



EN LA UAP
TÚ ERES PARTE
DEL CAMBIO

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

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“EVALUACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR
DE LA VIA TA-617, KM 0+000 - KM 1+988, DISTRITO
DE CALANA, REGION TACNA 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
MANUEL JEAN PIERRE MEJÍA HURTADO
ORCID 0000-0001-5153-0368**

**ASESOR
MTR. ENRIQUE ESPINOZA MOSCOSO
ORCID 0000-0001-9535-6656**

LIMA – PERÚ, 2022

DEDICATORIA

A Dios; por ser mi guía y admiración, para darme el aliento faltante en aquellas situaciones que lo necesitaba para continuar.

A mis padres; Manuel por apoyarme en mi educación y Guadalupe por creer en mí, en decirme que la decisión de continuar es de uno y para uno mismo.

A mi esposa; Kathybell por enseñarme que las dificultades solo se enfrentan con valores y decisión.

A mi hija; Arianna por ser el motivo más sincero que conocí, me escucha, me ayuda, convirtiéndose en mi ángel de la guarda y desde el cielo me sonríe.

Manuel Jean Pierre Mejía Hurtado

AGRADECIMIENTOS

A la UAP; quien, a través de los procedimientos de las asignaturas, me dio las enseñanzas que necesitare en mi vida profesional.

A mis docentes; que compartieron su conocimiento, experiencias, para así ayudarme en la toma de decisiones ante los problemas que se presenten.

A mi asesor; Mtr. Enrique Espinoza Moscoso por brindarme en cada etapa de la formulación de mi trabajo de suficiencia profesional, guiándome en los procedimientos para la culminación de mi trabajo.

Manuel Jean Pierre Mejía Hurtado

RESUMEN

En el presente informe de suficiencia profesional desarrolla la evaluación del diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 – Km 1+988 distrito de Calana. El trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo general calcular el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, analizando la influencia del estudio de la mecánica de suelos para determinar el CBR de diseño y las características del factor W_{18} en la determinación de los espesores en el diseño estructural. Para la determinación del W_{18} , se analizó el estudio de tráfico teniendo una clasificación vehicular; ligeros y pesados como C2 y C3 que afectan directamente en el valor W_{18} .

Como parte del análisis del Factor de Crecimiento se considera la tasa de crecimiento de vehículos pesados para la región Tacna una tasa de crecimiento vehicular del 2,88% y un periodo de diseño de 15 años, en conclusión, el diseño de espesores estructurales del pavimento flexible para la vía TA-617 se determinaron para la carpeta asfáltica de 5 cm., para la base granular de 15 cm. y para la subbase granular de 20 cm., una estructura total de 40 cm.

Palabras Claves: AASHTO, Pavimentos flexibles, Esal de diseño, CBR de diseño,

W_{18} .

ABSTRACT

In this professional sufficiency report, he develops the evaluation of the structural design of the flexible pavement to improve the vehicular trafficability of the TA-617 road, Km 0+000 – Km 1+988 Calana district. The professional sufficiency work has the general objective of calculating the structural design of the flexible pavement to improve vehicular trafficability, analyzing the influence of the study of soil mechanics to determine the design CBR and the characteristics of the W18 factor in the determination of thicknesses. in structural design. For the determination of the W18, the traffic study was analyzed having a vehicle classification; light and heavy like C2 and C3 that directly affect the W18 value.

As part of the Growth Factor analysis, the growth rate of heavy vehicles for the Tacna region is considered a vehicular growth rate of 2.88% and a design period of 15 years, in conclusion, the design of structural thicknesses of the pavement. flexible for the TA-617 road were determined for the asphalt layer of 5 cm., for the granular base of 15 cm. and for the granular subbase of 20 cm., a total structure of 40 cm.

Keywords: AASHTO, Flexible pavements, Esal design, CBR design, W18.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la vía TA-617 está a nivel de trocha carrozable sin obras de drenaje, ni señalización, el cual presenta desgaste en la superficie de rodadura esto debido al constante tránsito que presenta la zona, tránsito propio de las actividades económicas por los agricultores de la zona de Piedra Blanca distrito de Calana.

Por lo cual, la Municipalidad Distrital de Calana declaró la viabilidad al proyecto de pre-inversión y la inversión a cargo del Gobierno Regional de Tacna, mediante convenio específico la ejecución del proyecto “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Vial de la Red Vecinal TA-617 Carretera antigua, tramo PE-040-TA-615 en el Sector Piedra Blanca del distrito de Calana - Provincia de Tacna - Departamento de Tacna”, tiene gran importancia ya que concederá mejorar la transitabilidad vehicular a los pobladores del área de influencia de Piedra Blanca y Calana.

Así mismo el presente informe de suficiencia profesional tiene como objetivo calcular el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.

El trabajo de suficiencia profesional consta de 8 capítulos:

Capítulo I. Generalidades de la empresa

Capítulo II. Considera la realidad problemática, para presentar la formulación del problema general y los específicos, los objetivos del proyecto, la justificación y las limitantes de la investigación.

Capítulo III. Donde considera el desarrollo del proyecto, para presentar la descripción y diseño del proceso, los requerimientos, los cálculos, dimensionamiento, equipos utilizados, conceptos básicos para el diseño, estructura, elementos y funciones,

planificación del proyecto, servicios y aplicaciones.

Capítulo IV. Considera el diseño metodológico, para presentar el tipo y diseño de la investigación, el método de investigación, población y muestra, lugar de estudio, técnica e instrumentos para la recolección de la información y análisis y procesamiento de datos.

Capítulo V. Considera las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo VI. Se presenta un glosario de términos y las referencias utilizados en el presente trabajo de suficiencia profesional, sean libros, tesis y artículos científicos.

Capítulo VII. Se presentan los índices de figuras y las tablas, finalmente

Capítulo VIII. Como anexos, se presentan los costos de la investigación y diapositivas utilizados en la sustentación.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Página |
|---|--------|
| CARATULA..... | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| INTRODUCCIÓN..... | vi |
| TABLA DE CONTENIDOS..... | viii |
| CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA..... | 1 |
| 1.1. Perfil de la empresa..... | 1 |
| 1.2. Actividades de la empresa..... | 1 |
| 1.2.1. Misión..... | 1 |
| 1.2.2. Visión..... | 2 |
| 1.2.3. Proyectos similares..... | 2 |
| CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA..... | 3 |
| 2.1. Descripción de la realidad problemática..... | 3 |
| 2.2. Formulación del problema..... | 5 |
| 2.2.1. Problema general..... | 5 |
| 2.2.2. Problemas específicos..... | 5 |
| 2.3. Objetivos del proyecto..... | 6 |
| 2.3.1 Objetivo general..... | 6 |
| 2.3.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| 2.4. Justificación..... | 6 |
| 2.5. Limitantes de la investigación..... | 7 |
| CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO..... | 8 |
| 3.1. Descripción y diseño del proceso desarrollado..... | 8 |
| 3.1.1 Requerimientos..... | 10 |
| 3.1.2 Cálculos..... | 11 |
| 3.1.3 Dimensionamiento..... | 27 |
| 3.1.4 Equipos utilizados..... | 28 |
| 3.1.5 Conceptos básicos para el diseño del piloto..... | 29 |
| 3.1.6 Estructura..... | 35 |
| 3.1.7 Elementos y funciones..... | 38 |

| | |
|--|----|
| 3.1.8 Planificación del proyecto | 39 |
| 3.1.9 Servicios y aplicaciones..... | 39 |
| CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO..... | 44 |
| 4.1. Tipo y diseño de la investigación | 44 |
| 4.2. Método de Investigación | 44 |
| 4.3. Población y muestra | 44 |
| 4.4. Lugar de estudio | 45 |
| 4.5. Técnica e instrumentos para la recolección de la información..... | 45 |
| 4.6. Análisis y procesamiento de datos..... | 45 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 47 |
| 5.1. Conclusiones | 47 |
| 5.2. Recomendaciones | 48 |
| CAPÍTULO VI: GLOSARIO DE TÉRMINOS y REFERENCIAS | 49 |
| 6.1. Glosario de términos..... | 49 |
| 6.2. Libros | 51 |
| 6.3. Tesis | 51 |
| CAPÍTULO VII: ÍNDICES | 52 |
| 7.1. Índice de figuras..... | 52 |
| 7.2. Índice de tablas..... | 53 |
| CAPÍTULO VIII: ANEXOS | 55 |
| ANEXO 1 Costo total de la investigación | 56 |
| ANEXO 2 Diapositivas utilizadas en la sustentación..... | 57 |

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA.

1.1. Antecedentes de la empresa.

El Gobierno Regional de Tacna, viene a ser la entidad principal de administración pública, encargándose de fomentar el desarrollo regional integral y sostenible, así también dentro de sus competencias se encargan de promover la investigación, estudio, ejecución de obras y proyectos de salud, educación, sanitarios, eléctricas, energéticos, productivos y viales de acuerdo a su competencia.

1.2. Perfil de la empresa.

El Gobierno Regional de Tacna es el órgano con personería jurídica de derecho público y patrimonio propio, que tiene a su cargo la administración superior del departamento de Tacna y cuya finalidad es el desarrollo social, cultural y económico; con una gestión transparente, competitiva y a favor de la identidad cultural. Tiene su sede en la ciudad de Tacna, sito en la Av. Gregorio Albarracín S/N.

1.3. Actividades de la empresa

1.3.1. Misión.

Promover el desarrollo integral y sostenible de la región Tacna con una gestión transparente, competitiva y a favor de la identidad cultural.

1.3.2. Visión.

Una Tacna con identidad cultural, competitiva, sostenible y ciudadanos felices.

1.3.3. Proyectos Similares

Dentro de los proyectos similares se muestra como antecedentes los siguientes proyectos.

Tabla 01
Proyectos similares

| CUI | Descripción | Monto de inversión |
|------------|--|---------------------------|
| 2456051 | Creación del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en las calles 14, 15 y 16 del sector piedra blanca del distrito de Calana - provincia de Tacna - departamento de Tacna | 1,165,919 |
| 2222395 | Mejoramiento de la infraestructura vial en la trocha carrozable Chintari – Banderani - sector Curibaya, distrito de Curibaya - Candarave - Tacna | 13,012,275 |
| 2372296 | Mejoramiento del servicio de transitabilidad peatonal y vehicular en el sector 28 de agosto Promuvi zona norte ii-c, distrito de Pocollay - Tacna - Tacna | 6,235,801 |
| 2486275 | Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular de la vía vecinal de acceso a la zona de producción pecuaria sector 8: Emp. PE-38 - Emp. Ta-619 en el distrito de ciudad nueva - provincia de Tacna - departamento de Tacna | 7,570,584 |
| 2483478 | Reparación de superficie de rodadura; en el(la) vías nacionales y vecinales que comprende la avenida Jorge Basadre Grohmann, distrito de Tacna, provincia Tacna, departamento Tacna | 10,753,018 |

Fuente: Consulta amigable MEF.

CAPÍTULO II

REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1 Descripción de la Realidad Problemática

La TA-617 es una vía a nivel de trocha carrozable en toda su extensión, sin obras de saneamiento, es decir sin agua ni alcantarillado, ni señalización, también la trocha presenta desgaste en la superficie de rodadura, debido al constante tránsito que presenta la zona, por la existencia de zonas de cultivo, restaurantes propios de las actividades económicas y sociales que se desarrolla en la zona de investigación.

Sobre la base de la información obtenida en el reconocimiento del terreno, se considera que la TA-617 (Carretera Antigua) a intervenir con el proyecto tienen baja demanda el uso de la vía, no cuenta con el mantenimiento adecuado de la trocha, donde las variables de costos operativos del mantenimiento del vehículo son poco significativas para analizar los beneficios del usuario.

En esas condiciones, la investigación del estudio de la evaluación de la vía TA-617, se desarrolla considerando solamente en la necesidad de la población usuaria de contar pistas, bermas y veredas y así mejorar la calidad de vida de la zona, para lo

cual se asumen como variables de análisis, la población del área de influencia directa del proyecto, que se estima en 3,300 habitantes (fuente INEI 2017, promedio de toda la población que habita en el distrito de Calana, durante el horizonte de evaluación) esto debido a que la vía proyectada generará un tráfico desviado de los vehículos que transitan por la Carretera PE-40 que beneficiará al total de la población que se traslada por el distrito.

Para tal efecto; se dio la viabilidad al proyecto de pre inversión por parte del Gobierno Regional de Tacna, mediante Convenio Específico N° 001-2021-GOB.REG.TACNA. firmado el 25 de enero del 2021; El proyecto denominado “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial de la red vecinal TA-617 carretera antigua, tramo PE-40 - TA-615 en el sector Piedra Blanca del distrito de Calana - provincia de Tacna - departamento de Tacna”.

Luego de los estudios de tráfico, trazo y diseño vial, señalización horizontal y vertical, estudio de la mecánica de suelos, de canteras y fuentes de agua, diseño de pavimentos, estructuras, estudio de impacto ambiental, estudio de drenaje e hidráulica por la existencia de canales de regadío, metrados, costos y presupuestos y documentos adicionales para la ejecución del proyecto indicado líneas arriba y para ello, se plantean objetivos siguientes:

- ❖ Garantizar la seguridad vial a todas las personas que hagan uso de esta vía vecinal. Así como también, proveer de dispositivos que permitan el funcionamiento y libre circulación del tránsito.
- ❖ Elevar la calidad de vida de la población dentro del área de influencia del proyecto.
- ❖ Incorporación de la economía local y de las comunidades aisladas hacia los mercados provinciales, departamentales y regionales.
- ❖ Fortalecer la integración física de la zona urbana con lo rural deprimidos de esta

zona mediante el mejoramiento de la vía principal de comunicación, incentivando el desarrollo de la región, fomentando la agricultura, ganadería comercio, etc.

- ❖ Reducir los costos de transporte de carga y pasajeros y reducir el tiempo de viaje, ocasionando ahorro a los pasajeros y transportistas.
- ❖ Mejorar el nivel de vida de sus habitantes, cuyo resultado se darán una vez transitable la vía en un 100%.
- ❖ Dinamizar la interrelación entre todas las comunidades integrantes del beneficio directo e indirecto.
- ❖ Generación de empleo temporal desde la etapa de estudio, durante la etapa de ejecución de obra y durante el periodo de operación y mantenimiento.
- ❖ Complementar el esfuerzo del Gobierno Regional por la integración Regional.

2.2 Formulación del Problema

2.2.1 Problema General

- a) ¿Cómo la evaluación del diseño estructural del pavimento flexible influirá para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?

2.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo las características del suelo de fundación influirán en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?
- b) ¿Cómo el análisis del tráfico vehicular influirán en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?
- c) ¿Cómo el número estructural influirán en el diseño estructural del pavimento

flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?

2.3 Objetivos del Proyecto

2.3.1 Objetivo General

- a) Calcular el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.

2.3.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar cómo el estudio de la mecánica de suelos influirá en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022
- b) Cuantificar cómo las características del factor W_{18} influirá en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.
- c) Calcular cómo los resultados de los espesores influirán en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.

2.4 Justificación

La justificación del presente proyecto es la ejecución de la carretera TA-617, llamada carretera antigua hacia Calana, tramo: Km 0+000 hasta Km 1+980, que consiste en el mejoramiento de la transitabilidad vehicular, ejecutándose tres componentes, adecuada infraestructura vial, señalización horizontal y vertical y capacitación a la población en materia de educación vial. El desarrollo y ejecución del proyecto impactará de forma positiva para el crecimiento urbano y la movilidad de los sectores colindantes al proyecto, porque la red vial a intervenir es una vía colectora

de acceso a los habitantes que transiten por el sector; de modo que se potencializará el desarrollo urbano - comercial en el sector y el departamento, ya que permitiría el desplazamientos de personas y generará mejores condiciones para la distribución y de los productos agrícolas que actualmente se comercializa..

2.5 Limitantes de la Investigación

No se encontraron limitaciones en la redacción del presente informe de suficiencia profesional.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Descripción y Diseño del Proceso Desarrollado

La TA-617 (Carretera Antigua) a intervenir con el proyecto tienen bajo flujo vehicular, por lo tanto, las variables ahorro de tiempo de las personas y ahorro en los costos de operación vehicular son poco significativas para el análisis y estimación de la demanda y los beneficios atribuibles al proyecto. En estas condiciones, la evaluación del proyecto para su ejecución solo considera, la necesidad de los usuarios que se beneficiarían, con la ejecución de pistas, bermas y veredas, para lo cual se asumen como variables de análisis, la población del área de influencia directa del proyecto, que se estima en 3,300 habitantes (fuente INEI 2017, promedio de toda la población que habita el distrito de Calana, durante el horizonte de evaluación) esto debido a que la vía proyectada generará un tráfico desviado de los vehículos que transitan por la Carretera PE-40 que beneficiara al total de la población que se traslada por el distrito. El trabajo de suficiencia profesional es de vital importancia para la zona de influencia mediata e inmediata, para el Distrito de Calana, La Provincia y la Región Tacna, porque esta vía es catalogado como Red Vial Vecinal TA-617 de TERCERA CLASE, y a la vez se encuentra dentro de un Sector en vías de consolidación urbana,

favorece aparte del transporte público y privado, la movilización de mercancías (agricultura) y conectividad con el resto de la Provincia de Tacna el cual se une con la carretera Tacna, Calana-Pachía y la TA-615.

El desarrollo y ejecución de este proyecto impactará de forma positiva para el crecimiento urbano y la movilidad de los sectores colindantes al proyecto, porque la red vial a intervenir es una vía colectora de acceso a los habitantes que transiten por el sector; de modo que se potencializará el desarrollo urbano - comercial en el sector y el departamento, ya que permitiría el desplazamientos de personas y generará mejores condiciones para la distribución y de los productos agrícolas que actualmente se comercializa.

La comunicación interdistrital y vías locales se realiza a través de vehículos menores (tipo autos y camionetas) y vehículos mayores (Camiones y Buses de transporte interdistrital), los accesos principales hacia la Avenida 04 (TA-617) se dan por la Carretera Tacna-Calana-Pachía y la Avenida 01 (vía hacia Calana).

Tabla 1

Accesos principales

| Vía | Denominación | Acceso | Condición de la vía |
|-------------------------------|--------------|--------|---------------------|
| Avenida 01 (vía hacia Calana) | TA-615 | Norte | Asfaltado |
| Carretera Tacna-Calana-Pachia | PE-40 | Sur | Asfaltado |

Nota. En la tabla se aprecia la denominación de las vías de inicio y final

Tabla 2

Situación actual de las vías

| Vía | Denominación | Condición de la vía |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| Av. Celestino Vargas | PE-40 | Asfaltado |
| Av. 04 Carretera antigua, Red vecinal | TA-617 | Trocha |
| Av. 01 vía hacia Calana | TA-615 | Asfaltado |

Nota. Se muestra la denominación de las vías y su condición

3.1.1 Requerimientos

Tabla 3

Normatividad para el diseño de pavimentos

| Normatividad u Organización | Diseño geométrico de carreteras |
|-----------------------------|---|
| | Diseño vial |
| DG-2018-MTC | Velocidad de diseño Vehículo de diseño Ancho de calzada Pendientes Faja de dominio Bombeo Peralte |

Nota: Normatividad utilizada para el diseño geométrico de la vía.

Tabla 4

Parámetros de diseño según guía AASHTO 93

| Normatividad u Organización | Metodología AASHTO 93 |
|-----------------------------|--|
| | Pavimento flexible |
| Guía AASHTO 93 | Confiabilidad Serviciabilidad Periodo de diseño Numero estructural Espesores Coeficientes de capa Coeficientes de drenaje Esal (W_{18}) de diseño y CBR de diseño |

Nota. En la tabla de indica los parámetros de diseño

Tabla 5

Calificación de la transitabilidad

| Índice de transitabilidad | Calificación |
|---------------------------|--------------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Muy buena |
| 3 | Buena |
| 2 | Regular |
| 1 | Mala |
| 0 | Pésima |

Nota: Se presenta las escalas de la transitabilidad, tomado de (Sachún, 2016)

3.1.2 Cálculos

Evaluación de la mecánica de suelos con fines de pavimentación

Los tipos de suelo predominantes encontrados en la prospección de campo son arenas limosas y arenas limosas pobremente gradadas.

La exploración geotécnica de la subrasante ha comprendido la apertura de 6 pozos excavados en el terreno natural a partir de los niveles existentes.

En las tablas 6 y 7 se resumen las características físicas, la clasificación de los suelos en base a su granulometría y sus límites de consistencia, así como los resultados del ensayo CBR, a partir de los cuales se inferirán por correlación los parámetros de diseño correspondientes.

Tabla 6
Capacidad de soporte de Subrasante (CBR)

| Ubicación Calicatas | Progresiva (Km) | Profundidad (m) | Humedad % | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | CBR 95% |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------------|----------------------|---------|
| C-01 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 3.85 | S | A-1-b | 47.20 |
| | | | 9.99 | GP GM | A-1-a | 33.20 |
| C-02 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.84 | G | A-1-a | 42.80 |
| C-03 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.52 | G | A-1-a | 45.80 |
| C-04 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 2.52 | G | A-1-a | 41.30 |
| C-05 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.37 | G | A-1-a | 47.60 |
| C-06 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 2.45 | GP GM | A-1-a | 42.70 |
| | | | 1.69 | G | A-1-a | 34.30 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de laboratorio de mecánica de suelos y geotecnia.

Tabla 7
Características físicas de la subrasante

| Ubicación Calicatas | Contenido Humedad (%) | Gravedad Específica (g/cm3) | Densidad Mínima (g/cm3) | Densidad Máxima (g/cm3) | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| C-01 | 3.85 | 2.61 | 1.67 | 2.05 | 20.14 | 17.71 | 2.43 |
| | 9.99 | 2.62 | 1.76 | 2.05 | 21.05 | 17.73 | 3.32 |
| C-02 | 1.84 | 2.66 | 1.91 | 2.16 | 19.25 | NP | NP |
| C-03 | 1.52 | 2.69 | 2.02 | 2.10 | 19.80 | NP | NP |
| C-04 | 2.52 | 2.66 | 1.78 | 2.13 | 18.37 | 16.70 | 1.67 |
| C-05 | 1.37 | 2.65 | 1.93 | 2.07 | 19.92 | NP | NP |
| C-06 | 2.45 | 2.67 | 1.74 | 2.10 | 20.20 | 18.99 | 1.21 |
| | 1.69 | 2.64 | 1.97 | 2.10 | 19.85 | NP | NP |

Nota. Estudio de Mecánica de Suelos, Geología y Geotecnia.

Se puede apreciar que el IP son menores a lo permisible y en algunos casos resultan ser suelos poco arcillosos y/o suelos exentos de arcilla.

Como puede apreciarse los suelos encontrados en campo, son suelos con un bajo contenido de humedad lo que evidencia la ausencia de la napa freática en los niveles explorados. Igualmente se tratan de suelos no plásticos, pudiendo preverse un comportamiento elástico en fatiga.

Tabla 8
Clasificación y CBR de la Subrasante

| Ubicación Calicatas | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | Movimiento de tierras % | Densidad Proctor (g/cm ³) | Humedad optima (%) | CBR 95% |
|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------|
| C-01 | SM GP GM | A-1-b A-1-a | Arena limosa con grava | 2.05 | 7.41 | 47.20 |
| | | | | 2.05 | 7.56 | 33.20 |
| C-02 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.16 | 6.14 | 42.80 |
| C-03 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.10 | 6.43 | 45.80 |
| C-04 | GM | A-1-a | Grava limosa con arena | 2.13 | 7.62 | 41.30 |
| C-05 | GW | A-1-a | Grava bien graduada | 2.07 | 6.18 | 47.60 |
| C-06 | GP GM | A-1-a | Grava mal Graduada con limo | 2.10 | 5.32 | 42.70 |
| | | | Grava mal Graduada | 2.10 | 7.11 | 34.30 |

Nota. Estudio de Mecánica de suelos con fines de pavimentación TA-617.

Los valores de CBR obtenidos permiten calificar de acuerdo a la tabla 8 categoría de la Subrasante S4, y S5, finalmente la calidad de la subrasante es excelente.

El Estudio de Canteras ha permitido determinar la aptitud de las canteras, para la producción de los materiales granulares a emplear en la producción de: mezcla asfáltica en frío, concreto hidráulico, base granular, sub base granular y material de relleno.

Se han evaluado los materiales en base al muestreo representativo de las canteras, habiéndose realizado en laboratorio los ensayos correspondientes, siguiendo los procedimientos indicados en el Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El muestreo del material para el proyecto son de 2 canteras: (i) Cantera Pachia, para la producción de Base y Sub base granular (ii) Cantera Cerro Blanco para la producción de materiales de mezcla asfáltica frío y concreto armado, que comprende los materiales extraídos de los cortes y/o cúmulos insitu, los que cuentan con características adecuadas para su uso como material de relleno siempre en cuando el ejecutor de obra a través de la supervisión verifique los materiales según la norma EG-2013.

Tabla 9

Resultado del ensayo de análisis granulométrico –Material Base Granular

| CANTERA | FINALIDAD DE LA CANTERA | CÓDIGO | COORDENADAS | | DISPOSICION DE LOS AGREGADOS |
|----------------|-------------------------|--------|-------------|------------|------------------------------|
| | | | ESTE | NORTE | |
| Cantera Pachia | BASE | M – 01 | 384403.75 | 8021024.58 | Acumulado |
| Cantera Cerro | SUB BASE | M – 02 | | | |
| | CONCRETO | M – 01 | 376247.00 | 8011181.00 | Acumulado |
| | ASFALTO | M – 02 | | | |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de laboratorio de mecánica de suelos y geotecnia.

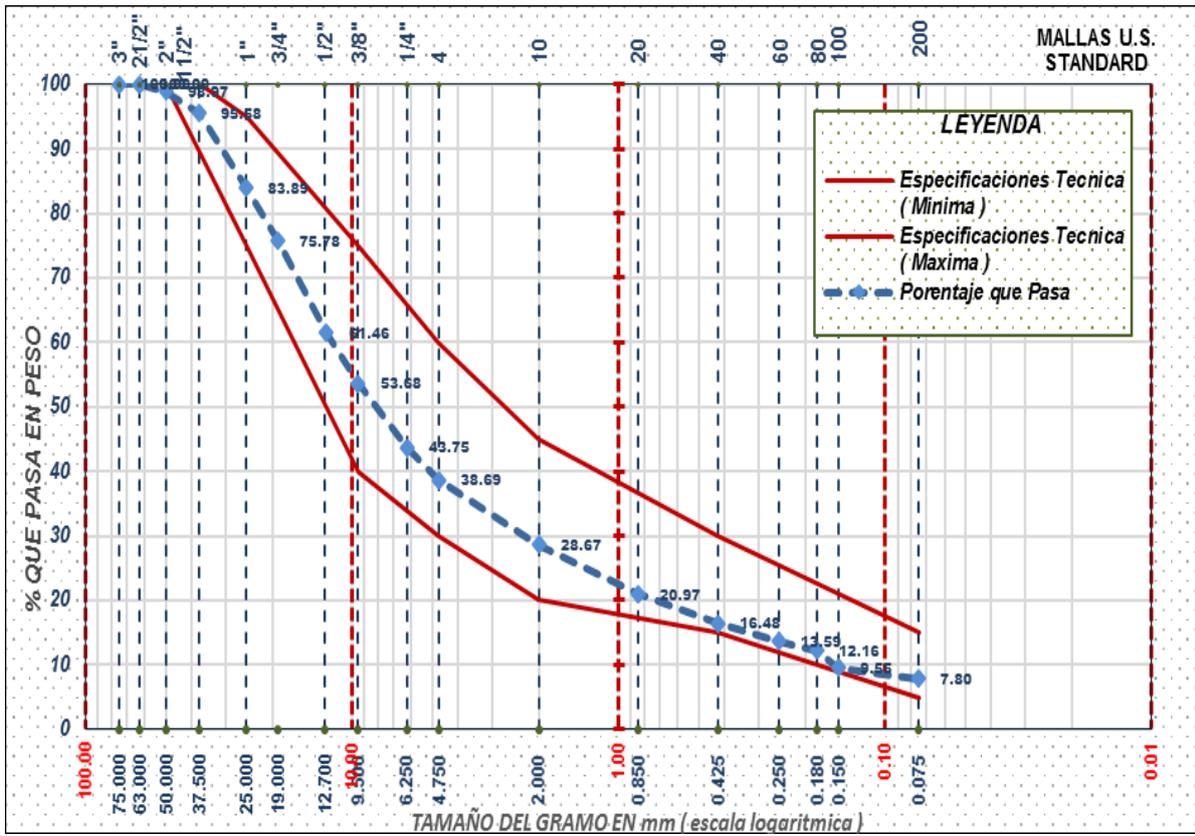
Tabla 10

Resultado del ensayo de análisis granulométrico –Material Base Granular

| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | FINALIDAD DE LA CANTERA | CÓDIGO | HUMEDAD |
|----------------|---------------------------|-------------------------|--------|-------------|
| | | | | NATURAL (%) |
| Cantera Pachia | 384403.75 E | BASE | M – 01 | 1.92 % |
| | 8021024.58 N | SUB BASE | M – 02 | 1.79 % |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de laboratorio de mecánica de suelos y geotecnia.

Figura 1
 Resultado del ensayo de análisis granulométrico –Material Base Granular

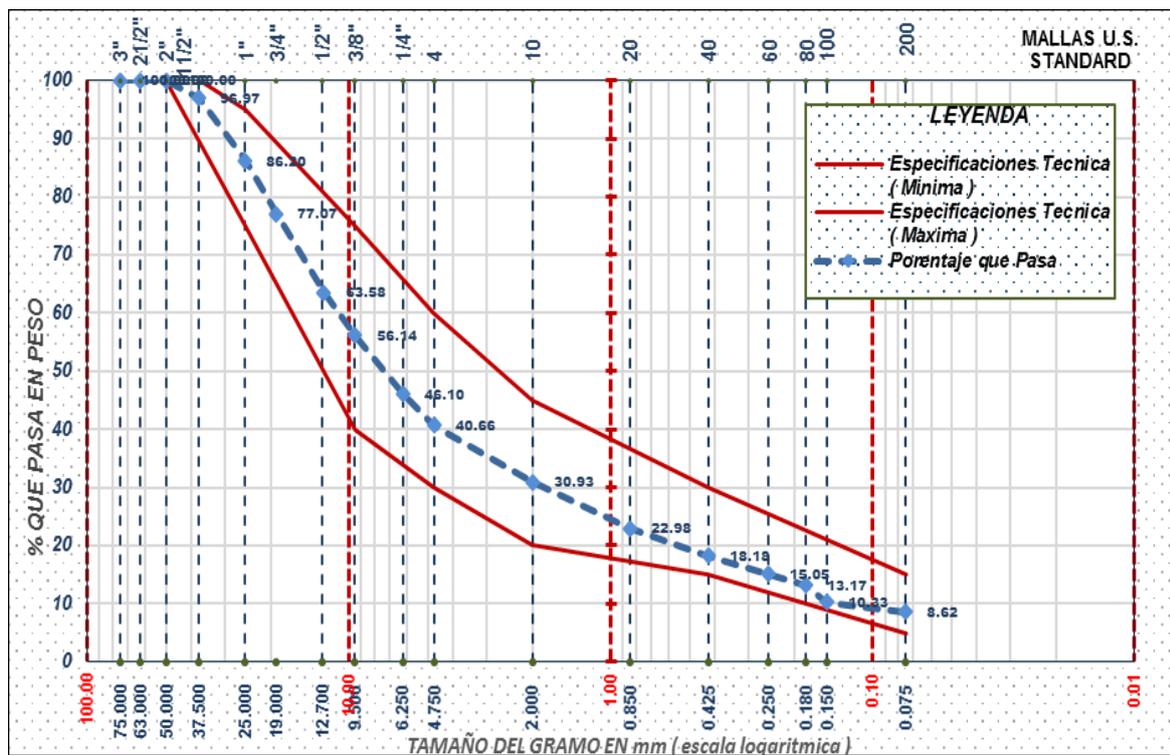


Nota. Según Estudio de suelos con fines de pavimentos elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Se observa que el material para base granular presenta tamaño heterogéneo que cumplen y están dentro de la gradación de análisis granulométrico según los requerimientos EG-2013.

Figura 2

Resultado del ensayo de análisis granulométrico –Material Sub-Base Granular



Nota. Según Estudio de suelos con fines de pavimentos elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Se observa que el material para base granular presenta tamaño heterogéneo que cumplen y están dentro de la gradación de análisis granulométrico según los requerimientos EG-2013.

Tabla 11

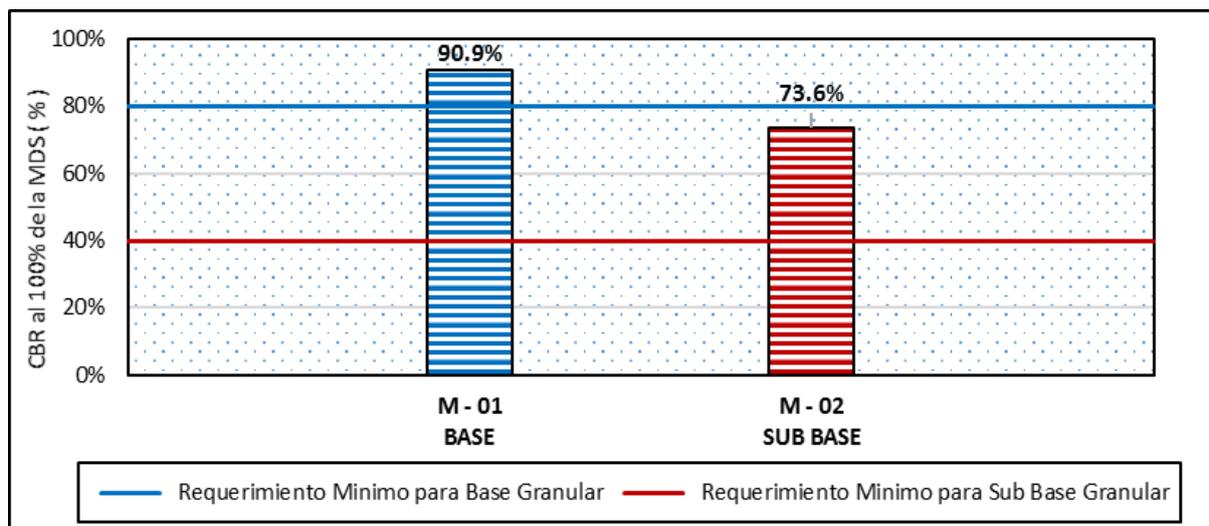
Resultado del ensayo de ensayo de CBR de Base y Sub Base Granular

| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | USO | CÓDIGO | CBR AL 95 % MDS | CBR AL 100 % MDS |
|----------------|-----------------------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------|
| Cantera Pachia | 384403.75 E 8021024.58 N | BASE | M – 01 | 53.50 | 90.94 |
| | | SUB BASE | M – 02 | 43.10 | 73.58 |

Nota. Según estudio de suelos con fines de pavimentos elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Figura 3

Requerimiento Mínimo de CBR de Base y Sub Base Granular



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Se observa que los resultados obtenidos de los ensayos de CBR, cumplen la norma EG-2013 que es 40% valor mínimo que debe tener los materiales para sub base y 80 % para base granular con tráfico de ejes equivalente $< 10^6$, esto indica que tiene buena capacidad de carga.

Tabla 12

Resultado de ensayo Partículas fracturadas de Base y Sub Base Granular

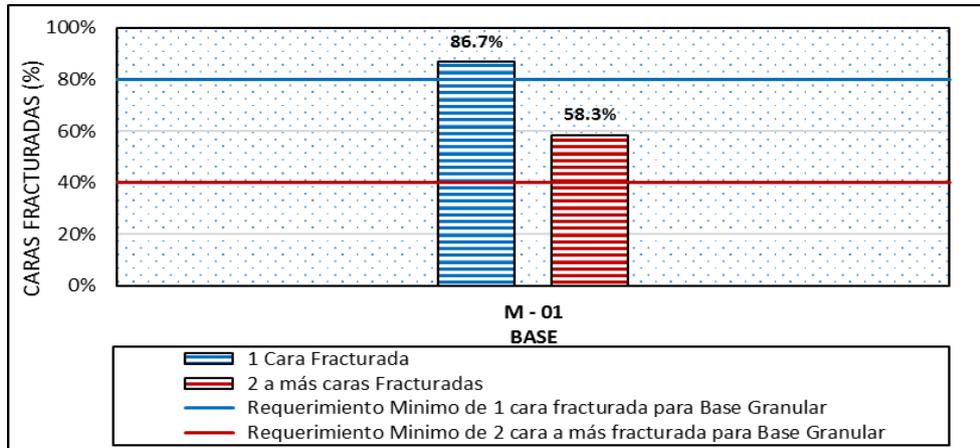
| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | USO | CÓDIGO | DE UNA CARA (%) | DE DOS A MÁS (%) |
|-------------------|------------------------------|-------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Cantera Pachia | 384403.75 E 8021024.58 N | BASE | M – 01 | 86.73 | 58.32 |
| | | SUB BASE | M – 02 | 51.58 | 22.84 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

El cuadro muestra valores del ensayo de caras fracturadas, los cuales deben cumplir con tener cierta cantidad de caras fracturadas, 40 y 80 % para base y sub base respectivamente para que ser utilizado.

Figura 4

Requerimiento Mínimo de partículas fracturadas del Base y Sub Base Granular



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

La cantera cumple con las especificaciones técnicas sobre el ensayo de caras fracturada para agregados de base granular. El ensayo de partículas fracturadas nos muestra los porcentajes de partículas fracturas y cantos rodados existentes. Ya que las partículas fracturadas darán mayor resistencia al pavimento que los cantos rodados.

Tabla 13

Resultado de ensayo Partículas chatas y alargadas de Base y Sub Base Granular

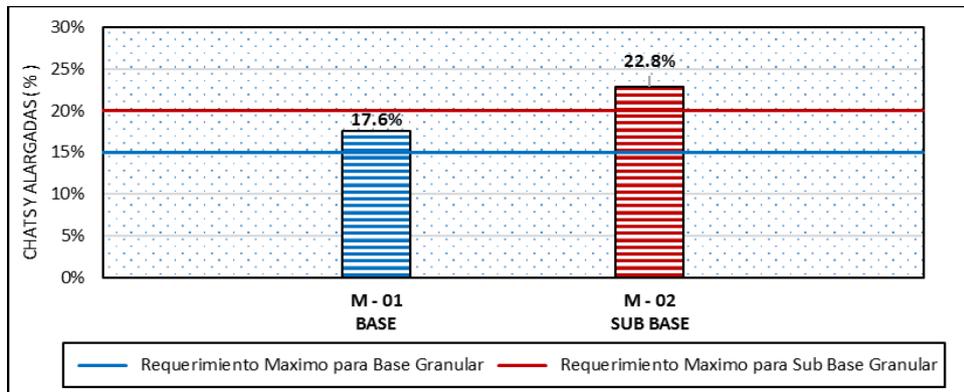
| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | USO | CÓDIGO | CHATAS Y ALARGADAS (%) |
|----------------|-----------------------------|----------|--------|--------------------------|
| Cantera Pachia | 384403.75 E 8021024.58 N | BASE | M - 01 | 17.58 |
| | | SUB BASE | M - 02 | 22.84 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

El siguiente Gráfico nos muestra los datos del ensayo de partículas chatas y alargadas, los cuales tienen un límite mínimo de 15 y 20 % para base y sub base, según lo que manda la norma EG-2013.

Figura 5

Requerimiento Máximo de chatas y alargadas del agregado grueso de Base y Sub Base Granular



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Tabla 14

Resultado de ensayo Partículas chatas y alargadas de Base y Sub Base Granular

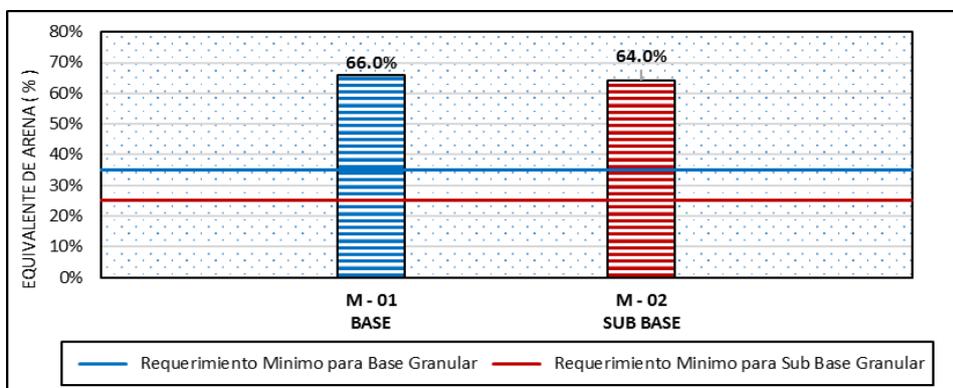
| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | USO | CÓDIGO | EQUIVALENTE DE ARENA (%) |
|----------------|-----------------------------|----------|--------|--------------------------|
| Cantera Pachia | 384403.75 E 8021024.58 N | BASE | M - 01 | 66.04 |
| | | SUB BASE | M - 02 | 64.02 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Ensayos de equivalente de arena es lo que se muestra en la siguiente figura, ya que para base y sub- base es necesario que tengan un porcentaje mínimo de material fino, 35 y 25 % respectivamente según la norma EG-2013.

Figura 6

Requerimiento máximo de equivalente de arena de Base y Sub Base Granular

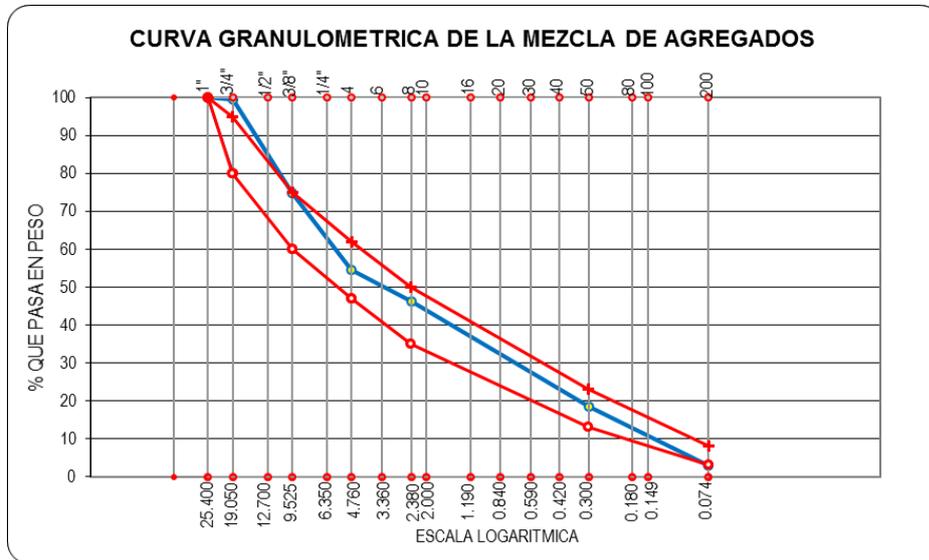


Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Las muestras de la cantera cumplen con el porcentaje requerido que rige la norma EG – 2013 para material de base y sub base granular.

Figura 7

Resultado del ensayo de análisis granulométrico de agregado fino para Asfalto.



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

El resultado de los ensayos de laboratorio de análisis granulométrico con los datos debe cumplir estos según EG-2013 (especificaciones técnicas generales para construcción), Se observa que tenemos muestras que están dentro del rango permitido, sin embargo, la curva granulométrica nos indica que se tiene mayor porcentaje que pasa la malla ¾" el cual se pueden corregir en el proceso de producción de la cantera para agregados de asfalto.

Tabla 15

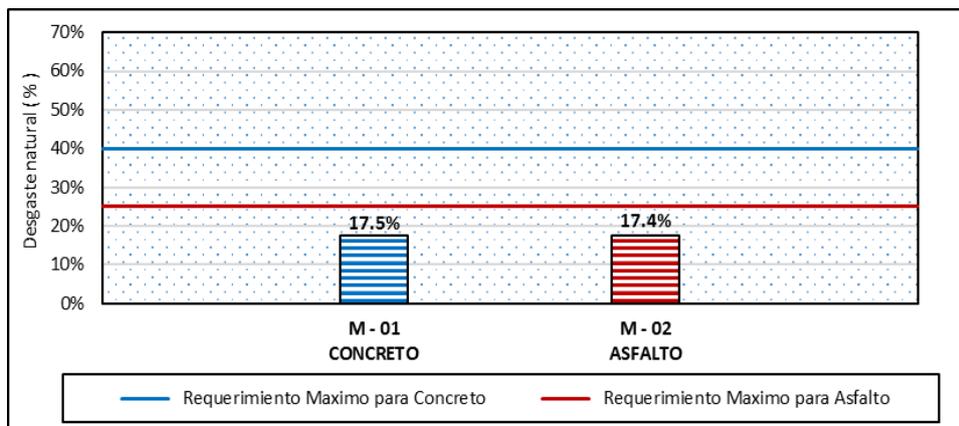
Resultado de ensayo Abrasión los ángeles.

| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19 K | USO | CÓDIGO | DESGASTE (%) |
|----------------------|---------------------------------|----------|--------|--------------|
| Cantera Cerro Blanco | 19 k 376247.00 8011181.00 | CONCRETO | M – 01 | 17.5 |
| | | ASFALTO | M – 02 | 17.4 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

El cuadro muestra el porcentaje de desgaste de las partículas comparándolas con el requerimiento que indica la norma EG-2013 para pavimentación. Para agregados de concreto el porcentaje máximo de desgaste de partículas es de 40 % y para asfalto 25 % como máximo. Las partículas deben cumplir con los requerimientos ya que éste mide la resistencia del desgaste natural.

Figura 8
Requerimiento Máximo del ensayo Abrasión los Ángeles.



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Se observa que el porcentaje de desgaste de las partículas están por debajo del 20 % y está dentro del parámetro que pide la norma EG-2013 para ser utilizado.

Tabla 16
Resultado de ensayo partículas fracturadas.

| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19K | USO | CÓDIGO | DE UNA CARA (%) | DE DOS CARAS (%) |
|-------------------------|--------------------------------|----------|--------|--------------------|---------------------|
| Cantera Cerro Blanco | 376247.00 8011181.00 | CONCRETO | M - 01 | 91.9 | --- |
| | | ASFALTO | M - 02 | 31.7 | 46.5 |

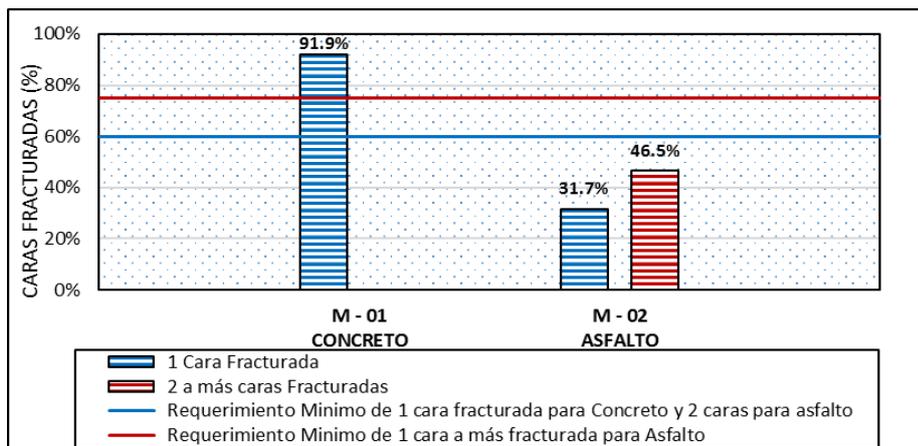
Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

El ensayo de partículas fracturadas nos muestra los porcentajes de partículas fracturas y cantos rodados existentes. Ya que las partículas fracturadas darán mayor resistencia al pavimento que los cantos rodados. El Gráfico muestra valores del ensayo de caras fracturadas, los cuales deben cumplir con tener cierta cantidad de

caras fracturadas, 40 y 80 % para base y sub base respectivamente par ser utilizado. Por lo que debe contemplarse piedra chancada en los Análisis de precios Unitarios asimismo el ejecutor de obra debe cumplir en estricto cumplimiento de las normas técnicas de carreteras EG-2013.

Figura 9

Requerimiento Mínimo de partículas fracturadas del agregado grueso.



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

- La cantera de concreto se encuentra dentro los rangos que especifica para su uso que es como mínimo 60 % de desgaste natural de los agregados gruesos.
- Para agregados de asfalto no cumple según la norma EG-2013. esto nos indica que se recomienda la instalación de una chancadora en el momento de la producción de la cantera para su corrección de los resultados.

Tabla 17

Resultado de ensayo equivalente de arena.

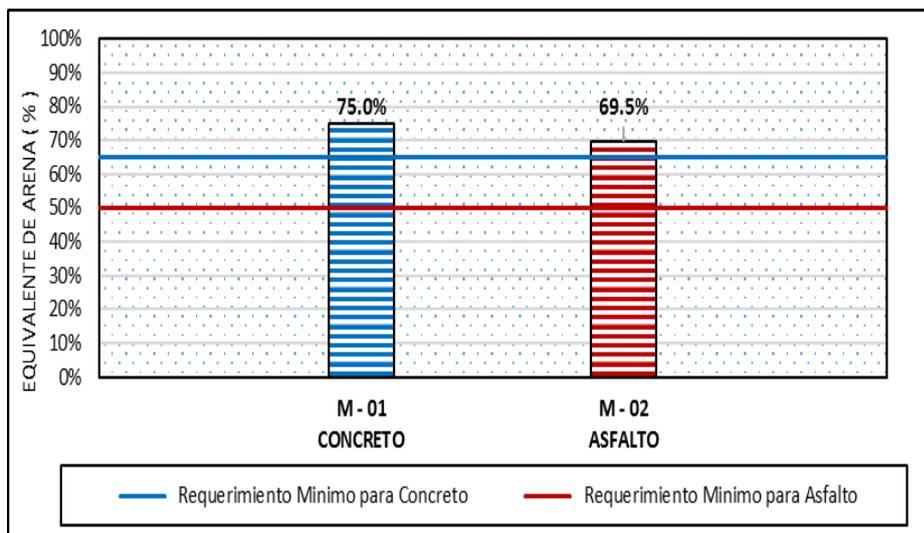
| CANTERA | COORDENADAS UTM ZONA 19K | USO | CÓDIGO | EQUIVALENTE DE ARENA (%) |
|-------------------------|--------------------------------|---------|--------|-----------------------------|
| Cantera Cerro Blanco | 376247.00 | CONCRET | M - 01 | 75.0 |
| | 8011181.00 | ASFALTO | M - 02 | 69.5 |

Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Ensayos de equivalente de arena es lo que se muestra en la siguiente figura, ya que para agregados de concreto y asfalto es necesario que tengan un porcentaje mínimo de material fino, 65 y 50 % respectivamente según la norma EG-2013.

Figura 10

Requerimiento máximo de equivalente de arena.



Nota. Estudio elaborado por el equipo técnico de geotecnia.

Las muestras de la cantera cumplen con el porcentaje requerido que rige la norma EG – 2013 para material de agregados de concreto y asfalto.

Numero de ejes equivalentes

El Estudio de Tráfico, ha permitido determinar los volúmenes de flujo vehicular actuales considerando 02 direcciones en las que opera la vía para la condición “sin proyecto”, denominadas “direcciones originales” (A, B).

Luego esos flujos fueron transformados en flujos vehiculares alrededor de la Vía TA-617, planteada en el diseño geométrico vial y distribuidos en: (i) en base a escenarios probables, cada uno de los cuales está asociado a hipótesis respecto de las condiciones en que operará la nueva infraestructura.

Tasa de crecimiento vehicular liviano: 1.50% (Departamento Tacna)

Tasa de crecimiento vehicular pesado: 2.88% (Departamento Tacna).

El ESAL de diseño puede ser determinado como:

$$\#EE = 365 * (\sum f. IMDa) * Fd * Fc * Fca$$

Numero de Ejes equivalente:

Factor ponderado para carril de diseño: $FdxFc$

(F.d) : Factor direccional

(F.c) : Factor de carril

(Fca) : Factor de crecimiento anual.

La ecuación anterior se interpreta como el daño equivalente ocasionado por los diferentes tipos de vehículos que circularán sobre el pavimento durante el periodo de diseño. Tomando en cuenta que los vehículos livianos tendrán un impacto despreciable en el deterioro futuro del pavimento, la ecuación considera solamente el aporte de los vehículos pesados, promediando sus factores de carga equivalente por eje en lo que se denomina “factor camión”.

Dado que las proyecciones de tráfico pueden considerar diferentes tasas de crecimiento para cada tipo de vehículo en particular, la ecuación anterior no necesariamente es una fórmula de aplicación cerrada.

El procedimiento de cálculo seguido corresponde a una función implícita que toma en cuenta las proyecciones de volumen del Estudio de Tráfico y los factores de carga equivalente por eje (EALF) asociados al número estructural (SN) en el caso de pavimentos flexibles, los cuales a su vez son variables a despejar dentro de las ecuaciones AASHTO (1993).

Figura 11

ÍMD anual de vehículos livianos

| ESTUDIO DE TRAFICO | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|------|-----------|-----------------|----------------|
| Proyecto: "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial de la Red vecinal TA-617 Carretera antigua, tramo PE-040-TA-615 en el Sector Piedra Blanca del distrito de Calana-Provincia de Tacna-Departamento de Tacna" | | | | | | | | | | |
| Carretera | TA-617 - CALANA | | | | | | | | | |
| Tramo | TA-617 - CALANA | | | | | | | | | |
| Cod Estación | E-1 | | | | | | | | | |
| Estación | CALANA | | | | | | | | | |
| | Factor de corrección estacional | Veh. Livianos | | fe: | 1.0853 | | | | | |
| | | Veh. Pesados | | fe: | 1.0693 | | | | | |
| Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos | | | r: | 1.50 % | | | | | | |
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | | | r: | 2.88 % | | | | | | |
| Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años) | | | n: | 3 | | | | | | |
| Dia | VEHICULOS LIVIANOS | | | | | | | Sub Total | Total Veh.x día | PORCENTAJE (%) |
| | AUTOMOVIL | S. Wagon | CAMIONETAS | | | Micro | | | | |
| |  |  |  |  |  |  | | | | |
| IMDs | IDA | 8.1 | 6.0 | 13.7 | 0.0 | 0.3 | 0.4 | TA-617 | | |
| | VUELTA | 13.1 | 9.3 | 17.9 | 0.0 | 3.3 | 0.6 | | | |
| | Total | 21.3 | 15.3 | 31.6 | 0.0 | 3.6 | 1.0 | | | |
| IMDa | IDA | 8.84 | 6.51 | 14.88 | 0.00 | 0.31 | 0.47 | | | |
| | VUELTA | 14.26 | 10.08 | 19.38 | 0.00 | 3.57 | 0.62 | | | |
| | Total | 23.10 | 16.59 | 34.26 | 0.00 | 3.88 | 1.09 | | | |
| IMDa (2021) | Total Vehiculos | 23.00 | 17.00 | 34.00 | 0.00 | 4.00 | 1.00 | | | |

Nota. Elaboración propia

Figura 12

ÍMD anual de vehículos pesados

| ESTUDIO DE TRAFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|----------------|
| Proyecto: "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial de la Red vecinal TA-617 Carretera antigua, tramo PE-040-TA-615 en el Sector Piedra Blanca del distrito de Calana-Provincia de Tacna-Departamento de Tacna" | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carretera | RED VECINAL TA-617 - CALANA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | TA-617 - CALANA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cod Estación | E-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | PIEDRA BLANCA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Factor de corrección estacional | Veh. Livianos | | fe: | 1.0853 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Veh. Pesados | | fe: | 1.0693 | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos | | | r: | 1.50 % | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | | | r: | 2.88 % | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años) | | | n: | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto: "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial de la Red vecinal TA-617 Carretera antigua, tramo PE-040-TA-615 en el Sector Piedra Blanca del distrito de Calana-Provincia de Tacna-Departamento de Tacna" | VEHICULOS PESADOS | | | | | | | | | | | | | | | Sub Total | Total Veh.x día | PORCENTAJE (%) |
| | OMNIBUS | CAMION | | | SEMITRAVULERS | | | | TRAVLERS | | | | | | | | | |
| | 2E | 3E | 4E | 2E | 3E | 4E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | 3E | | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | |
| IMDs | IDA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | TA-617 | |
| | VUELTA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | Total | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 16.7 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| IMDa | IDA | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.53 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | VUELTA | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.61 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | Total | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.14 | 1.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| IMDa (2021) | Total | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

Nota. Elaboración propia

Tabla 18*Cargas por eje para calcular ESAL de diseño para pavimento flexible*

| | | | |
|---|------------------------------|------|---|
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | | | 2.88 % |
| Tiempo de vida útil de pavimento (años) | | | 15 |
| Factor Fca vehiculos pesados | $FC = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$ | Fca | 18.44 |
| Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido | | | 1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido |
| Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc) | | | 0.50 |
| Número de ejes equivalentes (ESAL) | | ESAL | 303 633 |
| #EE = 365 * (∑f.IMDa) * Fd * Fc * Fca | | | |

Nota. En la tabla se muestra la determinación del ESAL de diseño

Diseño estructural de pavimento flexible para TA-617

El diseño del pavimento flexible involucra el análisis de diversos factores: IMD, ESAL, tipo de drenaje, clima, valor CBR, capacidad de transferencia de carga, nivel, de serviciabilidad, confiabilidad (R), Z_R , para el cual se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para producir un comportamiento confiable del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance en nivel de colapso durante su vida de servicio.

Variables de diseño:

- Periodo de diseño = 15 años
- Esal de diseño o ejes equivalentes = 303 633 EE.
- Tipo de trafico = TP2
- CBR de diseño = 33,2%
- Tipo de suelo = S5
- Confiabilidad = R = 75%
- Desviación estándar para pavimento flexible = 0.45

- Probabilidad $Z_R = -0.674$
- Serviciabilidad
 - $S_o = 3,8$
 - $S_f = 2,0$

Propiedad de los materiales

- Módulo resiliente para un CBR de 33,2% = 24 039 psi

Recomendación de Subrasante: No es necesario estabilizar el suelo por que el material es apto para las capas superiores.

Coefficientes estructurales

La componente de pavimento será de: carpeta asfáltica en frio, por lo tanto, el coeficiente estructural $a_1 = 0,125$

La componente de la Base será de: Base granular 80% CBR compactada al 100% de la MDS, Por lo tanto, el coeficiente estructural a_2 será: 0.052

La componente de la Base será de: Sub-Base granular 40% CBR compactada al 100% de la MDS, Por lo tanto, el coeficiente estructural a_3 será: 0.047

Finalmente:

$$a_1 = 0.125$$

$$a_2 = 0.052$$

$$a_3 = 0.047$$

Coefficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje para base será: $m_2 = 1.00$

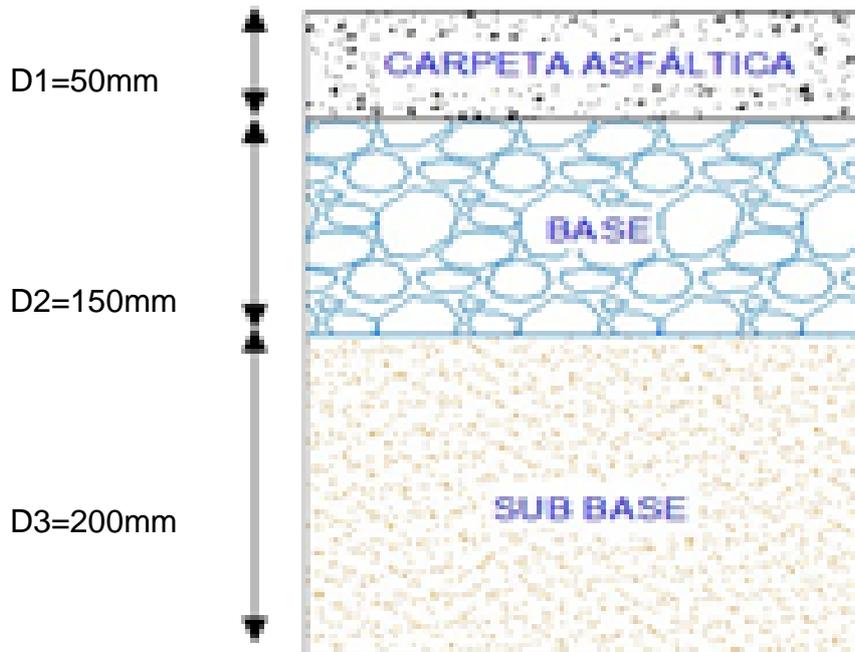
El coeficiente de drenaje para sub-base será: $m_3 = 1.00$

La capa estructural del pavimento flexible será de la siguiente manera en orden creciente por razones de seguridad y por la importancia que tendrá la vía en un futuro:

D1 =5 cm

D2 =15 cm

D3 =20 cm



3.1.3 Dimensionamiento

La vía TA-617 viene a ser la muestra de investigación desde la progresiva Km 0+000 hasta Km 1+988, también denominada como la carretera antigua, ubicada en el distrito de Calana, que comunica a las zonas urbanas de Piedra Blanca con el distrito capital de Calana.

Tabla 19

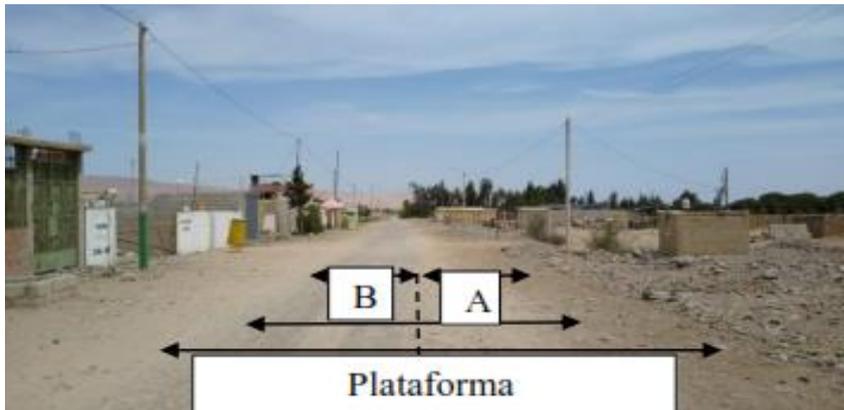
Dimensionamiento de la Vía TA-617

| Vía investigada | Longitud | Ancho promedio | Pendiente promedio(%) | Área | Características |
|--|----------|----------------|-----------------------|-------------------------|---|
| Vía TA-617, tramo: Km 0+000 – Km 1+988 | 1 988 m. | 7.80 m. | 2 - 3. | 15506.40 m ² | Calzada con carpeta asfáltica en frío, con señalización horizontal y vertical |

Nota. Se muestra el dimensionamiento de la vía de estudio

Figura 13

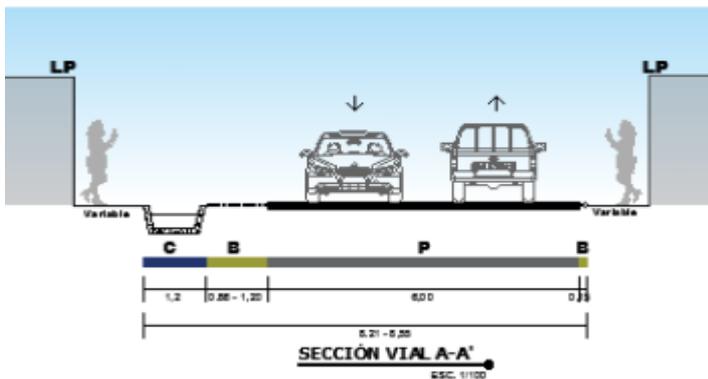
Dimensionamiento vial de la TA-617



Nota. Propia de campo

Figura 14

Sección vial definido por el PDU Calana



Nota. Sección vial proyectado y aprobado por el PDU de Calana

3.1.4 Equipos utilizados

Los equipos y materiales utilizados en el presente estudio fueron:

- Formatos para caracterizar el tráfico.
- Lapicero y hojas para el registro de datos en campo.
- Cámara fotográfica
- Filmadora
- Equipo portátil. Laptop para el procesamiento de los datos
- Herramientas manuales utilizados en la excavación de calicatas, pico, barreta y

lampa.

- EPP para la excavación de calicatas y para los ensayos de laboratorio
- Camioneta para el traslado de muestras de campo.
- Equipos de mecánica de suelos para efectuar los ensayos de granulometría, Proctor y CBR.
- Formatos con resultado de los ensayos de mecánica de suelos.

3.1.5 Conceptos Básicos para el Diseño

Metodología AASHTO 93

La guía AASHTO para el diseño de pavimento flexible, se desarrolló sobre la base de ensayos de carreteras, para obtener el diseño estructural y el rendimiento de las carreteras. Consiste en una serie de ecuaciones y medidas definidas en el AASHTO que fueron establecidos desde 1961, que se ha convertido en el método más utilizado en el mundo debido a la poca complejidad de esta ecuación y la poca información que existe del método, contienen numerosos parámetros que se detallarán consecutivamente de acuerdo al proceso de su ejecución (Serrano, O. y Villanueva, J., 2022).

Parámetros de diseño

Variables de entrada. La guía AASHTO 93 utiliza en el diseño parámetros o variables como periodo de diseño, ESAL de diseño, nivel de confiabilidad, presentaremos un detalle de ellos.

Tabla 20

Periodo de diseño por tipo de carretera

| Tipo de carretera | Periodos (años) | |
|---|-----------------|--------|
| | Análisis | Diseño |
| Urbana con altos volúmenes de tránsito | 30-50 | 15-20 |
| Interurbana con altos volúmenes de tránsito | 20-50 | 15-20 |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15-25 | 5-12 |
| Afirmada con bajos volúmenes de tránsito | 10-20 | 5-8 |

Nota: (AASHTO, 1993)

ESAL de diseño.

Considera el volumen del tráfico, que viene a ser la acumulación de cargas equivalentes en el carril de diseño, este volumen representado numéricamente viene a ser el dato más importante utilizado para el diseño estructural de un pavimento.

La guía AASHTO determina número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en número equivalente de ejes tipo de 80 kN. A estos ejes se le denomina ESAL, que significa Carga de Eje Equivalente Simple.

Nivel de confiabilidad (R).

Es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones ambientales a las que están sujetas.

Tabla 21

Niveles de R

| Clasificación funcional de la vía | Nivel recomendado de confiabilidad (%) | |
|-----------------------------------|--|---------|
| | Urbana | Rural |
| Autopistas | 85-99.9 | 80-99.9 |
| Arterias principales | 80-99 | 75-95 |
| Colectoras | 80-95 | 75-95 |
| Locales | 50-80 | 50-80 |

Nota: (AASHTO, 1993)

Desviación Normal Estándar(ZR).

El Z_R se relaciona directamente con el nivel de confiabilidad.

Tabla 22

Valores de Z_R

| Confiabilidad (R) | Valor de Z_R |
|-------------------|----------------|
| 50 | - 0.000 |
| 60 | - 0.253 |
| 70 | - 0.524 |
| 75 | - 0.674 |
| 80 | - 0.841 |
| 85 | - 1.037 |
| 90 | - 1.282 |
| 91 | - 1.340 |
| 92 | - 1.405 |
| 93 | - 1.476 |
| 94 | - 1.555 |
| 95 | - 1.645 |
| 96 | - 1.751 |
| 97 | - 1.881 |
| 98 | - 2.054 |
| 99 | - 2.327 |
| 99.9 | - 3.090 |
| 99.99 | - 3.750 |

Nota: (AASHTO, 1993)

Desviación estándar del sistema (So)

Índices experimentales obtenidos por la guía AASHTO respecto a los diferentes materiales y etapas constructivas del pavimento, viene un valor de variabilidad esperada de la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento.

Tabla 23

Valores de la desviación estándar (So)

| Condición | Pavimento rígido | Pavimento flexible |
|-----------------------|------------------|--------------------|
| En construcción nueva | 0.35 | 0.40 |
| En sobrecapas | 0.45 | 0.50 |

Nota: (AASHTO, 1993)

Nivel de serviciabilidad (Δ PSI)

La diferencia de la serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado.

Los índices de serviciabilidad inicial (p_o) y final (p_t), deben ser determinados para el cálculo de la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), y califican en un rango de 0 a 5.

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t$$

El valor determinado por la guía AASHTO para el pavimento flexible es 4.2.

Materiales para el diseño de pavimento flexible

En la guía AASHTO 93, las capas del pavimento flexible se determinan por su módulo resiliente y para la carpeta asfáltica a través del módulo elástico.

Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr).

Para un correcto diseño se debe conocer el valor del CBR y se puede utilizar la siguiente relación: $MR(\text{psi}) = 2555(\text{CBR})^{0,64}$

También existen fórmulas opcionales:

Para $\text{CBR} < 10\%$ $Mr = 1500 \times \text{CBR} \text{ (psi)}$

Para $10\% < \text{CBR} < 20\%$ $Mr = 3000 \times \text{CBR}^{0.65} \text{ (psi)}$

Para $\text{CBR} > 20\%$ $Mr = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241 \text{ (psi)}$

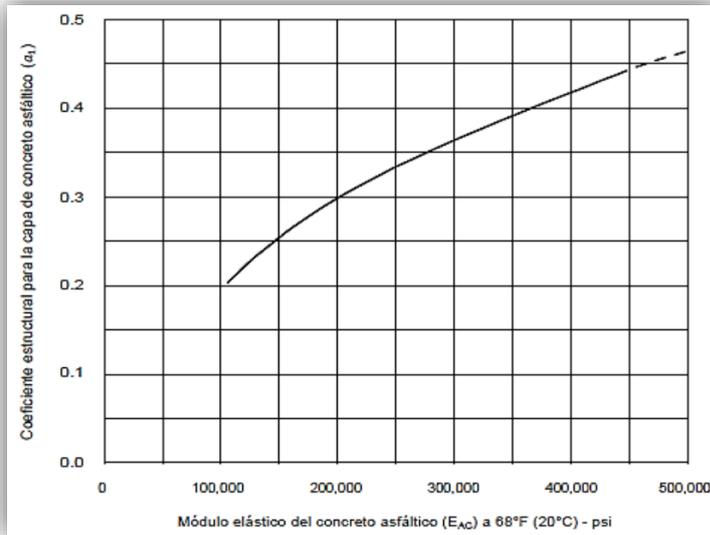
Coefficientes estructurales de los materiales.

Los coeficientes de capa (a_i) se obtienen a través de ábacos que proporciona la guía AASHTO 93, por lo que usamos el valor CBR.

Concreto asfáltico.

Se puede calcular usando el modulo elástico dinámico (E_{ca}) = 450,000 psi.

Figura 15
Calculo del coeficiente a_1

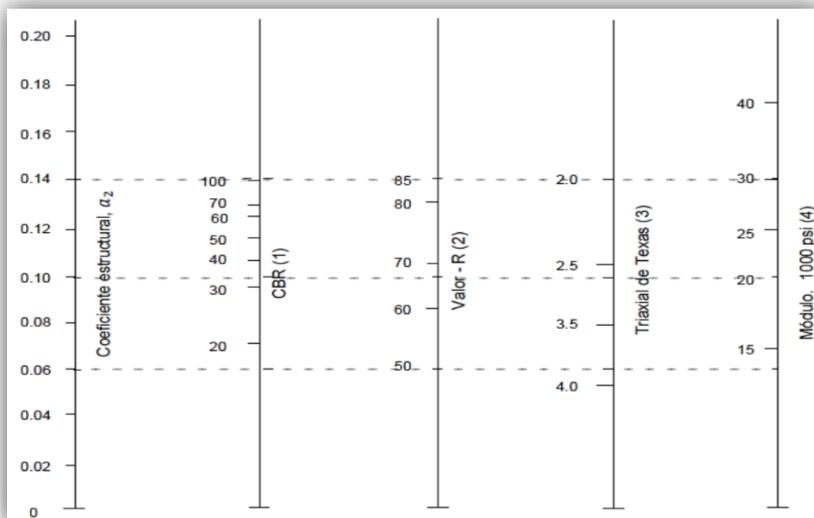


Nota: (AASHTO, 1993)

Base granulares.

Con el valor de CBR, Valor R, se puede calcular el valor (a_2) para la base granular.

Figura 16
calculo del coeficiente a_2

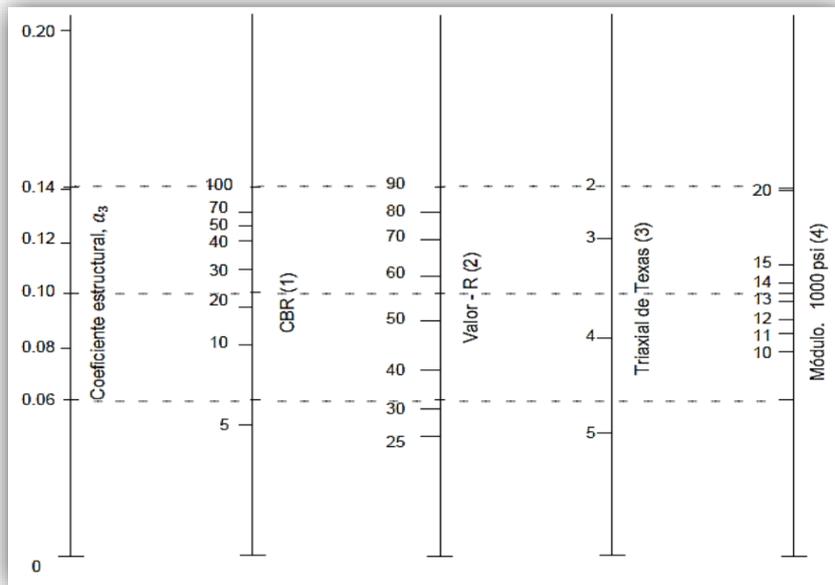


Nota: (AASHTO, 1993)

Subbase granular.

Con el valor de CBR, se calcular a_3 .

Figura 17
Calculo del coeficiente a_3



Nota: (AASHTO, 1993)

Coeficiente de drenaje(mi).

La guía AASHTO determina los coeficientes de drenaje, en función de la calidad del drenaje presente.

El valor que considera el coeficiente depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje, que se calcula de acuerdo al tiempo que tarda el agua en drenar del pavimento y el % de tiempo durante se encuentra expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. (Lozano, 2015)

Tabla 24

Calidad de drenaje

| Calidad | Tiempo que tarda el agua en ser drenada |
|-----------|---|
| Excelente | 2 h |
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 semana |
| Malo | 1 mes |
| Muy malo | El agua no drena |

Nota: Tomado de la guía (AASHTO, 1993)

Tabla 25*Valores sugeridos para el drenaje m_i*

| Calidad del drenaje | Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad, próximos a la saturación | | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | Menos del 1% | 1% a 5% | 5% a 25% | Más del 25% |
| Excelente | 1.40 – 1.35 | 1.35 – 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Buena | 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 |
| Mala | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy mala | 1.05 - 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Nota: (AASHTO, 1993)

Determinación de espesores.

Numero estructural SN, valor fundamental para determinar los espesores finales de todas las capas que conforman la estructura de pavimento. (García, 2015)

La guía AASHTO 93, utiliza esta ecuación para determinar el SN.

$$\log(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

W_{18} : Esal de diseño.

Z_R : Desviación normal standard.

S_o : Desviación standard total del sistema

APSI: Diferencia de serviciabilidad

Mr : Módulo resiliente de la subrasante

SN: Numero estructural.

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

Donde los coeficientes de capa:

a_1 = Valor de la capa asfáltica

a_2 = Valor de la base granular

a_3 = Valor de la subbase granular

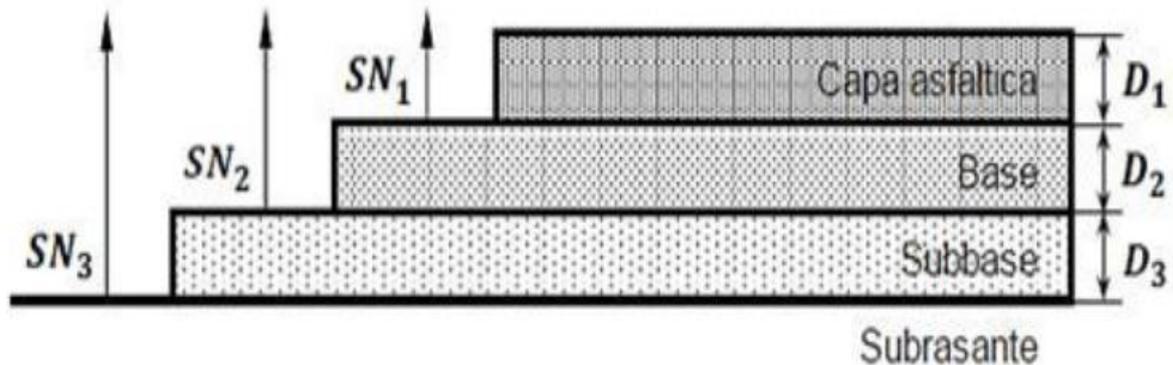
Donde m_2 , m_3 son los coeficientes de drenaje

D_1 = Espesor carpeta asfáltica

D_2 = Espesor base granular

D_3 = Espesor subbase granular

Figura 18
Estructura del pavimento flexible.



Nota: (Lozano, 2015)

Transitabilidad

Para el diseño geométrico y para el diseño de la estructura del pavimento flexible la variable importante viene a ser la transitabilidad que se genera en un determinado tiempo en una zona de estudio considerando la demanda vehicular obtenidos en un aforo, también se puede medir con la percepción de los usuarios generados en un determinado tiempo (Gonzales, O. y Manay, D., 2020)

Transitabilidad vehicular, generado por números y tipo de vehículo presente o vehículos que circulan por las calles y carreteras en un tiempo determinado de diseño.

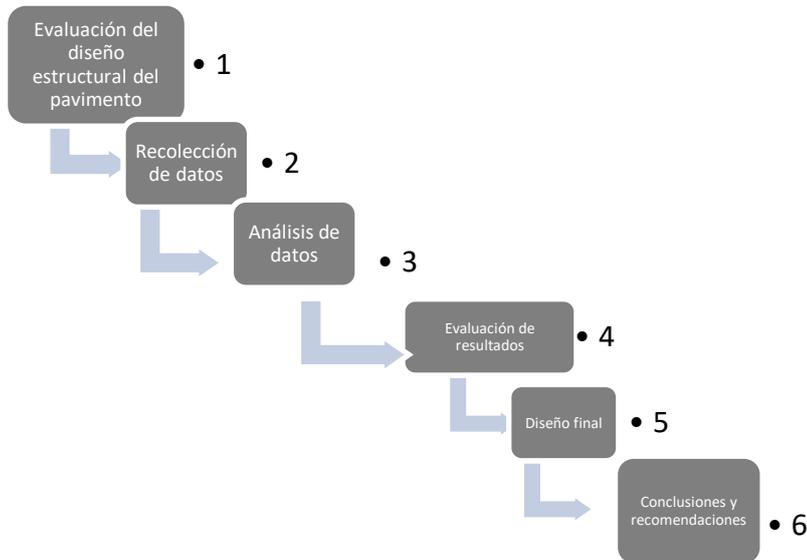
Transitabilidad peatonal, generado por la cantidad de personas usuarios que transitan desde un punto a otro en un determinado tiempo, es posible que sea mayor al tránsito de vehículos (Gonzales, O. y Manay, D., 2020).

3.1.6 Estructura

Para la evaluación del diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 – Km 1+988, distrito de Calana, región Tacna, 2022, considera los puntos detallados en la estructura de trabajo, por ser la metodología a seguir en proyectos de investigación aplicada.

Figura 19

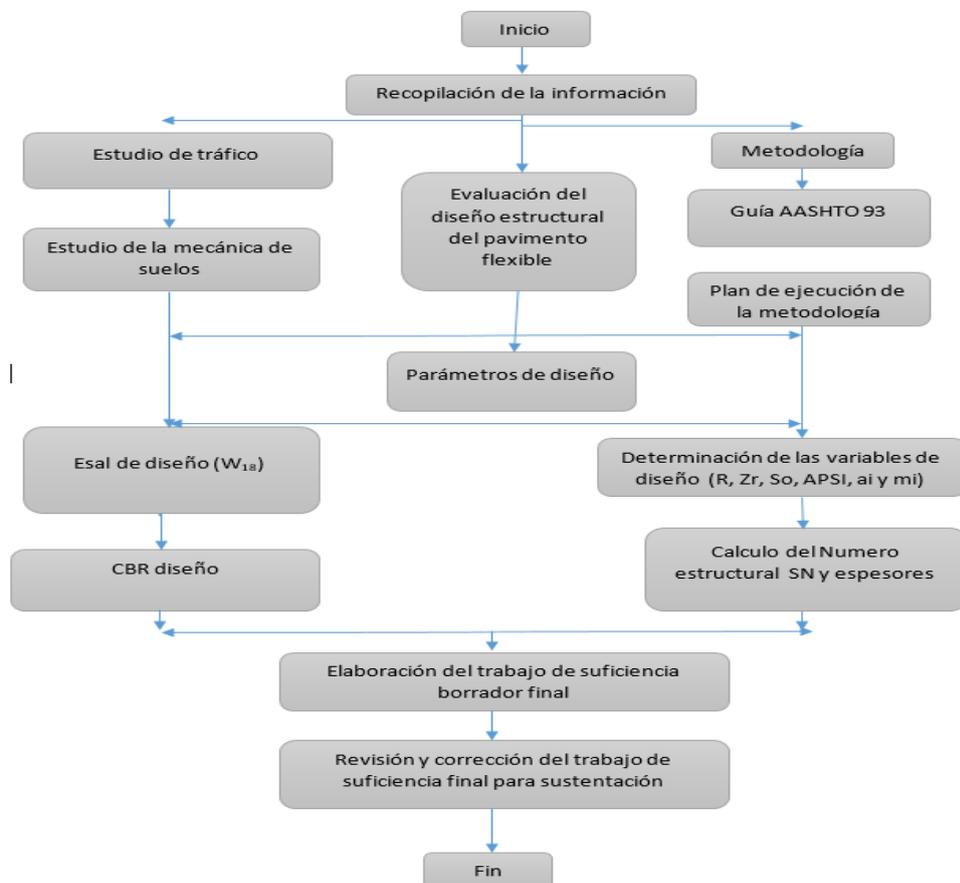
Estructura de la metodología del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Pasos de la metodología de trabajo de suficiencia profesional. (Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M., 2014)

Figura 20

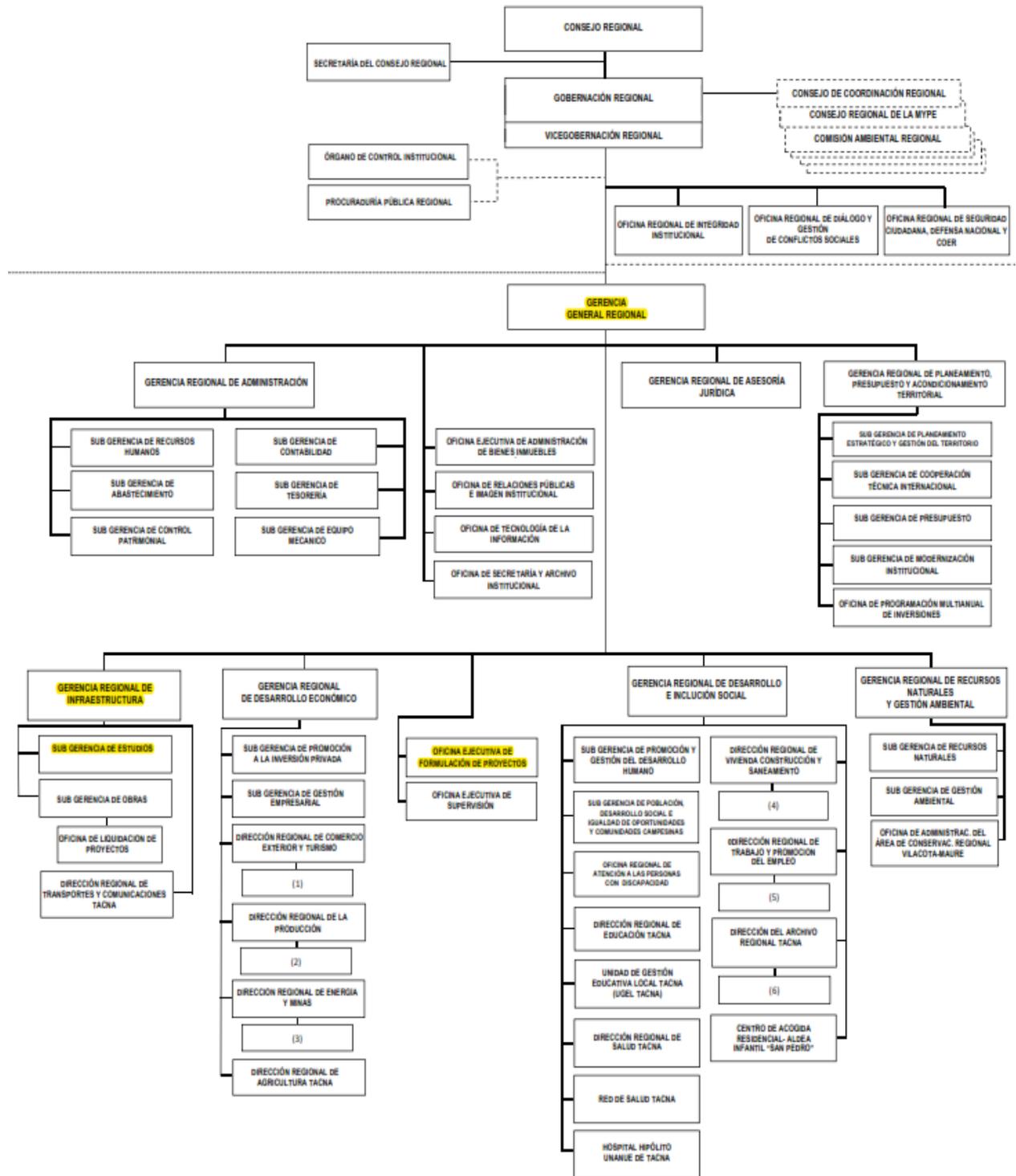
Estructura del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Se muestra la estructura del diseño para el trabajo de suficiencia profesional.

Figura 21

Estructura organizacional del Gobierno Regional de Tacna



Nota. Se muestra el organigrama conformado por los diferentes niveles de responsabilidad y jerarquía institucional (GRT, 2021).

3.1.7 Elementos y funciones

La investigación

El investigador

Profesional responsable del desarrollo del trabajo de suficiencia profesional, es quien debe sustentar los resultados y dar las recomendaciones.

Técnico capacitado

Persona con conocimientos de evaluación del estudio de suelos (CBR) y estudio de demanda vehicular y Esal de diseño (W_{18}), para el diseño de pavimentos.

Ayudante

Persona que apoya a realizar el trabajo de campo, para obtener los datos.

Elementos y funciones de la formulación de proyectos

Gerente regional:

Persona que ejecuta función administrativa en la toma de decisiones y políticas de gestión en la formulación de proyectos de inversión pública.

Sugerente de formulación de proyectos y estudios:

Persona que ejecuta función administrativa directa en la elaboración de los proyectos de inversión en función de las políticas de gobierno.

Especialista:

Persona que desempeña labores de ejecución en la formulación y elaboración de expedientes técnicos, desde profesional I hasta profesional IV.

Apoyo:

Trabajo secundario de apoyo complementario, pertenecen al grupo ocupacional, desde Auxiliar I, II, chofer, técnico I hasta técnico III.

3.1.8 Planificación del proyecto

Tabla 26

Planificación del trabajo de suficiencia profesional

| ACTIVIDADES | MES 1 | | | | MES 2 | | | |
|--|-------|----|----|----|-------|----|----|----|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| Revisión bibliografica | X | X | | | | | | |
| Precisión y mejoramiento del problema | X | X | | | | | | |
| Revisión y aprobación | | X | | | | | | |
| Desarrollo de informe, primera parte - Datos | | X | | | | | | |
| Desarrollo del informe y su aplicación | | X | | | | | | |
| Redacción del borrador final | | | X | X | | | | |
| Aprobación del borrador | | | | | X | X | X | |
| Preparación de materiales para sustentación | | | | | X | X | X | |
| Sustentación de tesis final | | | | | | | | X |

Nota. En la tabla se muestra la planificación por actividades para el desarrollo del trabajo de suficiencia de profesional

3.1.9 Servicios y Aplicaciones

En esta parte del trabajo de suficiencia profesional se presentan los resultados determinados en la evaluación del diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA-617 desde el km 0+000 al km 1+988, distrito de Calana.

Considerando el objetivo general del trabajo de suficiencia, se calculó los espesores de la estructura del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad de la vía TA-617, como resultado, la capa estructural del pavimento flexible será de la siguiente manera en orden creciente por razones de seguridad y por la importancia que tendrá la vía en un futuro.

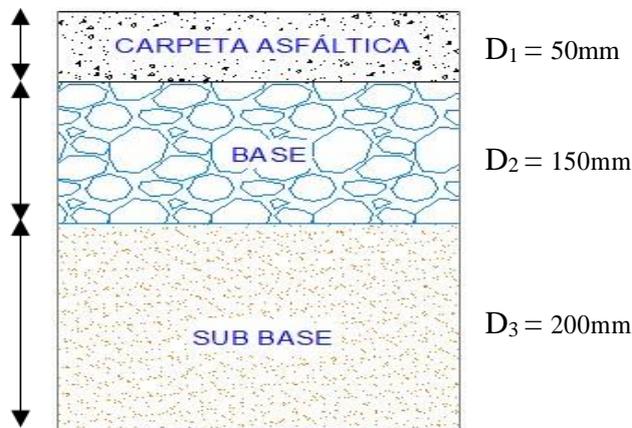
Carpeta asfáltica, $D_1 = 5$ cm

Base granular, $D_2 = 15$ cm

Subbase granular, $D_3 = 20$ cm

Figura 22

Espesor determinado utilizando guía AASHTO 93



Nota. En la figura se muestran el diseño estructural del trabajo de suficiencia.

Respecto al primer objetivo específico, se analizó mediante el estudio de la mecánica de suelos para el diseño estructural del pavimento flexible con el objetivo de mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA.617.

Los valores de CBR obtenidos permiten calificar de acuerdo a la tabla 4.4 categoría de la Subrasante S4, y S5 calidad de la subrasante excelente.

Tabla 27

Evaluación mediante el estudio de la mecánica de suelos

| Ubicación Calicatas | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | Movimiento de tierras % | Densidad Proctor (g/cm ³) | Humedad optima (%) | CBR 95% |
|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| C-01 | SM GP GM | A-1-b A-1-a | Arena limosa con grava | 2.05 | 7.41 | 33.20 |
| C-02 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.16 | 6.14 | 42.80 |
| C-03 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.10 | 6.43 | 45.80 |
| C-04 | GM | A-1-a | Grava limosa con arena | 2.13 | 7.62 | 41.30 |
| C-05 | GW | A-1-a | Grava bien graduada | 2.07 | 6.18 | 47.60 |
| C-06 | GP GM | A-1-a | Grava mal Graduada con limo | 2.10 | 5.32 | 34.30 |

Nota. En la tabla se muestra resultados CBR

Con base en los resultados indicados, es necesario para el trabajo de suficiencia definir los valores representativos para el diseño de los pavimentos considerando que se tiene este tipo de estructura en sentido longitudinal (Vía vecinal TA-617).

Un criterio muy difundido para determinar el valor del CBR de diseño, es el propuesto

por el Asphalt Institute (1981), el cual recomienda tomar un valor total, tal que el 60, 75 u 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él de acuerdo con el tránsito que se espera sobre el pavimento. Es así que para un ESAL > 1×10^6 , el percentil de diseño es 87.5%. Para este percentil, el valor del CBR de diseño en las vías indicadas en el párrafo precedente es 33,20% en el sentido longitudinal.

Tabla 28

CBR de la subrasante

| Eje | Sector Piedra Blanca | CBR (%) | MR (psi) |
|-----|----------------------|---------|-----------|
| O-E | TA-617 | 33.20% | 24,039.00 |

Nota. Se muestra el CBR de diseño

El Estudio de Canteras ha permitido determinar la aptitud de las canteras, para la producción de los materiales granulares a emplear en la producción de: mezcla asfáltica en frío, concreto hidráulico, base granular, sub base granular y material de relleno. El material para base granular y subbase granular presenta tamaño heterogéneo que cumplen y están dentro de la gradación de análisis granulométrico, el análisis del CBR al 95% MDS resultan 53,50% y 43,10 y al 100% MDS resultan 90,94% y 73,58%, los cuales cumplen según los requerimientos EG-2013, lo que significa que tiene buena capacidad de carga. Por otro lado, del ensayo de caras fracturadas para base y subbase se obtiene 86,73% y 51,58%, cumple con las especificaciones técnicas lo que dará mayor resistencia al pavimento que los cantos rodados y del ensayo de partículas chatas y alargadas se obtiene para base 17,58% y para subbase 22,84%, cumple con la norma. Los cuales tienen un límite mínimo de 15% y 20%. Finalmente podemos indicar que el estudio de la mecánica de suelos influirá positivamente en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA-617.

Respecto al segundo objetivo se cuantificó las características del Esal de diseño (W18) para el diseño estructural del pavimento flexible y así mejorar la transitabilidad

vehicular. La composición del tráfico es de un total de 636 vehículos en las dos (2) direcciones, de los cuales el 89.3% corresponde a vehículos livianos y 19.97% a vehículos pesados. El tránsito semanal más representativos en los vehículos livianos es camioneta PICK UP en un 43.42%, seguido de AUTOS en 29.27%. El tránsito semanal más representativo en los vehículos pesados es el Camión 2E con 93.13% y Camión de 3E con 7.87%.

En base a los resultados del aforo semanal, se puede concluir con respecto a la composición del tráfico, a su direccionalidad, como a sus variaciones diarias. En el que los volúmenes de tráfico según el estudio de tráfico son menores a 75,000 EE, por lo que para el diseño consideramos el mínimo de EE de 300,000 tomando los criterios del manual de carreteras del MTC, suelos Geología, Geotecnia y pavimentos, toda vez que en el horizonte del proyecto la vía asfaltada permitirá como un medio de transporte para extender el crecimiento de la ciudad ordenada y adecuada y sobre todo para una movilidad urbana en crecimiento poblacional.

Tabla 29

Numero de ejes equivalentes

| | | | |
|---|------------------------------|------|---|
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | | | 2.88 % |
| Periodo de diseño (años) | | | 15 |
| Factor de crecimiento | $FC = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$ | Fca | 18.44 |
| Geometría de la vía | | | 1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido |
| Factor direccional (Fd*Fc) | | | 0.50 |
| Número de ejes equivalentes (ESAL) | | ESAL | 303 633 |
| #EE = 365 * (∑f.IMDa) * Fd * Fc * Fca | | | |

Nota. Se puede ver los ejes equivalentes para el diseño estructural

Tabla 30*Esal para pavimento flexible vía TA-617*

| Eje | Sector | TF 2036 Pesados | ESAL Pavimento Flexible |
|--------|---------------|-----------------------|-------------------------------|
| TA-617 | Piedra Blanca | 636 | 303.633E+03 |

Nota. Se muestra el transito futuro de vehículos pesados y el ESAL de diseño

Respecto al tercer objetivo específico, se calculó los espesores de la estructura, carpeta asfáltica, base granular y subbase granular del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA-617.

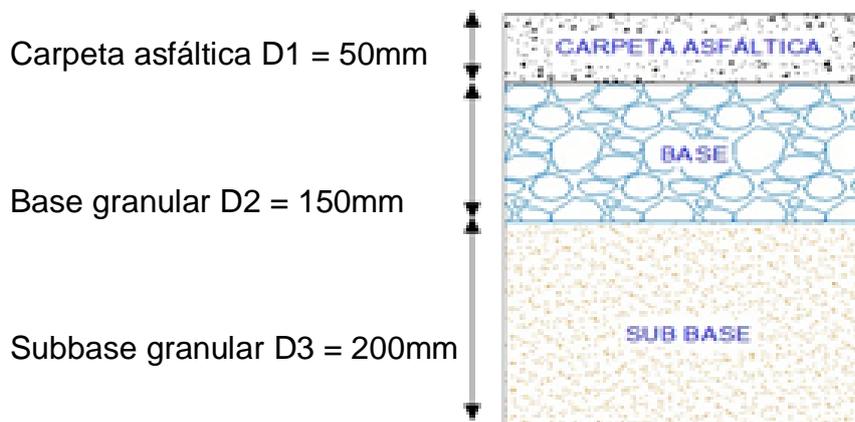
Con base en la metodología de diseño AASHTO (1993), se diseñan los espesores de pavimentos, y habiéndose realizado los cálculos correspondientes, los mismos que se encuentran detallados en el diseño estructural de pavimento flexible, como variables importantes, el CBR de diseño, Esal de diseño, propiedad de los materiales, coeficientes estructurales y coeficientes de drenaje.

En el caso del pavimento flexible se ha verificado que el número estructural del paquete propuesto (SN) supere al número estructural requerido (SNreq) para las condiciones de suelo, drenaje y tráfico.

Cumple SNR (5,48) > SN (1,62)

La capa estructural del pavimento flexible será de la siguiente manera en orden creciente por razones de seguridad y por la importancia que tendrá la vía en un futuro:

Diseño final: D1 =5 cm D2 =15 cm D3 =20 cm



CAPITULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de Investigación

Tipo de investigación

Aplicada con enfoque cuantitativo, cuya finalidad es lograr un nuevo conocimiento, referente al diseño estructural del pavimento flexible utilizando la guía AASHTO 93, para así mejorar la transitabilidad vehicular. (Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M., 2014)

Diseño de la investigación

No experimental, ya que no provoca situaciones intencionalmente para la investigación, pero si se observa situaciones existentes en su ambiente natural, tipos de suelos y flujos vehiculares presentes, para luego evaluarlos. (Lerma, 2009)

4.2 Método de Investigación

En el presente trabajo se aplicó el método inductivo. Se aplicó el razonamiento, se observa las cualidades comunes en un grupo de realidades y obtener propuestas válidas (Pérez-León, 2022).

4.3 Población y Muestra

Población

El trabajo de suficiencia considera para la población a todas las vías presentes del

distrito de Calana, donde se beneficiarían 3 300 habitantes.

Muestra

La muestra se extrajo de toda la habilitación del sector de Piedra Blanca, considerando para la muestra la calle sin pavimentar.

4.4 Lugar de Estudio

Carretera antigua, denominación TA-617, tramo Empalme PE-40 hasta TA-615.

4.5 Técnica e Instrumentos para la recolección de la información

Técnicas

Investigación documental

Conteo de tráfico manual, mediante la observación

Excavación de calicatas

Análisis de suelos CBR en laboratorio

Diseño de espesores de la estructura del pavimento

Instrumentos

Como instrumentos informáticos utilizados en el trabajo de suficiencia es la hoja electrónica Excel, Word y programas de análisis AASHTO para pavimentos flexibles.

Ensayos de laboratorio CBR

Formato de observación para el aforo vehicular

Manuales de diseño AASHTO 93

ESAL de diseño de acuerdo a MTC

4.6 Análisis y Procesamiento de datos

Análisis de mecánica de suelos en laboratorio, referidos al contenido de humedad, contenido de sales y sulfatos, límites de consistencia, índice de plasticidad, análisis granulométrico, clasificación de suelos SUCS y AASHTO, Proctor modificado y

finalmente el CBR, valor utilizado en el diseño de pavimento flexible, basado en los criterios de la guía AASHTO 93.

Aforo vehicular para determinar el IMD valor Índice Medio Diario, valor utilizado en el cálculo del ESAL de diseño más parámetros de diseño que ayudaran a determinar los espesores de la estructura del pavimento flexible para la vía TA-617.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Se concluye que el cálculo del diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA-617, Km 0+000 – Km 1+988 en el distrito de Calana, Región Tacna, determinó que los espesores en la base y subbase presentan mejor distribución usando la metodología AASHTO 93.
2. Se concluye como el estudio de la mecánica de suelos influye en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, determinándose la capacidad de soporte de subrasante CBR de diseño igual a 33,2%, límites de consistencia, granulometría, densidad, Proctor, que ayudaron a determinar el SN y los espesores.
3. Se concluye como las características del factor W_{18} o el Esal de diseño influye en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transtibilidad vehicular determinándose un valor de 303 633.00 ejes equivalentes para el cálculo del SN-número estructural.
4. Se concluye como el diseño óptimo de los espesores del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el método AASHTO 93, se calculó para la carpeta asfáltica 5 cm., para la base granular 15 cm. y para la subbase granular 20 cm, quedando una estructura del pavimento flexible de 40 cm.

5.2 Recomendaciones

1. Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana, que, en los proyectos de infraestructura vial de tráfico pesado, utilicen

para el cálculo del diseño estructural del pavimento flexible el método AASHTO 93, porque utiliza mayores parámetros y condiciones para el diseño.

2. Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana, que, para el cálculo del SN y diseño de espesores en vías de zona urbana se considere un estudio de la mecánica de suelos para conocer la capacidad de soporte de la subrasante, calculando el CBR de diseño.
3. Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana que para determinar el Esal de Diseño, efectuar los aforos vehiculares durante los 7 días de la semana en las 24 horas, ayudara a calcular el SN para el diseño de espesores del pavimento flexible.
4. Recomiendo que para las futuras investigaciones se utilice la metodología AASHTO 93 en el diseño óptimo de espesores para carreteras en zonas urbanas y rurales.

CAPÍTULO VI

GLOSARIO DE TÉRMINOS y REFERENCIAS

6.1 Glosario de términos (MTC, 2018)

Bacheo: Consiste en rellenar y compactar los huecos presentes en la superficie.

Base granular: Parte de la estructura del pavimento, colocado entre la subbase y la carpeta asfáltica, uso de material seleccionado.

Calicata: Excavación para realizar el estudio de suelos.

Carretera: Sirve para la circulación de vehículos y peatones.

Carril: Zona de la calzada usada para que pueda circular el vehículo.

CBR: Capacidad de soporte del suelo.

Cemento asfáltico: Tipo de asfalto que se utiliza en la preparación de carpeta asfáltica en caliente.

Compactación: Proceso mecánico para reducir el volumen total de vacíos en el suelo.

Imprimación asfáltica: Colocación de un tipo de asfalto de baja viscosidad sobre la base granular.

Inventario vial: Viene a ser un registro actualizado y ordenado de una vía, todas las características físicas y el estado funcional.

Mantenimiento vial: Actividades que se desarrollan para preservar y prolongar la

vida útil de los pavimentos, el cual puede ser mantenimiento rutinario o periódico.

Muestreo: Tomar muestras para la evaluación en laboratorio, ya sea suelos, mezclas asfálticas y otros.

Recapeo asfáltico: Colocar una nueva capa sobre la existente a nivel de la capa de rodadura del pavimento.

Reconstrucción: Renovación total de un proyecto de infraestructura vial.

Rehabilitación: Actividad necesaria sobre el pavimento asfáltico para prolongar su vida útil en un nuevo periodo de servicio.

Sello asfáltico: Actividad que consiste en aplicar asfalto sobre la capa de rodadura del pavimento.

Serviciabilidad: Flujo de tráfico adecuado en un tiempo determinado.

6.2 Libros

AASHTO. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structure*, American Association of State and Highway Transportation Officials. Estados Unidos: Guide for design of pavement structure.

American Psychological Association. (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association*. Washington D.C.: APA.

García, A. (2015). *Diseño de pavimento asfáltico por el metodo AASHTO 93 empleando elsoftware DISAASHTO 93*. Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. programa de especialización en ingeniería pavimentos.

Gonzales, O. y Manay, D. (2020). *Diseño de pavimento flexible aplicando AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad en el centro poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad San Martin de Porres.

GRT. (2021). *Estructura Organizacional*. Tacna: Gobierno Regional de Tacna.

- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta edición*. México: McGRAW-HILL-Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la Investigación. Propuesta, anetproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones.
doi:<https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/>
- Lozano, D. (2015). *Diseño óptimola estructura del pavimento flexible en la H.U.P Villa Victoria del istrito de Nuevo Chimbote, mediante el método del Instituto del Asfalto y AASHTO*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa - Chimbote.
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: Resolución Directoral N° 02-2018-MTC/14.
- Pérez-León, G. (2022). *Metodología de la investigación*. Universidad Santa María - USM.
- Project Manager Institute. (2013). *Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide. (5th Ed.)*. South West, USA.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Serrano, O. y Villanueva, J. (2022). *Diseño de pavimento asfáltico para mejorar la transitabilidad vehicular de la avenida Juan Velasco Alvarado, distrito de Pillco Marca, Huánuco, 2022*. Huanuco: Universidad Privada de Tacna.

CAPÍTULO VII

ÍNDICES

7.1 Índices de Figuras

| | Página |
|---|--------|
| Figura 01: Resultado del ensayo de analisis granulometrico BG | 14 |
| Figura 02: Resultado del ensayo de analisis granulometrico SBG..... | 15 |
| Figura 03: Requerimiento minimo CBR BG y SBG | 16 |
| Figura 04: requerimiento minimo de particulas fracturadas BG y SBG..... | 17 |
| Figura 05: Requerimiento máximo de particulas chats y alargadas..... | 18 |
| Figura 06: Requerimiento maximo de equivalente de arena BG y SBG..... | 18 |
| Figura 07: Resultado de ensayo de analisis granulometrico..... | 19 |
| Figura 08: Requerimiento máximo del ensayo Abrasion los Angeles..... | 20 |
| Figura 09: Requerimiento minimo particulas fracturadas agregado grueso..... | 21 |
| Figura 10: Requerimiento máximo de equivalente de arena..... | 22 |
| Figura 11: Índice medio diario anaula vehiculos livianos..... | 24 |
| Figura 12: Índice medio diario anual vehiculos pesados..... | 24 |
| Figura 13: Dimensionamiento vial de la TA.617..... | 28 |
| Figura 14: Sección vial definido por el PDU Calana..... | 28 |
| Figura 15: Calculo del coeficiente a1 | 32 |
| | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 16: Calculo del coeficiente a2..... | 32 |
| Figura 17: Calculo del coeficiente a3..... | 33 |
| Figura 18: Estructura del pavimento flexible..... | 35 |
| Figura 19: Estructura de la metodología del trabajo de suficiencia | 36 |
| Figura 20: Estructura del trabajo de suficiencia profesional..... | 36 |
| Figura 21: Estructura organizacional del Gobierno Regional de Tacna..... | 37 |
| Figura 22: Diapositiva N°01 del Trabajo de Suficiencia Profesional..... | 57 |
| Figura 23: Diapositiva N°02 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 57 |
| Figura 24: Diapositiva N°03 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 58 |
| Figura 25: Diapositiva N°04 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 58 |
| Figura 26: Diapositiva N°05 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 59 |
| Figura 27: Diapositiva N°06 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 59 |
| Figura 28: Diapositiva N°07 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 60 |
| Figura 29: Diapositiva N°08 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 60 |
| Figura 30: Diapositiva N°09 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 61 |
| Figura 31: Diapositiva N°10 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 61 |
| Figura 32: Diapositiva N°11 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 62 |
| Figura 33: Diapositiva N°12 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 62 |
| Figura 34: Diapositiva N°13 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 63 |
| Figura 35: Diapositiva N°14 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 63 |
| Figura 36: Diapositiva N°15 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 64 |
| Figura 37: Diapositiva N°16 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 64 |
| Figura 38: Diapositiva N°17 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 65 |
| Figura 39: Diapositiva N°18 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 65 |
| Figura 40: Diapositiva N°19 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 41: Diapositiva N°20 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 66 |
| Figura 42: Diapositiva N°21 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 67 |
| Figura 43: Diapositiva N°22 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 67 |
| Figura 44: Diapositiva N°23 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 68 |
| Figura 45: Diapositiva N°24 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 68 |
| Figura 46: Diapositiva N°25 del Trabajo de Suficiencia Profesional | 69 |

7.2 Índice de Tablas

| | Página |
|---|--------|
| Tabla 1: Accesos principales..... | 09 |
| Tabla 2: Situación actual de las vías..... | 09 |
| Tabla 3: Normatividad para el diseño de pavimentos..... | 10 |
| Tabla 4: Parámetros de diseño guía AASHTO 93..... | 10 |
| Tabla 5: Calificación de la transitabilidad..... | 10 |
| Tabla 6: Capacidad de soporte de subrasante..... | 11 |
| Tabla 7: Características físicas de la subrasante..... | 11 |
| Tabla 8: Clasificación y CBR de la subrasante..... | 12 |
| Tabla 9: Resultado del análisis granulometrico BG..... | 13 |
| Tabla 10: Resultado del ensayo granulometrico BG..... | 14 |
| Tabla 11: Resultado del ensayo granulometrico CBR BG y SBG..... | 15 |
| Tabla 12: Resultado de ensayo particulas fracturadas..... | 16 |
| Tabla 13: Resultado de ensayo particulas chatas y alargadas..... | 17 |
| Tabla 14: Resultado de ensayo particulas chatas y alargadas BG y SBG..... | 18 |
| Tabla 15: Resultado de ensayo Abrasión los Angeles..... | 19 |
| Tabla 16: Resultado de ensayo particulas fracturadas..... | 20 |

| | |
|--|----|
| Tabla 17: Resultado de ensayo equivalente de arena..... | 21 |
| Tabla 18: Relación de cargas por eje para determinar EE..... | 25 |
| Tabla 19: Dimensionamiento de la Vía TA-617..... | 27 |
| Tabla 20: Periodo de diseño por tipo de carretera..... | 29 |
| Tabla 21: Niveles de R..... | 30 |
| Tabla 22: Valores de Z_R | 30 |
| Tabla 23: Valores de la desviación estandar..... | 31 |
| Tabla 24: Calidad de drenaje..... | 33 |
| Tabla 25: Valores sugeridos para el drenaje..... | 34 |
| Tabla 26: Planificación del trabajo de suficiencia profesional..... | 39 |
| Tabla 27: Evaluación mediante el estudio de la mecánica de suelos..... | 40 |
| Tabla 28: CBR de la subrasante..... | 41 |
| Tabla 29: Cálculo del Esal de diseño..... | 42 |
| Tabla 30: Esal para pavimento flexible vía TA-617..... | 43 |
| Tabla 31: Costo total del trabajo de suficiencia..... | 55 |

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO 1 – Costo Total del trabajo de suficiencia.

Tabla 31

Costo total del trabajo de suficiencia

| N° | ACTIVIDAD | COSTO TOTAL |
|----|--|---------------------|
| 1 | Recolección de bibliografía sobre la transitabilidad, Guía AASHTO 93, Esal de diseño, CBR de diseño y otros parámetros | S/. 250,00 |
| 2 | Asesoría en la determinación de los espesores del pavimento flexible, usando guía AASHTO 93. | S/. 1 500,00 |
| 3 | Material de oficina | S/. 500,00 |
| 4 | Trabajo de campo, aforo vehicular y cálculo de CBR | S/. 2 500,00 |
| 5 | Trabajo de gabinete, procesamiento de datos y resultado del ESAL de diseño, CBR de diseño | S/. 400,00 |
| 6 | Presentación de resultados y preparación de informe final del trabajo de suficiencia | S/. 200,00 |
| 7 | Revisión de estilos y turnitin | S/. 250,00 |
| | COSTO TOTAL | S/. 5 600.00 |

Nota. En la tabla se muestra el costo total por cada actividad a desarrollar en el trabajo de suficiencia

ANEXO 2 – Diapositivas utilizadas en la sustentación:

Figura 22

Diapositiva N° 01 del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Elaboración propia

Figura 23

Diapositiva N° 02 del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Elaboración propia

Figura 24

Diapositiva N° 03 del trabajo de suficiencia profesional

DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Realidad Problemática

La población de 3300 habitantes del Distrito de Calana, según INEI 2017, se desarrolla en la necesidad de la población usuaria de contar con pistas, bermas, veredas y así mejorar la calidad de vida de la zona.

La vía TA-617 se encontró a nivel de trocha carrozable en toda su extensión, sin obras de saneamiento, es decir sin agua ni alcantarillado, ni señalización, también la trocha presenta desgaste en la superficie de rodadura, debido al constante tránsito que presenta la zona, por la existencia de zonas de cultivo, restaurantes propios de las actividades económicas y sociales que se desarrolla en la zona de investigación.

UAP

Nota. Elaboración propia

Figura 25

Diapositiva N° 04 del trabajo de suficiencia profesional

DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

UAP

Nota. Elaboración propia

Figura 26

Diapositiva N° 05 del trabajo de suficiencia profesional

FORMULACION DEL PROBLEMA

Problema General
¿La evaluación del diseño estructural del pavimento flexible influirá para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?

Problemas Específicos:

- a) ¿Las características del suelo de fundación
- b) ¿El análisis del tráfico vehicular
- c) ¿El número estructural

influirán en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022?

Nota. Elaboración propia

Figura 27

Diapositiva N° 06 del trabajo de suficiencia profesional

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General
Calcular el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.

Objetivos Específicos

- a) Analizar cómo el estudio de la mecánica de suelos
- b) Cuantificar cómo las características del factor W_{18}
- c) Calcular cómo los resultados de los espesores

influirán en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular de la vía TA-617, Km 0+000 - Km 1+988, distrito de Calana, Región Tacna 2022.

Nota. Elaboración propia

Figura 28

Diapositiva N° 07 del trabajo de suficiencia profesional



DESARROLLO DEL PROYECTO



➤ **INVESTIGACIÓN DE CAMPO:**

La exploración geotécnica de la subrasante, ha comprendido la apertura de 6 calicatas en el terreno natural a partir de los niveles existentes, con los siguientes procedimientos:

Verificación de campo: Los tipos de suelo predominantes encontrados en la prospección de campo, son arenas limosas y arenas limosas pobremente gradadas.

Fase de campo (fase de muestro): las 06 calicatas fueron a 1.50 metros de profundidad.

| Ubicación Calicatas | Progresiva (Km) | Profundidad (m) | Humedad % | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | CBR 95% |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------------|----------------------|---------|
| C-01 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 3.85 | SM | A-1-b | 47.20 |
| | | | 9.99 | GP GM | A-1-a | 33.20 |
| C-02 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 1.84 | GP | A-1-a | 42.80 |
| C-03 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 1.52 | GP | A-1-a | 45.80 |
| C-04 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 2.52 | GM | A-1-a | 41.30 |
| C-05 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 1.37 | GW | A-1-a | 47.60 |
| C-06 | Km 00+000 | 0.60-1.50 | 2.45 | GP GM | A-1-a | 42.70 |
| | | | 1.69 | GP | A-1-a | 34.30 |

Nota. Elaboración propia

Figura 29

Diapositiva N° 08 del trabajo de suficiencia profesional



DESARROLLO DEL PROYECTO



➤ **ENSAYOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN:**

Ensayo de Proctor Modificado: Los procedimientos de compactación usados en laboratorio, dan como resultado características adecuadas para su uso como material de relleno siempre en cuando el ejecutor de obra a través de la supervisión verifique los materiales según la norma EG-2013. Los tipos de suelo predominantes encontrados en la prospección de campo son arenas limosas y arenas limosas pobremente gradadas.

| Ubicación calicatas | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | Movimiento de tierras % | Densidad Proctor (g/cm³) | Humedad optima (%) | CBR 95% |
|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------|---------|
| C-01 | SM GP GM | A-1-b A-1-a | Arena limosa con grava | 2.05 | 7.41 | 47.20 |
| | | | | 2.05 | 7.56 | 33.20 |
| C-02 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.16 | 6.14 | 42.80 |
| C-03 | GP | A-1-a | Grava mal Graduada | 2.10 | 6.43 | 45.80 |
| C-04 | GM | A-1-a | Grava limosa con arena | 2.13 | 7.62 | 41.30 |
| C-05 | GW | A-1-a | Grava bien graduada | 2.07 | 6.18 | 47.60 |
| C-06 | GP GM | A-1-a | Grava mal Graduada con limo | 2.10 | 5.32 | 42.70 |
| | | | Grava mal Graduada | 2.10 | 7.11 | 34.30 |

Nota. Elaboración propia

Figura 30

Diapositiva N° 09 del trabajo de suficiencia profesional

DESARROLLO DEL PROYECTO

➤ ENSAYOS PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN:

Ensayo C.B.R.: la clasificación de los suelos en base a su granulometría y sus límites de consistencia, los valores de CBR obtenidos permiten calificar la categoría de la Subrasante S4 y S5, obteniendo que la calidad de la subrasante es excelente.

| Ubicación Calicatas | Progresiva (Km) | Profundidad (m) | Humedad % | Clasificación (SUCS) | Clasificación AASHTO | CBR 95% |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------------|----------------------|---------|
| C-01 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 3.85 | SM | A-1-b | 47.20 |
| | | | 9.99 | GP GM | A-1-a | 33.20 |
| C-02 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.84 | GP | A-1-a | 42.80 |
| C-03 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.52 | GP | A-1-a | 45.80 |
| C-04 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 2.52 | GM | A-1-a | 41.30 |
| C-05 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 1.37 | GW | A-1-a | 47.60 |
| C-06 | Km 00+000 | 0.60 – 1.50 | 2.45 | GP GM | A-1-a | 42.70 |
| | | | 1.69 | GP | A-1-a | 34.30 |

Nota. Elaboración propia

Figura 31

Diapositiva N° 10 del trabajo de suficiencia profesional

DESARROLLO DEL PROYECTO

➤ ENSAYOS PARA FINES DE CIMENTACION:

Con los extractos de las muestras de suelo extraídas de las calicatas, se realizaron ensayos de clasificación de suelos estándar SUCS. Asimismo, se procedió a realizar ensayos de la muestra de suelo.

ENSAYOS ESTÁNDAR

- Ensayos de Límites de Consistencia
- Índice de plasticidad
- Ensayo de Densidad de Campo
- Contenido de sales y sulfatos
- Análisis de mecánica de suelos en laboratorio

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUBRASANTE | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|------|
| DESCRIPCION | CALICATA 01 | CALICATA 02 | CALICATA 03 | CALICATA 04 | CALICATA 05 | CALICATA 06 | CLASIFICACION SUCS | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 3.85 | 9.99 | 1.84 | 1.52 | 2.52 | 1.37 | 2.45 | 1.69 |
| GRAVEDAD DE ESPECÍFICA (g/cm ³) | 2.61 | 2.62 | 2.66 | 2.69 | 2.66 | 2.65 | 2.67 | 2.64 |
| DENSIDAD MINIMA (g/cm ³) | 1.67 | 1.76 | 1.91 | 2.02 | 1.78 | 1.93 | 1.74 | 1.97 |
| DENSIDAD MAXIMA (g/cm ³) | 2.05 | 2.05 | 2.16 | 2.1 | 2.13 | 2.07 | 2.1 | 2.1 |
| LIMITE LIQUIDO (LL) | 20.14 | 21.05 | 19.25 | 19.8 | 18.37 | 19.92 | 20.2 | 19.9 |
| LIMITE PLASTICIDAD (LP) | 17.71 | 17.73 | NP | NP | 16.7 | NP | 18.99 | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD (IP) | 2.43 | 3.32 | NP | NP | 1.67 | NP | 1.21 | NP |
| CLASIFICACION SUCS | S | GP GM | G | G | G | G | GP GM | G |

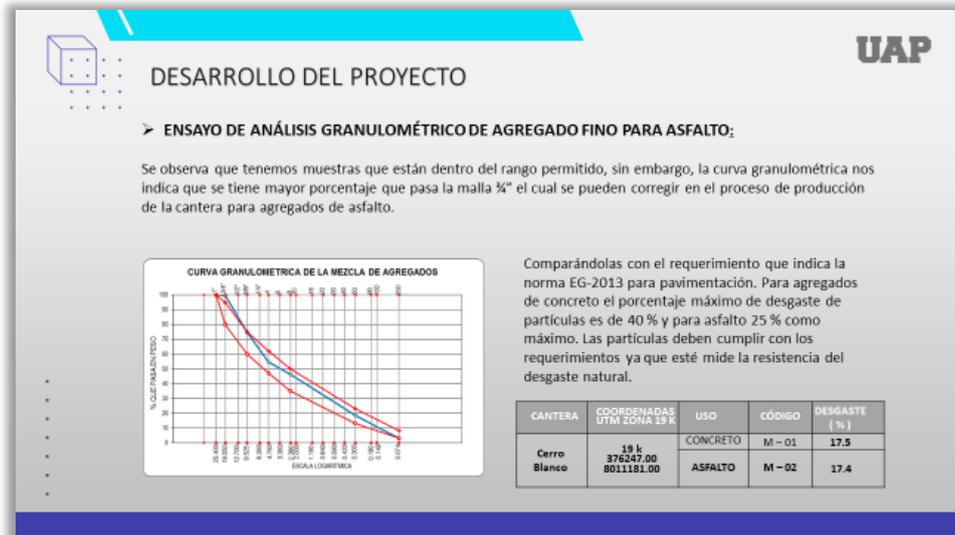
Clasificación de suelos SUCS y AASHTO, Proctor modificado y finalmente el CBR, valor utilizado en el diseño de pavimento flexible, basado en los criterios de la guía AASHTO 93.

Nota. Elaboración propia

61

Figura 32

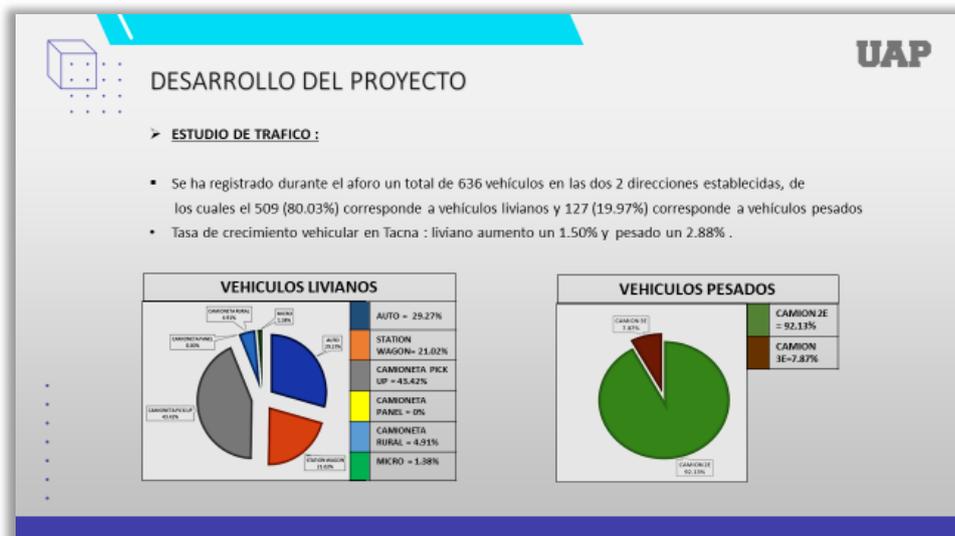
Diapositiva N° 11 del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Elaboración propia

Figura 33

Diapositiva N° 12 del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Elaboración propia

Figura 34

Diapositiva N° 13 del trabajo de suficiencia profesional



DESARROLLO DEL PROYECTO

➤ **DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93:**

Para el diseño consideramos el mínimo de EE de 300,000 tomando los criterios del manual de carreteras del MTC, suelos Geología, Geotecnia y pavimentos, toda vez que en el horizonte del proyecto, la vía asfaltada permitirá como un medio de transporte para extender el crecimiento de la ciudad ordenada y adecuada y sobre todo para una movilidad urbana en crecimiento poblacional.

EJES EQUIVALENTES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL:

| | | |
|---|-------|---|
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | r | 2.88 % |
| Periodo de diseño (años) | n | 15 |
| Factor de crecimiento $FC = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$ | Fca | 18.44 |
| Geometría de la vía | | 1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido |
| Factor direccional (Fd/Fc) | Fc*Fd | 0.50 |
| Número de ejes equivalentes (ESAL) #EE = 365 * (ΣIMDA) * Fd * Fc * Fca | ESAL | 363.633 |



Transito futuro de vehículos pesados y el ESAL de diseño:

| Eje | Sector | TF 2036 Pesados | ESAL Pavimento Flexible |
|--------|---------------|-----------------|-------------------------|
| TA-617 | Piedra Blanca | 686 | 303.633E+03 |

Nota. Elaboración propia

Figura 35

Diapositiva N° 14 del trabajo de suficiencia profesional



DESARROLLO DEL PROYECTO

➤ **DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93:**

El procedimiento se desarrolló sobre la base de ensayos de carreteras, para obtener el diseño estructural y el rendimiento del desempeño del pavimento. Nuestro diseño del pavimento flexible, trabaja con dos parámetros :

- ✓ Cargas del tráfico vehicular forzadas sobre el pavimento.
- ✓ Características de la sub-rasante, en la cual se asienta el pavimento.

VARIABLES DEL DISEÑO

| | |
|---------------------------------|--------|
| PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS (t) | 15 |
| NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE (EE) | 303633 |
| TIPO DE TRAFICO | TP2 |
| CBR DE DISEÑO | 33.20% |
| TIPO DE SUELO | S5 |
| CONFIABILIDAD (R) | 75% |
| DESVIACION ESTANDAR | 0.45 |
| PROBABILIDAD (Zr) | -0.674 |
| SERVICABILIDAD (So) | 3.8 |
| SERVICABILIDAD (Sf) | 2 |

PROPIEDADES DE MATERIALES

| |
|--|
| Mr para un CBR de 33,2% = 24 039 psi |
| Recomendación de subrasante: no es necesario estabilizar el suelo por que el material es apto para las capas superiores. |



| TIPO DE TRAFICO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | NIVEL DE CONFIABILIDAD |
|---------------------------------|---|------------------------|
| TP2 | De 300001 A 500000 | 75% |

| TIPO DE TRAFICO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | INDICE DE SERVICABILIDAD FINAL (PF) |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|
| TP2 | De 300001 A 500000 | 2.0 |



Nota. Elaboración propia

Figura 36

Diapositiva N° 15 del trabajo de suficiencia profesional



**CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO**

Servicios y Aplicaciones:

➤ **Espesor determinado utilizando la guía AASHTO 93:**

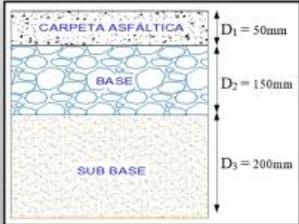
- Se calculó los espesores de la estructura del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad de la vía TA-617, como resultado, la capa estructural del pavimento flexible será de la siguiente manera en orden creciente por razones de seguridad y por la importancia que tendrá la vía en un futuro.

COEFICIENTES ESTRUCTURALES:

- ✓ Componente de pavimento : a1=0.125
- ✓ Componente de base: a2=0.052
- ✓ Componente de subbase: a3=0.047

COEFICIENTE DE DRENAJE :

- ✓ Coeficiente para base : m2=1.00
- ✓ Coeficiente para sub-base: m3= 1.00



Nota. Elaboración propia

Figura 37

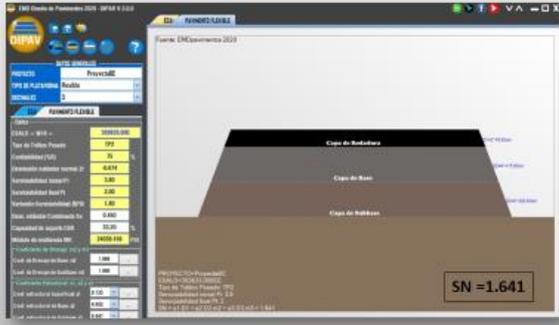
Diapositiva N° 16 del trabajo de suficiencia profesional



**CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO**

Servicios y Aplicaciones:

➤ **Verificación con software:**



La estructura se calculará con la ecuación de diseño presentada por AASHTO - 93

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

CUMPLE:

SNR (5,48) > SN (1,62)

Nota. Elaboración propia

Figura 38

Diapositiva N° 17 del trabajo de suficiencia profesional

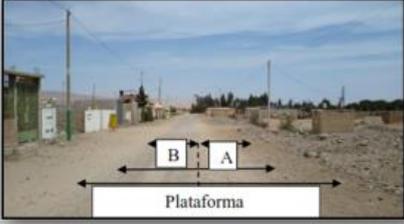


DESARROLLO DEL PROYECTO

Dimensionamiento:
 La vía TA-617 viene a ser la muestra de investigación desde la progresiva Km 0+000 hasta Km 1+988, también denominada como la carretera antigua, ubicada en el distrito de Calana, que comunica a las zonas urbanas de Piedra Blanca con el distrito capital de Calana.

Para el siguiente estudio y ejecución del proyecto, se consideró los siguientes parámetros:

| DESCRIPCION | SITUACION PROYECTADA |
|------------------------|---|
| VIA INVESTIGADA | Vía TA-617, tramo: Km 0+000 – Km 1+988 |
| LONGITUD | 1988 m. |
| ANCHO PROMEDIO | 7.8 m. |
| PENDIENTE PROMEDIO (%) | 2-3 |
| AREA | 15506.40 m ² |
| CARACTERISTICAS | Calzada con carpeta asfáltica en frío, con señalización horizontal y vertical |



Plataforma

Nota. Elaboración propia

Figura 39

Diapositiva N° 18 del trabajo de suficiencia profesional



DESARROLLO DEL PROYECTO

Normatividad Utilizada :

| Norma | Denominación |
|--------------------|--|
| NTP 339.143. 1999 | Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo insitu. |
| NTP 339.150: 2001 | Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual. |
| NTP 339.144: 1999 | Método de ensayo estándar para la densidad insitu de suelo y suelo-agregado. |
| NTP 339.161: 2001 | Practica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena. |
| NTP 339.175: 2002 | Método de ensayo normalizado insitu para CBR de suelos. |
| NTP 339.250.: 2002 | Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad. |
| MTCE101 | Pozos, calcatas, trincheras y zanjas |

Nota. Elaboración propia

Figura 40

Diapositiva N° 19 del trabajo de suficiencia profesional

 **CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO**

Servicios y Aplicaciones:

➤ **Descripción de las principales Actividades Realizadas:**

- Siguiendo el manual de ensayo de materiales EM-2000, del MTC, se hizo el muestreo de canteras:

| | |
|--|--|
| CANtera CERRO BLANCO: Se tomo muestreo de, mezcla asfáltica frío y concreto armado, se obtuvo una buena capacidad de carga, tomando como material de relleno. | CANtera PACHIA: Se tomo muestreo (base y subbase granular) Cumple dentro de la gradación de agregado granulométrico. Darán mayor resistencia al pavimento. |
|--|--|

Nota. Elaboración propia

Figura 41

Diapositiva N° 20 del trabajo de suficiencia profesional

 **CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO**

Servicios y Aplicaciones:

➤ **Perfilado y compactado de sub rasante c/equipo**

Consiste en la conformación de la superficie a nivel de la **sub-rasante** del terreno de fundación, con el objeto de obtener una superficie uniforme y estable que sirva de soporte a la estructura del pavimento flexible.

Nota. Elaboración propia

Figura 42

Diapositiva N° 21 del trabajo de suficiencia profesional

 CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO

Servicios y Aplicaciones:

- **Sub Base Granular e = 20 cm**
Presenta tamaño heterogéneo que cumplen y están dentro de la gradación de análisis granulométrico, el análisis del CBR al 95% MDS resulta 43,10 y al 100% MDS resulta 73,58%, los cuales cumplen según los requerimientos EG-2013, lo que significa que tiene buena capacidad de carga.
- **Base Granular e = 15 cm**
Presenta tamaño heterogéneo que cumplen y están dentro de la gradación de análisis granulométrico, el análisis del CBR al 95% MDS resultan 53,50% y al 100% MDS resultan 90,94% y , los cuales cumplen según los requerimientos EG-2013, lo que significa que tiene buena capacidad de carga.

Nota. Elaboración propia

Figura 43

Diapositiva N° 22 del trabajo de suficiencia profesional

 CAPITULO III:
DESARROLLO DEL PROYECTO

Servicios y Aplicaciones:

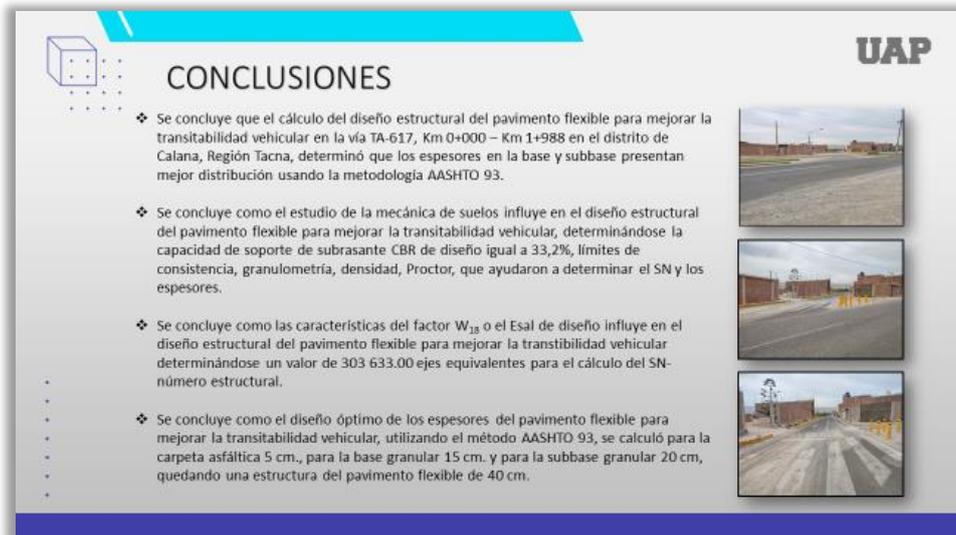
- **Carpeta Asfáltica en Frio e = 5 cm**
Con caras fracturadas y arena gruesa, según diseño de Alfombra Asfáltica. En la guía AASHTO 93, las capas del pavimento flexible se determinan por su módulo resiliente y para la carpeta asfáltica a través del módulo elástico.



Nota. Elaboración propia

Figura 44

Diapositiva N° 23 del trabajo de suficiencia profesional



CONCLUSIONES

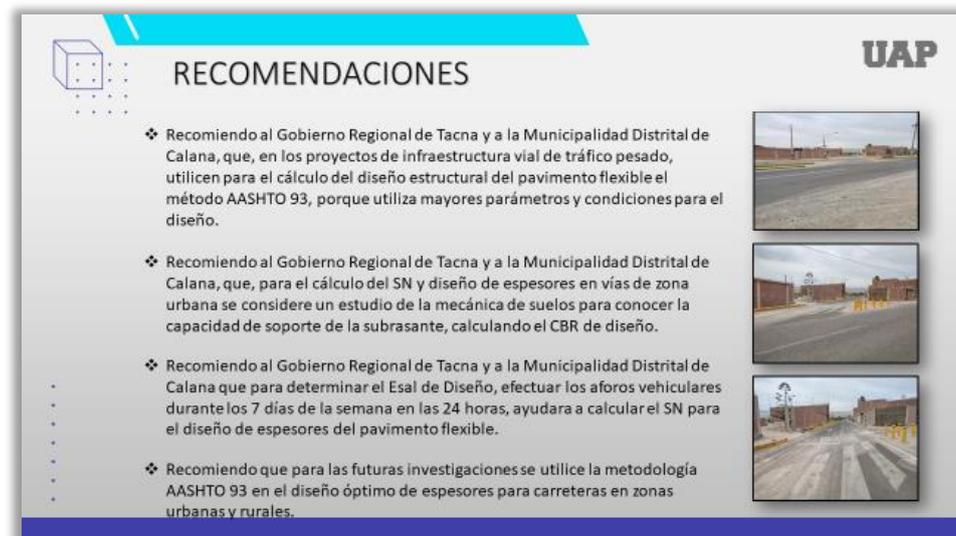
- ❖ Se concluye que el cálculo del diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular en la vía TA-617, Km 0+000 – Km 1+988 en el distrito de Calana, Región Tacna, determinó que los espesores en la base y subbase presentan mejor distribución usando la metodología AASHTO 93.
- ❖ Se concluye como el estudio de la mecánica de suelos influye en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, determinándose la capacidad de soporte de subrasante CBR de diseño igual a 33,2%, límites de consistencia, granulometría, densidad, Proctor, que ayudaron a determinar el SN y los espesores.
- ❖ Se concluye como las características del factor W_{18} o el Esal de diseño influye en el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular determinándose un valor de 303 633.00 ejes equivalentes para el cálculo del SN-número estructural.
- ❖ Se concluye como el diseño óptimo de los espesores del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el método AASHTO 93, se calculó para la carpeta asfáltica 5 cm., para la base granular 15 cm. y para la subbase granular 20 cm, quedando una estructura del pavimento flexible de 40 cm.

UAP

Nota. Elaboración propia

Figura 45

Diapositiva N° 24 del trabajo de suficiencia profesional



RECOMENDACIONES

- ❖ Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana, que, en los proyectos de infraestructura vial de tráfico pesado, utilicen para el cálculo del diseño estructural del pavimento flexible el método AASHTO 93, porque utiliza mayores parámetros y condiciones para el diseño.
- ❖ Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana, que, para el cálculo del SN y diseño de espesores en vías de zona urbana se considere un estudio de la mecánica de suelos para conocer la capacidad de soporte de la subrasante, calculando el CBR de diseño.
- ❖ Recomiendo al Gobierno Regional de Tacna y a la Municipalidad Distrital de Calana que para determinar el Esal de Diseño, efectuar los aforos vehiculares durante los 7 días de la semana en las 24 horas, ayudara a calcular el SN para el diseño de espesores del pavimento flexible.
- ❖ Recomiendo que para las futuras investigaciones se utilice la metodología AASHTO 93 en el diseño óptimo de espesores para carreteras en zonas urbanas y rurales.

UAP

Nota. Elaboración propia

Figura 46

Diapositiva N° 25 del trabajo de suficiencia profesional



Nota. Elaboración propia