramo de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte*

CALICATA – 01



Figura N° 23: *Excavación de calicata 1*



CALICATA – 02



Figura N° 24: Excavación de calicata 2



