



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

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO LA METODOLOGIA
AASHTO 93 EN EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD
VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. ALFONSO UGARTE –
REGION MOQUEGUA 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
GIANFRANKO HERNAN MAYTA HUACHO
ORCID: 0009-0006-8629-5613**

**ASESOR
MG. RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO
ORCID: 0000-0001-9023-6567**

LIMA – PERÚ, 2023

MAYTA HUACHO GIANFRANKO HERNAN

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.munimoquegua.gob.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.perulicitaciones.com Fuente de Internet	1%
7	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
9	www.congreso.gob.pe Fuente de Internet	1%

10	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1 %
12	www4.congreso.gob.pe Fuente de Internet	1 %
13	creativecommons.org Fuente de Internet	1 %
14	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	1 %
15	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
16	Barroso Huerta Andrés. "Estudio geotécnico y diseño del pavimento de la obra : libramiento de San Miguel de Allende tramo: del km 3+000 al km 33+000", TESIUNAM, 2015 Publicación	<1 %
17	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to EP NBS S.A.C. Trabajo del estudiante	<1 %
19	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
22	www.munipiura.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	Silva Torres José Guadalupe. "Criterios de elección de pavimento rígido y/o flexible en la autopista de cuota Chamapa-La Venta", TESIUNAM, 2008 Publicación	<1 %
25	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
26	FERNANDEZ OBREGON SEGUNDO SANTIAGO. "DIA para la Instalación de Estación de Servicios para la Venta de Combustibles Líquidos (DB5, S-50, G90P, G95P Y G97P) Y GLP y Brindar el Servicio de Minimarket-Estación de Servicios Herco-IGA0013492", R.G.E. N° 49-2021-GR.LAMB/GEEM, 2021 Publicación	<1 %
27	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	www.bcrp.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

29

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

30

ribuni.uni.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

31

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

32

Tamariz Sanchez Israel. "Interaccion estructural entre capas de pavimento flexible", TESIUNAM, 1997

Publicación

<1 %

33

es.wikipedia.org

Fuente de Internet

<1 %

34

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

35

"Proceedings of the 6th Brazilian Technology Symposium (BTSym'20)", Springer Science and Business Media LLC, 2021

Publicación

<1 %

36

Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle

Trabajo del estudiante

<1 %

37

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

38	Lizarraga López José Manuel. "Diseño y construcción de pavimentos flexibles aplicando geomallas de polipropileno como sistema de reforzamiento estructural", TESIUNAM, 2013 Publicación	<1 %
39	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
40	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
42	www.cnm.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
44	gis.proviasnac.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
46	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
47	"Advancement in the Design and Performance of Sustainable Asphalt Pavements", Springer	<1 %

48

repositorio.uan.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

49

Submitted to Universidad Catolica De Cuenca

Trabajo del estudiante

<1 %

50

ogpl.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA
CERRADA. "DIA del Proyecto Disposición Final
de Polvo de Acería-IGA0014393", R.D. N° 124-
2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021

Publicación

<1 %

52

GEOLAB S.R.LTDA. "ITS Mejora Ambiental
para el Aprovechamiento de Energía Durante
la Prueba Extendida de Pozos, en el Lote XXIII
- Región Tumbes-IGA0004241", R.D. N° 217-
2016-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

53

Berriel Buenfil Saúl Alberto. "Estudio
geotécnico de terracerías y pavimentos
Cortijo Nuevo - Nuevo Progreso, del km.
0+000 al km. 8+000, ubicado en el Estado de
Tabasco", TESIUNAM, 2022

Publicación

<1 %

54

SCHLUMBERGER DEL PERU S.A..
"Actualización del Plan de Cierre de Minas de

<1 %

la Unidad Minera Cuajone-IGA0000334", R.D.

Nº 444-2012-MEM-AAM, 2020

Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta investigación a mi padre, Hernán Mayta Quilca, por guiar mi camino.

A mi madre Reyna Huacho Cuayla, por su amor y dedicación.

A mi hermana Katia Mayta Huacho, por su amor y apoyo incondicional.

A mi hermana Giannina Mayta Huacho, por su amor y generosidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida y a mi Mama Albina QEPD. por cuidarme siempre. Agradecimiento infinito a mi padre Hernán Mayta Quilca, por haber dedicado su tiempo para hacer de mí el hombre que ahora soy.

Agradecimiento eterno a mi madre, Reyna Huacho Cuayla, por ser mi guía y soporte de vida.

Agradezco a mi Pareja Yaneth Ccama Calcina, por su amor y apoyo incondicional.

Agradecimiento a todos aquellos que han formado parte de mi desarrollo profesional: familiares, amigos, docentes y en especial a mi asesor en este proyecto de suficiencia.

RESUMEN

En este estudio de investigación se abordó el problema de la baja transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Alfonso Ugarte, ubicado en el distrito de Moquegua, San Francisco y San Antonio de la región Moquegua. Para mejorar esta situación, se planteó como objetivo principal el diseño de una estructura de pavimento flexible adecuada para soportar el tráfico de la zona.

Para lograr este objetivo, se utilizó la metodología "AASHTO 93" para el diseño estructural del pavimento flexible. En primer lugar, se realizó un conteo vehicular para determinar los volúmenes y proyecciones del tráfico, y se recolectaron datos como el IDMa (Índice Diario Medio Anual). Luego, se llevó a cabo un estudio del terreno para obtener el CBR de diseño, que es un parámetro clave para el diseño estructural del pavimento. Con la información recolectada, se procesaron los datos para determinar los espesores adecuados de cada capa de la estructura del pavimento flexible. Se tuvieron en cuenta factores como la resistencia del suelo, el tráfico esperado y las cargas de los vehículos. El resultado final fue un diseño estructural óptimo del pavimento flexible para la vía de 2.51 km, que mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal en la zona.

En conclusión, este estudio de investigación proporciona una solución práctica y efectiva para el problema de baja transitabilidad en la zona. El diseño estructural del pavimento flexible obtenido es una herramienta valiosa para mejorar la infraestructura vial de la zona, y contribuirá significativamente al desarrollo económico y social de los distritos de Moquegua, San Francisco y San Antonio.

PALABRAS CLAVES: Ejes Equivalentes; Pavimento flexible; Diseño de pavimento; CBR; AASHTO 93.

ABSTRACT

This research study addressed the issue of low vehicular and pedestrian transitivity on Av. Alfonso Ugarte, located in the district of Moquegua, San Francisco, and San Antonio in the Moquegua region. To improve this situation, the main objective was to design a suitable flexible pavement structure capable of supporting the traffic in the area.

To achieve this objective, the "AASHTO 93" methodology was used for the structural design of the flexible pavement. Firstly, a traffic count was conducted to determine the volumes and projections of traffic, and data such as the ADT (Average Daily Traffic) was collected. Then, a terrain study was carried out to obtain the design CBR, which is a key parameter for the structural design of the pavement. With the collected information, the data was processed to determine the adequate thicknesses of each layer of the flexible pavement structure, taking into account factors such as soil strength, expected traffic, and vehicle loads. The final result was an optimal structural design of the flexible pavement for the 2.51 km road, which will improve vehicular and pedestrian transit in the area.

In conclusion, this research study provides a practical and effective solution to the problem of low transitivity in the area. The structural design of the flexible pavement obtained is a valuable tool for improving the road infrastructure in the districts of Moquegua, San Francisco, and San Antonio, and will contribute significantly to their economic and social development.

KEY WORDS: Equivalent Axes; Flexible Pavement; Pavement Design; CBR; AASTHO 93.

INTRODUCCIÓN

En Perú, el sistema de transporte es vital para el desarrollo cultural, financiero y social del país. Una red vial adecuada es fundamental para garantizar la conectividad segura y eficaz entre las provincias, contribuyendo al progreso continuo de cada región.

En particular, en la provincia de Mariscal Nieto, una red vial eficiente es necesaria para satisfacer las necesidades de los residentes y conductores que deben desplazarse grandes distancias. Para lograrlo, se requieren vías pavimentadas que cumplan con especificaciones técnicas mínimas para garantizar un tránsito eficiente.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el diseño de pavimentos flexible en caliente, utilizando la metodología empírica AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible, la cual es la más utilizada en el país.

La metodología AASHTO 93 nos permitirá determinar, el estudio de tráfico, los Ejes Equivalentes (w_{18}), la resistencia de la subrasante (MR) de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos, para así hallar el número estructural (SN) y determinar los espesores de capa o el diseño de pavimento flexible.

TABLA DE CONTENIDO

CARATULA	
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDO	VII
1 CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1 Antecedentes de la empresa.....	1
1.2 Perfil de la empresa.....	2
1.2.1 Misión.....	2
1.2.2 Visión	2
1.2.3 Proyectos Similares.	2
2 CAPÍTULO II: REALIDAD PROBLEMÁTICA	4
2.1 Descripción de la Realidad problemática	4
2.2 Formulación del Problema	7
2.2.1 Problema General	7
2.2.2 Problemas Específicos.....	7
2.3 Objetivos del Proyecto	8
2.3.1 Objetivo General	8
2.3.2 Objetivos Específicos	8
2.4 Justificación	9
2.5 Limitantes de la Investigación	9
3 CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO	11
3.1 Descripción y Diseño del Proceso Desarrollado	11
3.1.1 Requerimientos.....	13
3.1.2 Cálculos	18
3.1.3 Dimensionamiento	22
3.1.4 Equipos utilizados	26
3.1.5 Conceptos Básicos para el Diseño del Piloto	26
3.1.6 Estructura.....	30
3.1.7 Elementos y funciones	31
3.1.8 Planificación del proyecto.....	35
3.1.9 Servicios y Aplicaciones	36
4 CAPITULO IV: DISEÑO METODOLOGICO	85
4.1 Tipo y diseño de investigación	85
4.2 Método de investigación	85
4.3 Población y Muestra	86
4.4 Lugar de Estudio	86
4.5 Técnica e instrumentos para la recolección de la información	88
4.6 Análisis y Procesamiento de datos	89
5 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1 Conclusiones	90
5.2 Recomendaciones	92
6 CAPITULO VI: GLOSARIO DE TÉRMINOS Y REFERENCIAS	95
6.1 Glosario de términos	95
6.2 Libros	98
7 CAPITULO VII: ÍNDICES	100
7.1 Índice de gráficos.....	100
7.2 Índice de Figuras.....	100
7.3 Índice de Cuadros	101
7.4 Índice de Tablas	101
8 CAPITULO VIII: ANEXOS	103

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa.

La convención nacional del 29 de diciembre de 1857, que ratificó la ley promulgada por el libertador Ramón Castilla, dispuso que el departamento de Moquegua, integrado por las cuatro provincias: Tacna, Arica, Tarapacá y Moquegua, entre otras, llevaría a cabo el establecimiento de elecciones de cabildo en las capitales de los departamentos, provincias y distritos, para elegir las primeras municipalidades directamente dependientes del gobierno central establecido por la constitución.

Se desconoce la fecha exacta del inicio de las funciones de la municipalidad en la ciudad de Moquegua, pero anteriormente la municipalidad ocupó una casona ubicada en la calle Moquegua N.º 851; edificio que data de 1799 y fue donado a la municipalidad de Moquegua el 5 de septiembre de 1945.

Actualmente, la municipalidad de Mariscal Nieto cuenta con una moderna infraestructura y se ubica en la Calle Ancash n. 275.

1.2 Perfil de la empresa.

La municipalidad provincial de Mariscal Nieto es una entidad pública encargado del órgano ejecutivo, responsable de promover el desarrollo y la economía de la provincia, encargada de fomentar las inversiones, actividades y servicios públicos bajo su responsabilidad, en conformidad a los planes nacionales y locales de desarrollo, para contribuir al desarrollo integral y sostenible de toda la región Moquegua.

1.2.1 Misión

Brindar servicios de calidad promoviendo el desarrollo integral y armónico de la población de la provincia Mariscal Nieto con eficiencia, transparencia, sostenibilidad y competitividad.

1.2.2 Visión

La municipalidad de Mariscal Nieto al 2030, es una provincia con identidad, orden, seguridad, salud y líder en la calidad de la educación; que podrá competir en los campos de la agricultura, la minería y el turismo; sobre la base de la tecnología, la innovación y podrá gestionar eficazmente los recursos hídricos, en consonancia con el medio ambiente.

1.2.3 Proyectos Similares.

En la Municipalidad Provincial de Moquegua - región Moquegua, existen varios proyectos similares en el transcurso de los años desde su creación, se especifica los más recientes como referencia.

"Mejoramiento servicio de transitabilidad vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Moquegua distrito de Moquegua - provincia de mariscal nieto - departamento de Moquegua-etapa II"

"Mejoramiento de la carretera vecinal ruta mo-518 tramo centro poblado los ángeles - centro poblado yacango, provincia de mariscal nieto - Moquegua"

"Mejoramiento del servicio de transitabilidad de la carretera vecinal ruta Mo - 562, tramo, emp. carretera departamental mo-102 - Cambrune - Somoa, distrito de Carumas, provincia mariscal nieto - Moquegua"

"Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal de la calle Hernán Turcke Podestá, distrito de Moquegua, provincia de mariscal nieto - Moquegua"

"Mejoramiento de los servicios de transitabilidad de la carretera vecinal mo-557 emp carretera departamental Mo - 102 (tramo: Calacoa - Putina - C.P. San Cristobal) Calacoa y San Cristobal del distrito de San Cristobal - provincia de Mariscal Nieto - departamento de Moquegua"

"Mejoramiento de la vía 28 de julio del centro poblado san francisco y calle Ayacucho (1ra, 2da y 3ra cuadra) de la junta vecinal cercado, distrito de Moquegua - provincia de mariscal nieto - departamento de Moquegua"

CAPÍTULO II

REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1 Descripción de la Realidad problemática

En la actualidad, es fundamental que las personas puedan viajar y acceder a diferentes lugares para fomentar el desarrollo social y económico tanto en áreas urbanas como rurales. Sin embargo, en Perú, existen problemas en cuanto a la falta de conectividad de los pueblos debido a la falta de vías de comunicación o su inaccesibilidad. Esto impide que las personas puedan acceder a servicios básicos como agua, luz eléctrica, saneamiento, educación y salud, que son fundamentales para una vida digna.

Además, las carreteras en Perú no cumplen con los estándares técnicos y de construcción adecuados, lo que hace que no estén bien diseñadas y que tengan un espesor total insuficiente, lo que puede provocar un mayor deterioro y accidentes de tránsito. En el distrito de San Antonio, la falta de vías pavimentadas es una realidad debido a la falta de inversión y a las malas gestiones del sector público. Esto hace que la población sufra deficiencias y que las obras que se están ejecutando estén en mal estado

debido a diseños deficientes y materiales de baja calidad que no cumplen con los estándares normativos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El aumento de la densidad poblacional hace que sea necesario aumentar los límites de urbanización de los pueblos para conectar toda la zona urbana y, por lo tanto, es sumamente necesario construir caminos de buena calidad. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es analizar el CBR característico de un tramo homogéneo para el diseño del pavimento flexible en la infraestructura vial interconexión Chillicane, ya que no se ha realizado un diseño adecuado para el pavimento correspondiente. Este estudio de diseño del pavimento flexible en caliente será fundamental para mejorar la capacidad de transporte y la comunicación entre los habitantes de toda la provincia, mejorando el desarrollo de las zonas aledañas, los ingresos económicos y su calidad de vida.

A nivel internacional, De acuerdo con la investigación llevada a cabo por Bedon (2021) en su tesis de ingeniería civil titulada "Diseño de pavimentos aplicando la metodología AASHTO 93 mediante la programación de un software interactivo", realizada en la Universidad San Francisco de Quito, el objetivo principal era elaborar una estructura de pavimento flexible para la vía Cercopamba en la parroquia Guayllabamba, en la provincia de Pichincha - Ecuador. La carretera es de baja densidad de tráfico y consta de tres capas: una capa de rodadura asfáltica de 5 cm, una base clase 4 de 10 cm y una subbase clase 3 de 20 cm. El diseño se llevó a cabo utilizando la metodología AASHTO 93 y considerando la posibilidad de construcción y multicapa. Bedon concluyó que el diseño cumplió con las especificaciones estructurales mínimas requeridas y es adecuado para la vía en cuestión.

A nivel nacional, según Rojas (2018) llevó a cabo una investigación con el objetivo de mejorar las condiciones de tráfico desfavorables en la intersección de la Avenida César Vallejo y la Avenida Separadora Intercambiador Industrial con Cementerio, cerca de Villa El Salvador, Provincia de Lima, Departamento de Lima. El estudio tuvo una longitud de 5,25 km y se propuso un proyecto urbanístico que contempló la construcción de un pavimento de hormigón de 21 cm de espesor y una subbase de 15 cm de espesor, con un plazo de construcción previsto de 300 días naturales. Este trabajo aporta un método de diseño de pavimentos.

Según, Sarmiento & Arias (2015) realizaron una investigación en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas para su tesis de ingeniería civil. Su objetivo fue analizar y diseñar pavimentos para la Avenida Mártir Olaya en el distrito de Lurín, departamento de Lima. La muestra utilizada fue la Avenida Mártir Olaya km 39, y el propósito fue adaptar la superficie de rodadura a los requerimientos de tráfico pesado y garantizar una mejor seguridad vial.

A nivel local, según Torres (2019) en su tesis para optar al título de ingeniero civil, “Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico ASSHTO 93 y SHELL para determinar la vida útil del pavimento” elaborado en la universidad Ricardo Palma, su propósito fue utilizar el método mecanicista SHELL como un complemento al método empírico – mecanicista AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials), con el fin de determinar la vida útil del pavimento mediante la relación existente entre los parámetros de diseño de ambos métodos. En la carretera Juliaca – Moquegua.

2.2 Formulación del Problema

2.2.1 Problema General

¿De qué manera el diseño en pavimentos flexible aplicando la metodología AASHTO 93 influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?

2.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo el estudio de tráfico y la obtención de los Ejes Equivales (EE.EE) influirá en el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?

- b) ¿Cómo la determinación del CBR en el estudio de mecánica de suelos influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte y Av. Santa Fortunata, – Región Moquegua 2023?

- c) ¿Cómo las variables de diseño influirán en el diseño de pavimento flexible en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?

- d) ¿Cómo la estructuración del número estructural (SN) influirá en los espesores de capa del pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?

2.3 Objetivos del Proyecto

2.3.1 Objetivo General

Calcular la estructura del pavimento asfáltico aplicando la metodología AASHTO 93 y como esta influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023

2.3.2 Objetivos Específicos

- a) **Calcular** los Ejes Equivalentes (EE.EE.) y como influirán en el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.

- b) **Analizar** los CBR obtenidos en el estudio de mecánica de suelos y cómo influirá en el diseño de pavimento para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.

- c) **Describir** cómo las variables de diseño son determinantes para el diseño de pavimento flexible en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.

- d) **Calcular** el número estructural (SN) y los espesores del pavimento asfáltico utilizado la metodología AASHTO 93 en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.

2.4 Justificación

La necesidad de mejorar la calidad de las vías de acceso ha surgido como resultado de los avances cualitativos y la preocupación por elevar los estándares de calidad. En los últimos años se han construido varias vías, pero se han deteriorado debido a la falta de consideración del alto volumen de tráfico que transita por ellas.

Esto ha resultado en vías en mal estado que perjudican la continuidad del camino para quienes lo transitan, especialmente los transportes de mercancías y los tiempos de traslado. Estas vías son cruciales para el desarrollo económico y social de la ciudad, ya que permiten la comunicación e interrelación entre las ciudades, beneficiando a toda la población. Por lo tanto, es necesario diseñar estructuralmente la carpeta base, subbase y pavimento asfáltico para que cumpla con su periodo de diseño.

2.5 Limitantes de la Investigación

Limitantes de Información:

Este estudio pone de manifiesto las dificultades encontradas en la obtención de información relevante para el proyecto, debido a la escasa disponibilidad de datos y a las restricciones de acceso a la información por parte de los funcionarios públicos de la entidad mencionada. Con el fin de afrontar esta problemática, se ha recurrido a la consulta de diversas fuentes de información, tanto en formato físico como digital, a fin de obtener la información necesaria para llevar a cabo el proyecto de manera eficiente.

Limitación de tiempo:

En este trabajo de suficiencia profesional, el plazo limitado ha sido identificado como un factor que dificulta la realización de un estudio exhaustivo de la información obtenida, lo que a su vez puede afectar la calidad del diseño final.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Descripción y Diseño del Proceso Desarrollado

La metodología a desarrollada el diseño de manera técnica y rápida el espesor de las capas, teniendo en cuenta la resistencia de la subrasante y el transito estimado para un periodo de diseño de 20 años.

En la metodología AASHTO-93 para diseño de estructuras de pavimento flexible, se presenta un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro llamado número estructural (SN) cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento, es función del tránsito y la confiabilidad entre otros. Para la determinación de este parámetro se utiliza normalmente un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo los valores de los demás parámetros como son el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de Serviciabilidad, se obtiene el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento.

Para la obtención del SN, generalmente se usan ábacos en los cuales las escalas no corresponden debido a que han sido reproducidos o fotocopiados muchas veces a

tamaños de acuerdo con la necesidad de cada usuario, lo que conlleva a la obtención de valores con desviaciones importantes.

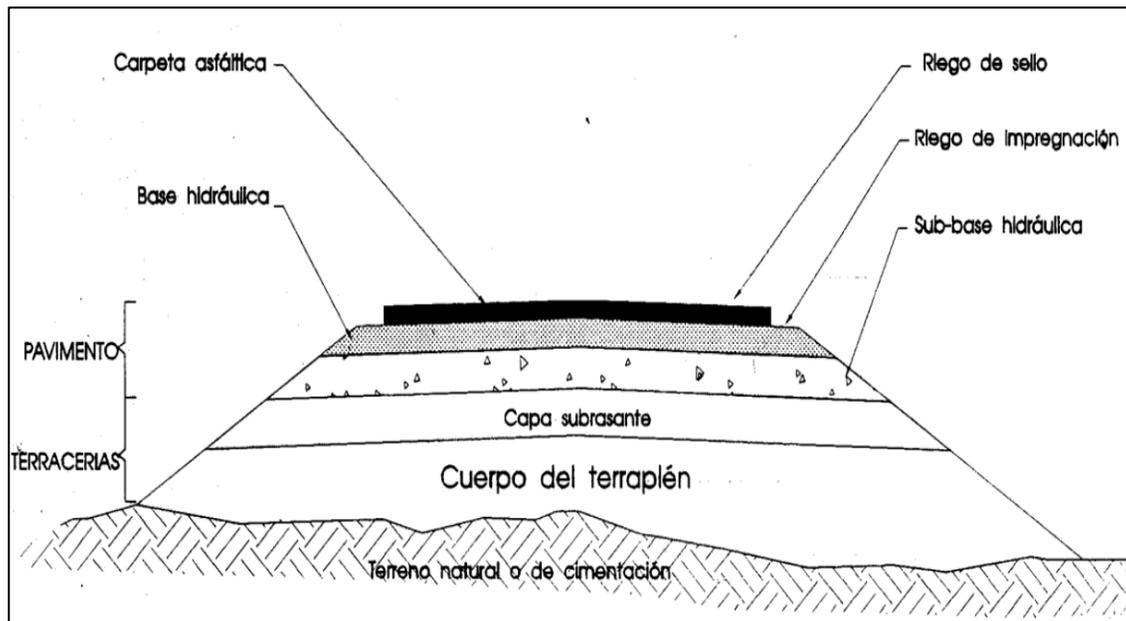
En el presente trabajo de suficiencia corroboro el diseño de la estructura de pavimento a través de la utilización de la herramienta computacional ecuación AASHTO-93, la cual brinda la posibilidad de obtener los números estructurales, de la estructura de pavimento de una manera rápida y sin la utilización de ábacos.

Para el diseño del pavimento, se considerará el uso de los siguientes materiales:

- Carpeta Asfáltica.
- Base Granular.
- Subbase Granula
- Subrasante

Figura 1.

Estructura del pavimento flexible



Fuente: Miranda, 2018

3.1.1 Requerimientos

Tabla 1

Requerimientos y normatividad aplicada

Normativa	Descripción
ASTM D2488	Practica estándar para la descripción e identificación de suelos (procedimiento visual-manual)
NTP 339.150	Descripción e identificación de suelos procedimiento visual
ASTM – E 204	Granulometría por tamizado
ASTM – D – 1556	Densidad n situ
ASTM – D – 3080	Corte directo residual
ASTM – D – 2487	Peso específico
ASTM – D – 2487	Perfil estratigráfico
ASTM – C – 127	Gravedad específica y absorción
ASTM – D420	Guía estándar para la caracterización del sitio con fines de diseño de ingeniería y construcción
ASTM – D854	Peso específico relativo de sólidos
NTP 339.151	Practica normalizadas para la prevención y transporte de muestras de suelo
ASTM – D2216	Contenido de humedad
ASTM – D4318	Límite líquido
ASTM – D4318	Límite plástico
NTP – 339.171 – ASTM D – 3080	Corte directo
NTP – 339.178 – AASTHO	Contenido de Sulfatos solubles en suelos
NTP – 339.177 – AASTHO	Contenido de Cloruros Solubles en Suelos
MTC E 115 (ASTM D-1557)	Determinación de humedad-densidad (P. Modificado)
MTC E 132 (ASTM D-1883)	(CBR) Método del cuerpo de ingenieros
ASTM D 6951	Ensayos de penetración dinámica de cono DCP
ASTM – D – 2487	Clasificaciones de SUCS
ASTM – D – 3282	Clasificación AASTHO
AASTHO – 93	ESAL
AASTHO – 93	Diseño de pavimento flexible
AASTHO – 93	Coefficientes Estructurales del Pavimento
AASTHO – 93	Parámetros de Drenaje

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, Norma Técnica Peruana, Instituto del Asfalto y American Society for Testing and Materials.

Subbases granulares

Tabla 2

Requerimientos Granulométricos Para Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en peso			
	gradación A (1)	gradación B	gradación C	gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

Nota: (1) La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msn m.

Tabla 3

Sub base granular Requerimiento de Ensayos especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma AS TM	Norma AASH TO	Requerimientos	
				<3000 msn m	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTCE 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTCE 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTCE 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTCE 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTCE 114	D 2419	T 176	25% máx.	35% máx.
Sales Solubles	MTCE 219	-	-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20% máx.	20% máx.

Fuente: ASTM D 1241

Nota: (1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)
(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Bases granulares

Tabla 4

Requerimientos Granulométricos Para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

Nota: El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la siguiente tabla

Tabla 5

Valor relativo de soporte

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Mín. 100%

Fuente: ASTM D 1241

Nota: (1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)
La franja por utilizar será la establecida en los documentos del proyecto y aprobada por el supervisor.

Agregado Grueso

Se denominada así a los materiales retenidos en la malla N° 4 que podrán provenir de las fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características, indicadas en la tabla 6.

Tabla 6*Requerimiento agregado grueso*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				<3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% máx.	80 % máx.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40 % mín.	50 % mín.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 311	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Agregado fino

Se denomina así al material que pasan la malla N° 4, que puede venir de fuentes naturales, procesadas o una combinación de los dos. Deberán cumplir con las características, indicadas en la tabla 7.

Tabla 7*Requerimiento de agregado fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3000 msnm	≥ 3000 msnm
índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2 % máx.
Equivalencia de arena	MTC E114	35 % mín.	45 % mín.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-	0.5% máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Tabla 8

Requerimientos para los Agregados gruesos

Norma	Altitud Requerimiento		
	≤3.000	3.000>	
Durabilidad (asl Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% máx.	35% máx.
partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 2019	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 2016	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, American Society for Testing and Materials.

La Adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluado mediante la performance de la mezcla según lo señalado.

La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene cara de fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Tabla 9

Requerimientos para los Agregados finos

Norma	Altitud Requerimiento		
	≤3.000	3.000>	
Equivalente en Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metieno	AASTHO TP 57	8% máx.	8% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	np
Durabilidad	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 min.	35 min.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx	0,5% máx
Absorción	MTC E 205	0,5% máx	0,5% máx

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones American Society for Testing and Materials.

La del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla.

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá reconocer a algunos de los usos granulométricos, detallados en la Tabla 10, Alternativamente pueden utilizar las gradaciones especiales en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla 10

Gradación para mezcla asfáltica en caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 2000)	4-8	4-8	5-10

Fuente: American Society for Testing and Materials e Instituto del Asfalto

3.1.2 Cálculos

Estudio de Trafico

Metodología del aforo vehicular

Se realizaron aforos de tránsito con la ubicación de una estación de conteo volumétrico. El conteo se realizó durante 7 días de la semana en turnos diurno y nocturno iniciándose los días y años, utilizando los formatos del ministerio de transportes y comunicaciones.

Características del tramo de estudio

Esta carretera se caracteriza por ser un tipo de vía local ya que conectan propiedades colindantes y a los usos ubicados en sus márgenes.

Según la clasificación de orografía del MTC es un terreno escarpado (TIPO 4).

Toma de datos en campo

Antes de realizar el conteo de vehículos primero nos percatamos de los instrumentos siendo estos de vital importancia por seguridad como chaleco con cinta reflectiva, sombrero, bloqueador, tablero, formatos de conteo (MTC).

Una vez concluida la labor en campo se procedió al llenado de los formatos del MTC, para luego ser llevados a gabinete, realizando los correspondientes cálculos.

Conteo vehicular

En la siguiente tabla se muestra los resultados del conteo vehicular de la estación (E1) correspondiente a la avenida Nicolás de Piérola, tomando ambos sentidos (E y S). En las gráficas siguientes se muestran los volúmenes vehiculares por hora correspondiente a la estación (E1) durante la semana de aforo.

Tabla 11

Resumen de conteo diario de flujo vehicular

Proyecto: “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal Av. Alfonso Ugarte y Av. Santa Fortunata, Región Moquegua”.

Ubicación: 0+000

Sentido: Total

HORA	SENTIDO	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN				TOTAL	
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	Semi trayler		trayler
DIAGRA. VEH.																
Lunes		22	7669	4258	2488	337	4042	167	71	0	668	39	3	35	0	19799
Martes		34	7598	5158	2506	221	3603	286	140	0	780	83	0	28	0	20437
Miércoles		21	7243	4825	2590	137	3387	258	159	0	892	116	0	48	0	19676
Jueves		33	7861	4913	2371	165	4010	169	53	0	713	28	1	20	0	20337
Viernes		33	4558	3372	1674	153	2318	116	68	0	524	136	2	29	0	12983
Sábado		33	4936	3769	1760	114	2467	161	49	14	589	61	1	20	1	13974
Domingo		44	5330	3796	1845	104	2474	175	36	0	712	69	4	23	0	14612
Total		220	45195	30091	15234	1231	22301	1332	576	14	4878	532	11	203	1	121818

Fuente: Expediente Técnico

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular realizado los siete (7) días establecidos el manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2020, en esta tabla resumen se aprecia que en ambos sentidos ida y vuelta.

Estudio de suelos

Los objetivos de la investigación, es determinar las condiciones físicas del subsuelo, para ello se tiene los siguientes alcances:

- Efectuar ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas en la exploración para determinar las propiedades índices y mecánicas del subsuelo.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación.
- Determinar la capacidad de admisible del subsuelo de cimentación.
- Determinar los parámetros para diseño por presión de tierras
- Determinar el factor y periodo del suelo
- Determinar si existe agresividad química del suelo

Trabajos de campo

Se aplicaron varias técnicas de investigación referente a este caso con el objetivo de determinar y establecer las características propias del terreno de fundación.

Estas excavaciones permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento.

Para este presente estudio de suelos se realizaron la excavación de 10 calicatas o pozo de exploración “a cielo abierto”. Asimismo, se muestra la ubicación de estas con la ayuda del GPS MAP 62s, con el sistema de referencia WGS 84:

Tabla 12*Calicatas realizadas*

N° Calicata	Coordenadas	Profundidad (m)	Estructura	Lado	CBR
C1	292883.31-8095977.43	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	30.0
C2	292876.31-8096260.1	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	30.0
C3	292892.01-8096750.09	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	32.0
C4	293002.7-8097115.06	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	20.0
C5	293083.07-80907302.83	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	22.0
C6	2930060.38-8097599.52	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	28.0
C7	293030.89-8097721.84	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	31.0
C8	292795.27-8097874.78	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	30.0
C9	292716.82-8097986.97	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	32.0
C10	292669.30-8098131.57	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	32.0

Fuente. Expediente técnico.

3.1.3 Dimensionamiento

Podemos apreciar las características que se tomarán en cuenta para el diseño de la vía y su pavimento flexible en caliente.

Diagnóstico de la vía actual.

La situación actual que presenta la trocha carrozable de la comunidad de Ataspaya, son de inadecuadas condiciones para la transitabilidad, ya que presentan un ancho de vía de 7.2 en promedio, superficie de recorrido con pendientes variables.

Características técnicas y geométricas de la vía:

En concordancia con los alcances del perfil técnico declarado viable, en relación con la topografía del terreno, ancho de la plataforma existente y las condiciones climáticas, se ha determinado las especificaciones técnicas más concordantes con las Normas Peruanas para el diseño de carreteras, que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1

Características técnicas y geométricas

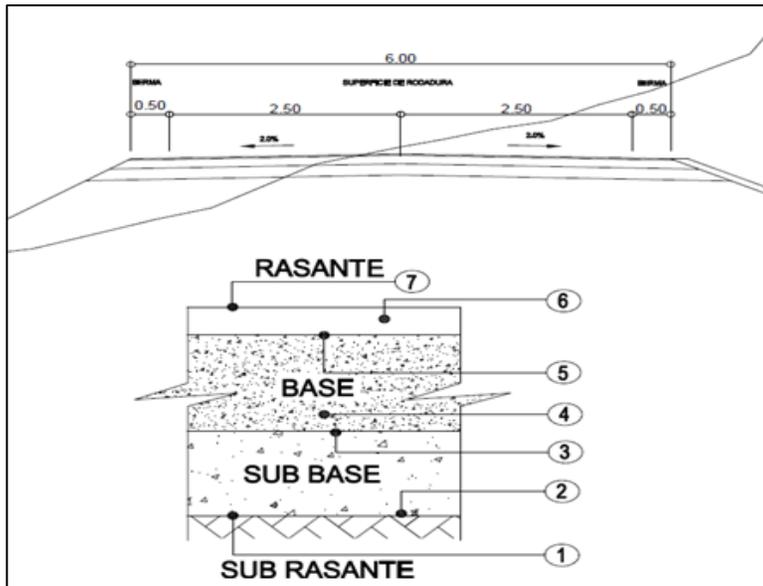
Tipo de vía	Asfaltado
Tamaño de la vía	2.51 kilómetros
Velocidad Directriz	30 Km. / h
Ancho de superficie de rodadura	5.00 m.
Ancho de Explanación Promedio	6.00 m.
Bermas Laterales a la calzada	0.50 – 0.50 m. c/lado.
Pendiente máxima	12.0 %.
Pendiente mínima	6.50 %.
Tipo de Pavimento	Asfaltado en caliente
Bombeo Transversal	2.00%.
Canal de evacuación de Aguas	Concreto simple.
Alcantarillas de evacuación de Aguas	Concreto Armado y concreto simple

Fuente: Expediente técnico

En nuestro cuadro podemos apreciar las características técnicas y geométricas de nuestra vía, estas características serán tomadas en cuenta para nuestro diseño de pavimento flexible.

Figura 2

Sección típica de una vía



Fuente: Expediente Técnico

Metas físicas del proyecto.

Según la alternativa seleccionada en el perfil técnico y en la elaboración del expediente técnico se considera los siguientes trabajos:

Pavimento flexible

Con carpeta asfáltica en caliente con un espesor de 3", colocado sobre subrasante mejorado, base de 6".

Para la mejor transpirabilidad de los vehículos que circulan por la zona se colocara señalización preventiva, reguladora e informativa, postes Kilométricos y delineadores, marcas en el pavimento, tachas retro reflectivas, guardavías y capta faros.

•**Alcantarilla de paso:** resistencia del concreto $F'c=210$ Kg/cm² con acero de refuerzo $f_y= 4200$ kg/cm². de sección: 1.00m X 1.00m, con emboquillados de ingreso y salida de agua de alcantarilla.

•**Alcantarilla de alivio:** resistencia del concreto $F'c=210$ Kg/cm² con acero de refuerzo $f_y: 4200$ kg/cm² de sección: 0.50m X 0.50m.

•**Muro de concreto ciclópeo:** resistencia del concreto $F'c=175$ Kg/cm² + 30% DE P.M, filtros drenantes, tubos dren PVC SAP D=4".

Figura 3

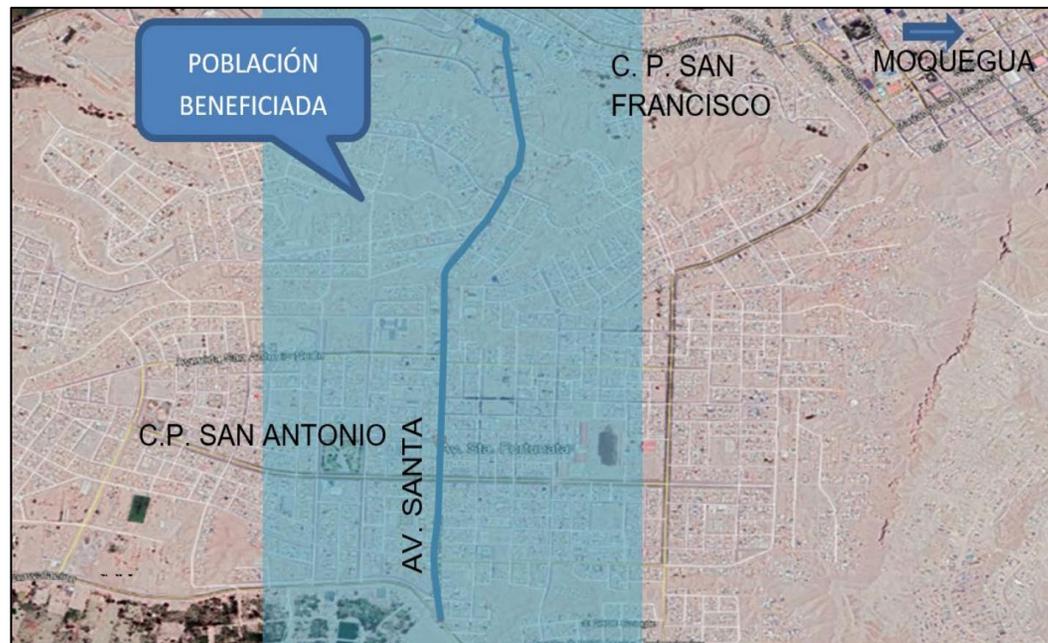
Proyección de la vía a ejecutar 2.51 km



Fuente: Expediente técnico.

Figura 4

Población Beneficiada



Fuente: Expediente Técnico.

3.1.4 Equipos utilizados

Tabla 13

Equipos utilizados en el proyecto

Equipo utilizado	Descripción teórica
Computador personal	Dispositivo informático que tiene gran movilidad y poder transportarla relativamente fácil, se utilizó para los trabajos en gabinete y poder procesar toda la información obtenida.
Impresora multifuncional	Una impresora multifuncional incorpora como su propio nombre lo indica, impresora, escáner y fotocopidora, se utilizó para la impresión de la información relevante, datos importantes que se utilizaron para el diseño del pavimento flexible.
Cámara fotográfica digital	Una cámara digital que utiliza un sensor electrónico para digitalizar las imágenes y guardarlas en una memoria, se utilizó para la toma de fotografías en el área de estudio y poder tener un registro veraz de la información.
Herramientas manuales	Son aquellas que solo son utilizadas con la mano del trabajador como flexómetro y otras.

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se describe los equipos utilizados para el análisis del cbr característico de un tramo homogéneo para el diseño de pavimento flexible.

3.1.5 Conceptos Básicos para el Diseño del Piloto

Pavimento flexible

Método AASHTO 93 pavimento flexible generalmente consisten en un suelo de fundación preparado (subrasante), subyacente a las capas de la subbase y superficie de rodadura. En algunos casos la subbase o base se estabilizan para maximizar el uso de los materiales locales.

ESAL (W_{18}):

Según AASHTO 93 son cargas actuantes acumuladas esperadas, de un eje simple 80 KN o 18 kips durante un periodo de análisis.

Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección suelos y pavimentos, son cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESAL’s Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-KN o 8.2 t, que en el presente manual se denominan Ejes Equivalentes (EE.EE).

La sumatorias de ESAL’s durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, también se denominan número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2t.

California Bearing Ratio (C.B.R.)

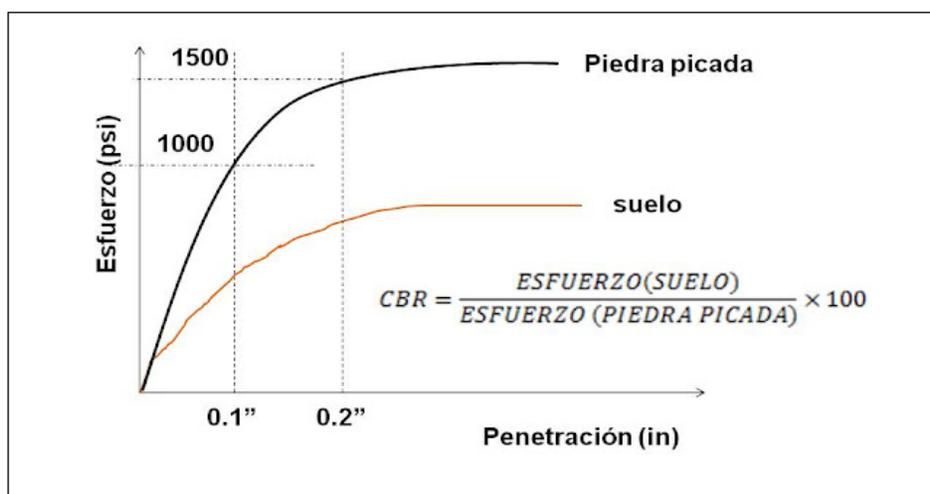
CBR es una prueba para evaluar la calidad de un material para pisos en función de su resistencia, medida por la prueba de la placa de rodadura (Sánchez, 2012).

CBR significa California Bearing Ratio la abreviatura en inglés de CBR, aunque en países como México esta prueba también se conoce como VRS, por valor de soporte relativo.

$$CBR = \frac{\text{carga que produce una penetración de 2.5 mm en el suelo}}{\text{carga que produce una penetración de 2.5 mm en la muestra patrón}}$$

Figura 5

Definición en grafica del CBR de laboratorio.



Fuente: (Sánchez, 2012)

Coefficientes estructurales

Para Subbase Granular: El coeficiente de aporte estructural de la subbase granular, se determinó por medio del ábaco que nos relaciona los parámetros de resistencia del coeficiente estructural y el CBR con el módulo dinámico.

Para Base granular: El coeficiente de aporte estructural de la base granular, se determinó por medio del Abaco que nos relaciona los parámetros de resistencia del coeficiente estructural y el CBR con el módulo dinámico.

Para Mezcla densa en caliente: El coeficiente de aporte de la Mezcla Asfáltica en Caliente, se obtuvo teniendo en cuenta el Abaco de coeficientes de mezcla asfáltica de la AASHTO, estimando de esta manera su módulo dinámico.

Coefficientes de drenaje

Estos coeficientes son mayores, iguales o menores que 1, dependiendo de la bondad de las capas de drenaje y obligara a hacer un paquete estructural de mayor espesor para resistir iguales condiciones de tránsito, es necesario aclarar que ese paquete de mayor espesor no es un sustituto de un buen drenaje m_1 , m_2 , m_3 son los coeficientes de drenaje.

Numero estructural

Expresado por la ecuación de diseño de pavimento flexible y las variables de diseño, se puede desarrollar una hoja de cálculo de Excel para determinar el valor de SN.

Con la fórmula de diseño se obtiene un valor denominado número estructural SN ya partir de él se determinan los diferentes espesores de capa que componen el paquete estructural.

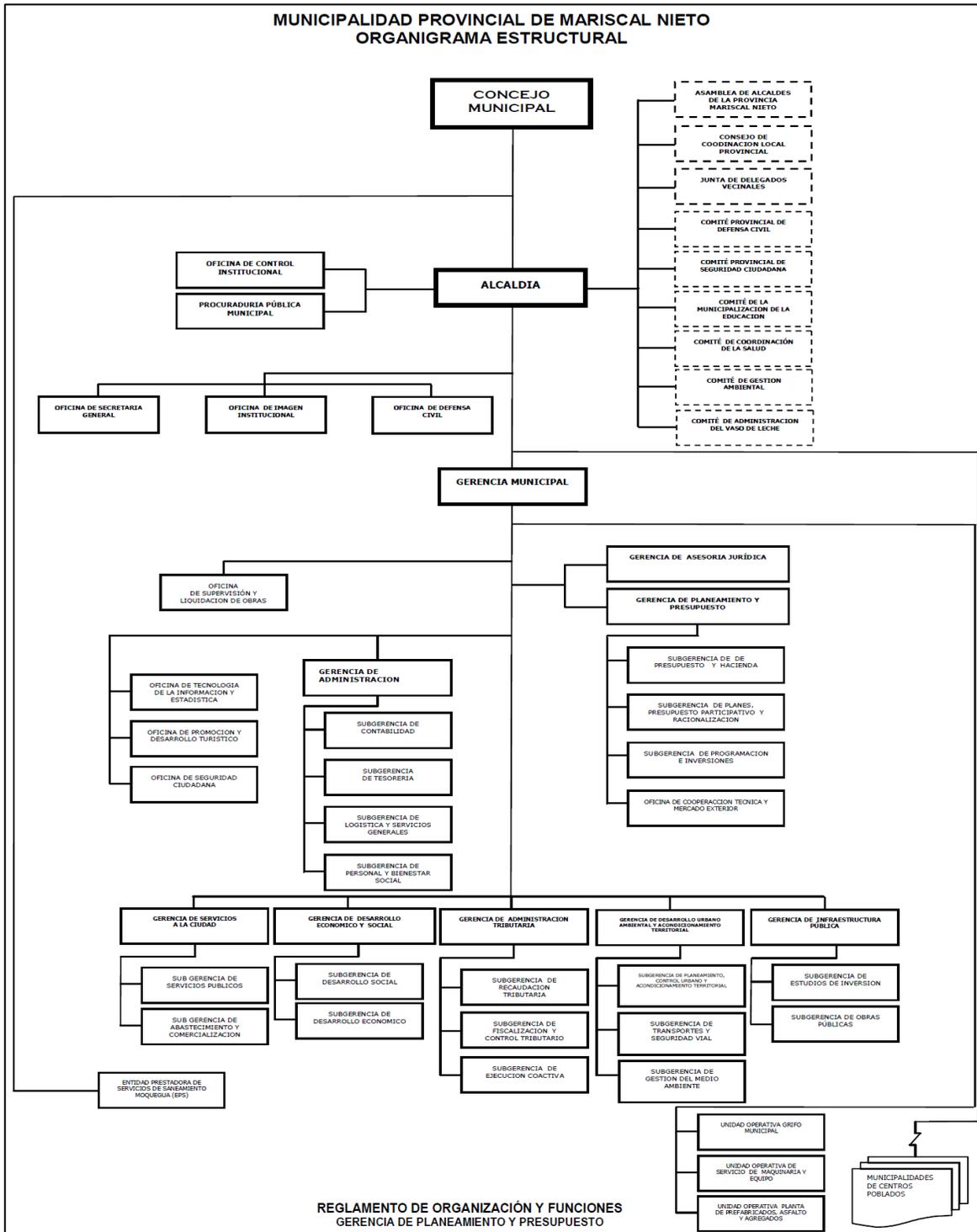
Método AASTHO 93

Torres & Pérez (2017) señalan que: El procedimiento recomendado por la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (AASHTO 1993) está basado en los resultados de los extensivos ensayos de carretera AASHO llevados a cabo en Ottawa, Illinois, a finales de los 50's y a comienzos de los 60's. El comité de Diseño de la AASHO publicó primero una guía de diseño provisional en 1961. Fue revisado en 1972 y 1981. En 1984 a 1985, el subcomité de diseño de pavimento y el equipo de consultores revisaron y expandieron la guía bajo el proyecto NCHRP 20- 7/24 y publicaron la guía actual en 1986.

3.1.6 Estructura

Figura 6

Organigrama Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto



Fuente: Municipalidad Provincial Mariscal Nieto

3.1.7 Elementos y funciones

Concejo municipal

El Concejo de la Municipal Provincial Mariscal Nieto, está integrado por el alcalde, quien lo preside y los miembros de los consejos provinciales elegidos acorde a las leyes nacionales, tendrán funciones de dirección, fiscalización y control.

El concejo municipal está sujeto a la ley, los estatutos y otras disposiciones legales aplicables a su reglamento interno como a las demás disposiciones legales.

Los concejales son personalmente responsables de las infracciones a la ley, que se lleven a cabo en las resoluciones y acuerdos aprobados, a menos que nombren expresamente su voto, lo que debe hacerse constar en el acta.

Órganos de alta dirección

Alcaldía

La alcaldía es el órgano ejecutivo del gobierno local. El alcalde es el representante legal de la provincia “Mariscal Nieto”.

Es responsable de llevar a cabo las funciones ejecutivas del gobierno de la ciudad previstas en la Ley Orgánica de Municipalidades, N° 27972 y otras normas adicionales, siendo estas algunas de sus atribuciones:

- Aprobar el presupuesto municipal, en caso de que el concejo municipal no lo aprueba dentro de los plazos previstos en la presente ley.
- Aprueba el expediente técnico mediante resolución municipal.

Gerencia Municipal (GM)

La gerencia municipal es el máximo nivel administrativo-técnico del municipio, responsable de planificar, organizar, coordinar, dirigir y supervisar el funcionamiento de las unidades orgánicas de la ciudad y los servicios que se prestan a los habitantes de forma centralizada en función de los lineamientos de las políticas públicas, en coordinación con la alcaldía y de acuerdo con los reglamentos promulgados por esta.

La gerencia municipal cuenta con un funcionario de confianza, designado por el alcalde, a quien éste reportará directamente; podrá ser removido con éste o por acuerdo del concejo municipal.

Es legal y administrativamente responsable de los actos que realice en el ejercicio de sus funciones y de lo que haya suscrito con el alcalde de la Provincia, siendo estas algunas de sus funciones y atribuciones de la gerencia municipal:

- Administrar y monitorear el desempeño de las unidades orgánicas de la Ciudad, en términos de servicios, participación y planificación es responsable de lograr sus objetivos.
- De acuerdo con los gerentes de servicios y sistemas administrativos, planificación estrategias y tácticas de desarrollo de la ciudad para construir herramientas de gestión y aprobarlas adecuadamente.
- Realizar las actividades administrativas, económicas y financieras de la ciudad dependientes del gobierno central, velar por la ejecución y cumplimiento del planeamiento urbanístico de la ciudad de acuerdo con las directivas e instrucciones de la alcaldía sobre esta materia.

- Coordinar y supervisar el trabajo de los gerentes quienes lo mantendrán informado del avance.

La gerencia municipal de encargar de realizar el cumplimiento de las funciones específicos promulgados por la alcaldía, las políticas y acuerdos del concejo municipal, lo dispuesto en el Reglamento de Organización y Funciones (ROF) y las disposiciones de la ley vigente.

Oficina de control institucional (OCI)

El órgano de control institucional de la municipalidad constituye la unidad especializada responsable a tiempo completo que ejerza el control del gobierno sobre la unidad de conformidad con las leyes pertinentes. Está integrada por la oficina de control Institucional (OCI), adscrita a un funcionario designado por la Contraloría General, con el rango de jefe, quien funcional y administrativamente está subordinado al Auditor General Contralor de la República.

Son funciones de la Oficina de Control Institucional:

- Ejecutar las acciones y actividades de control a los actos u operaciones de la entidad, que dispongan la Contraloría General.
- Efectuar control preventivo sin carácter vinculante, al órgano del más alto nivel de la entidad con el propósito de optimizar la supervisión y mejora de los procesos, prácticas e instructivo de Control Interno.

- Recibir y atender las denuncias que formulen los funcionarios y servidores públicos y ciudadanos, sobre actos y operaciones de la entidad, otorgándole el trámite que corresponda a su mérito y documentación sustentadora respectiva.

Gerencia de infraestructura pública (GIP)

La gerencia infraestructura pública, es el órgano, responsable de evaluar las propuestas, desarrollar estudios, ejecutar proyectos y poner en marcha proyectos estratégicos de inversión de gran impacto y beneficio para la provincia.

La gerencia de infraestructura pública, para el mejor cumplimiento de sus funciones tiene como sus dependencias:

- Subgerencia de estudios de inversión
- Subgerencia de obras públicas

Subgerencia de estudios de inversión (SEI)

La subgerencia de estudios de inversión es el órgano responsable de conducir la formulación de estudios y proyectos de reinversión e inversión que permiten el desarrollo integral y sustentable de la jurisdicción. Así mismo son responsables de la elaboración de los expedientes técnicos de acuerdo con los componentes de los estudios de inversión (Perfil, Prefactibilidad y Factibilidad), por los que fue declarado viable.

Subgerencia de obras públicas (SOP)

La subgerencia de obras públicas tiene la tarea de liderar y/o apoyar el proceso de construcción de infraestructura de diversas maneras; en los lineamientos vigentes del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

Depende jerárquica, funcional y administrativamente de la gerencia de infraestructura pública.

3.1.8 Planificación del proyecto

Tabla 14

Planificación de desarrollo de trabajo de suficiencia

Actividad	Semana - 1	Semana - 2	Semana - 3
Revisión bibliográfica	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 de borrador final		X	X
Aprobación del borrador			X
Preparación de materiales para sustentación			X
n			X
Fecha de sustentación de tesis			X

Fuente: Elaboración propia.

3.1.9 Servicios y Aplicaciones

a) **Calcular** los Ejes Equivalentes (EE.EE.) y como influirán en el diseño de pavimento flexible.

Estudio de Trafico

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen futuro de los vehículos que transitarían por las avenidas Alfonso Ugarte y Santa Fortunata ubicado en los C.P. San Francisco y San Antonio, distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto.

Este estudio de tráfico determinará el IMDA (Índice Medio Diario Vehicular) futuro de esta nueva vía, así como el ESAL (Ejes Equivalentes) los mismos que podrán ser utilizados en la determinación de las características de diseño del pavimento.

La variable más importante para el diseño del pavimento es el tránsito, ya que los espesores de los pavimentos dependerán directamente de los tipos de vehículos que transitarán por la vía. El número y los pesos de estos vehículos serán determinantes para el diseño estructural del pavimento.

En el presente ítem se presentan los elementos necesarios para cuantificar el tránsito, así como la metodología para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que se ha utilizar durante la vida del pavimento. Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos en una sección o un específico dentro de un sistema vial en estudio; estos son expresados con respecto al tiempo expresado mediante:

$$Q = \frac{N}{T} \dots \dots \dots [Ecuación 1]$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Periodo determinado (unidades de tiempo)

Los volúmenes de tránsito absolutos o totales son el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado, pudiendo ser:

Tránsito anual (TA), $T = 1$ año.

cuando Tránsito mensual (TM), $T = 1$ mes.

cuando Tránsito semanal (TS), $T = 1$ semana.

cuando Tránsito diario (TD), $T = 1$ día.

cuando Tránsito horario (TH), $T = 1$ hora.

Tasa de flujo (q): es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. $T < 1$ hora.

Los volúmenes de tránsito promedios diarios (TPD), definida como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedios diarios, dados en vehículos por días:

- Tránsito promedio diario anual (TPDA): $TPDA = TA / 365$
- Tránsito promedio diario mensual (TPDM): $TPDM = TM / 30$
- Tránsito promedio diario semanal (TPDS): $TPDS = TS / 7$

De los indicadores de volúmenes de tránsito descritos, el Tránsito Diario Promedio anual (TDPA) o llamado también Índice Medio Diario Anual (IMDA), es el indicada más importante que se debe conocer para efectuar el proyecto de diseño de pavimento.

Para determinar el IMDA de una vialidad en operación, es necesario disponer de un número total de vehículos que pasan durante todo el año por un punto de referencia establecido, el que se realiza mediante una operación de conteo en forma directa del tránsito denominada "aforo vehicular".

El aforo para determinar el IMDA puede llevarse durante todo el año que sería lo más recomendable; por lo general en nuestro medio esta información anual es difícil de obtener por el número de estaciones de aforo necesarias y tiempo que finalmente representa costos adicionales. En carreteras es posible obtener esta información de las casetas de cobro (peajes) o a través de contadores automáticos en caso existieran, cuya información es más consistente y permitirá un mejor análisis debido a que se tendría información de varios años consecutivos tanto del número y el incremento vehicular dado.

El IMDA es también posible estimar a partir de aforos vehiculares en determinadas temporadas, ya sea en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales y luego proyectarlo a un año mediante técnicas estadísticas.

Cuando se requiere determinar el IMDA de vías que se habrá de construir, debemos considerar el tránsito inducido y el tránsito generado. El tránsito inducido es aquel que en la actualidad utiliza otras vías alternas, pero que usará el nuevo para llegar o acortar distancias de destino, es decir, el tránsito que ahora hace un rodeo, pero que al abrirse utilizará la nueva vía por ser más directo, darle mayores facilidades para llegar al sitio

deseado o simplemente por ofrecer mayor cobertura en el servicio de transporte urbano. Cabe señalar que, para determinar el tránsito inducido con bastante aproximación, se realizan estudios de origen y destino en los caminos que operan en la actualidad, donde se hacen entrevistas tanto a los conductores como a los pasajeros.

El Estudio de tráfico tiene los siguientes objetivos:

- Determinar el índice medio diario (IMD) y el número de ejes equivalentes (ESAL) en el tramo comprendido por todas las avenidas Alfonso Ugarte y Santa Fortunata. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Se realizarán durante siete (7) días continuos, las 24 horas.
- Efectuar proyecciones de tráfico por cada tipo de vehículo, considerando la tasa anual de crecimiento calculada para vehículos de transporte de pasajeros, según corresponda.
- Proyectar el IMD anual para un periodo de 20 años.

Análisis del Tráfico (IMDA)

Para su cálculo se va a determinar la cantidad de flujo vehicular absoluto durante 07 días consecutivos, las 24 horas, consiguientemente determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA), a partir del cual transformar a un patrón de carga para el diseño de la estructura de pavimentos.

La metodología empleada se compone de 04 etapas, con características objetivas para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Planificación

- Revisión de la información existente
- Reconocimiento de vía principal y alternas
- Determinación de estaciones según similitud de servicio
- Diseño de los formatos y esquema de conteo

Organización

- Programa de Actividades
- Adquisición de materiales e implementos
- Contratación y adiestramiento del personal.

Ejecución

- Conteo de Trafico en los puntos y registrados en formatos establecidos en la primera etapa.

Procesamiento en Gabinete

- Revisión y consistencia del trabajo de campo
- Digitación y verificación

Tabla 15

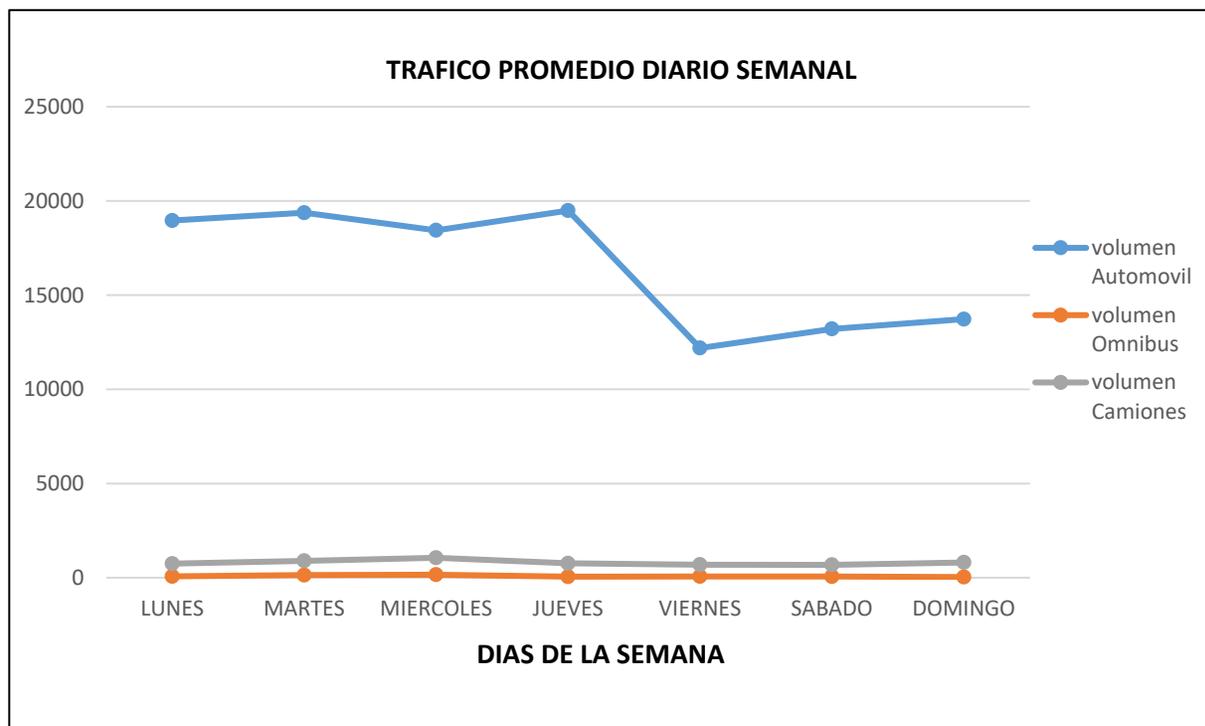
Resultados Trafico promedio diario semanal

DIA	volumen			Total
	Automóvil	Ómnibus	Camiones	
LUNES	18961	71	747	19779
MARTES	19372	140	893	20405
MIERCOLES	18440	159	1058	19657
JUEVES	19489	53	765	20307
VIERNES	12191	68	691	12950
SABADO	13207	63	682	13952
DOMINGO	13724	36	810	14570
TOTAL	115384	590	5646	121620
%	94.87 %	0.49 %	4.64 %	100.00 %

Fuente: Expediente Técnico

Gráfico 01

Trafico promedio diario semanal



Fuente: Expediente técnico

Horizonte del proyecto

El horizonte de evaluación del proyecto es de 20 años en función a la vida útil de la vía, asumiendo que tendrá un mantenimiento periódico, rutinario y de reforzamiento adecuado.

Descripción de la demanda

La demanda está dada por el flujo vehicular para satisfacer las necesidades de transporte de pasajeros, carga y servicio turístico; a las poblaciones y centros poblados del área de influencia del Proyecto.

Las empresas de transportes de pasajeros y de carga, que tendrían menores costos de operación por menos desgaste de llantas, muelles y mayor rendimiento de combustible por kilómetro y por ende los pasajes serían más asequibles o menores para los usuarios.

Los turistas locales y nacionales cuya influencia se verá incrementada por la posibilidad de una permanencia mayor que permita mayores dividendos en beneficio de la población del área de referencia. Los productos en general facilitarían su actividad extractiva, productiva y de comercialización.

Conceptualización general

Para el desarrollo del estudio de tráfico se ha tomado en consideración las premisas de Tráfico Normal y Tráfico Generado a partir, de la siguiente conceptualización:

Tráfico normal

Corresponde a aquel que circula por la vía en estudio en la situación sin proyecto y no se modifican en la situación con proyecto.

Tráfico generado

Es aquel que no existía en la vía en la situación sin proyecto, y aparece como efecto directo de la ejecución del proyecto debido principalmente a la reducción del costo de transporte de las vías.

Determinación del índice medio diario anual (IMDa)

Metodología

Para la determinación del Índice Medio Diario Anual, producto final del estudio de tráfico, es necesario contar con información primaria, que son los aforos vehiculares en la carretera en estudio, para luego efectuar trabajos de gabinete y llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, por tanto, como requisito mínimo para la elaboración del estudio se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Recopilación de la información en campo (aforos vehiculares}.
- Procesamiento de la información obtenida en campo.
- Identificación de tramos homogéneos.

El Tráfico medio diario viene a ser el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo.

En los Términos de Referencia, no se establece cual será el periodo para determinar el tráfico medio diario, por lo que se ha creído conveniente considerar un periodo anual por ser más representativo. En ese sentido se procederá a calcular el Índice Medio Diario

Anual, más conocido por sus iniciales como IMDA o IMD. El desarrollo del estudio se desarrolla en las siguientes etapas:

1. Recopilación de la información

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes:

Fuentes directas o primarias: Recopilación de información de campo, a través de los aforos o conteos vehiculares, realizados por una cuadrilla de personas instruidas para tal actividad.

Fuentes referenciales o secundarias: Recopilación de información de campo a través de una cámara de video vigilancia, con el fin de corroborar la información registrada en campo, tomando en cuenta que se trata d una vía con tráfico alto.

2. Tabulación de la información.

Con la información obtenida en el punto de observación N° 01, se procede con las labores de conteo y clasificación en el campo se desarrollaron de forma continua, las 24 horas del día, durante los 7 días de la semana.

3. Análisis de la información.

Esta actividad corresponde íntegramente al trabajo de gabinete. La información de los conteos de tráfico obtenidos en campo es procesada en formatos Excel, donde se registran todos los vehículos por hora y día, por sentido (entrada y salida) y por tipo de vehículo.

La información obtenida de los conteos tiene por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta los tramos viales, así como la composición vehicular y variación diaria y horaria.

Estación de Conteo

Para el registro de datos (captura, identificación y registro) se consideró un equipo de trabajo, encabezado por un programador que efectuó funciones de conteo y clasificación vehicular, en forma automatizada.

La clasificación vehicular correspondió a: autos, camionetas, camionetas rurales, combis, ómnibus de 2, 3 y 4 ejes, camiones de 2, 3 y 4 ejes, camiones desagregados en tráiler y semi tráiler.

Se registran únicamente vehículos que circulan en sentido Oeste - Este (entrada a la Av. Santa Fortunata) y sentido Este- Oeste (salida de Av. Santa Fortunata). Tómese en cuenta que no se registra vehículos estacionados.

El resultado del conteo de tráfico se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16

Resumen de conteo diario de flujo vehicular

Proyecto: "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal Av. Alfonso Ugarte y Av. Santa Fortunata, Región Moquegua".

Ubicación: 0+000

Sentido: Ambos Sentidos

HORA	SENTIDO	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN				TOTAL	
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	Semi trayler		trayler
DIAGRA. VEH.																
Lunes		22	7669	4258	2488	337	4042	167	71	0	668	39	3	35	0	19799
Martes		34	7598	5158	2506	221	3603	286	140	0	780	83	0	28	0	20437
Miércoles		21	7243	4825	2590	137	3387	258	159	0	892	116	0	48	0	19676
Jueves		33	7861	4913	2371	165	4010	169	53	0	713	28	1	20	0	20337
Viernes		33	4558	3372	1674	153	2318	116	68	0	524	136	2	29	0	12983
Sábado		33	4936	3769	1760	114	2467	161	49	14	589	61	1	20	1	13974
Domingo		44	5330	3796	1845	104	2474	175	36	0	712	69	4	23	0	14612
Total		220	45195	30091	15234	1231	22301	1332	576	14	4878	532	11	203	1	121818

Fuente: Expediente Técnico

Nota: En esta tabla se muestra el conteo vehicular realizado los siete (7) días establecidos el manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2020, en esta tabla resumen se aprecia que en ambos sentidos da y vuelta.

Índice Medio Diario Anual (IMDa)

Para este tramo se ubicó la estación E-1, se realizó el conteo vehicular durante 7 días, obteniéndose sobre la base del conteo: el volumen vehicular, la clasificación diaria por sentido (ida y vuelta), la consolidación de ambos sentidos, el resultado de la tabulación de los conteos volumétricos determina la información que se presenta en las siguientes tablas, donde se presenta el Índice Medio Diario Anual - IMDa y la composición porcentual por tipo de vehículo. La información completa y detallada del trabajo de campo se presenta en el anexo de tráfico.

Tabla 17

Conteo de tráfico vehicular x factor de corrección región Moquegua

Ítem	Día	Total, Semanal	IMDs= $\Sigma vi/7$	FC	IMDa=IMDs \times FC
1	Motos	220	31	1	31
2	Autos	45195	6456	1	6456
3	Station Wagon	30091	4299	1	4299
4	Camioneta Pick Up	15234	2176	1	2176
5	Camioneta Panel	1231	176	1	176
6	Combi Rural	22301	3186	1	3186
7	Micro	1332	190	1	190
8	Ómnibus 2E	576	82	1	82
9	Ómnibus 3E	14	2	1	2
10	Camión (2E)	4878	697	1	700
11	Camión (3E)	532	76	1	76
12	Camión (4E)	11	2		2
13	Semi Trayler	203	29	1	29
14	Trayler	1	1	1	1
TOTAL, IMDa		121818			17406

Fuente: Estudio de tráfico.

Tabla 18*Porcentaje de vehículos ligeros y pesados*

Tipo de Vehículo	CANT. Veh/día	Porcentaje (%)	CLASE
Motos	31	0.2%	Ligeros
Autos	6456	37.1%	Ligeros
Station Wagon	4299	24.7%	Ligeros
Camioneta Pick Up	2176	12.5%	Ligeros
Camioneta Panel	176	1.0%	Ligeros
Combi Rural	3186	18.3%	Ligeros
Micro	190	1.1%	Ligeros
Ómnibus 2E	82	0.5%	Pesados
Ómnibus 3E	2	0.0%	Pesados
Camión (2E)	700	4.0%	Pesados
Camión (3E)	76	0.4%	Pesados
Camion)4E=	2	0.0%	Pesados
Semi Trayler	29	0.2%	Pesados
Trayler	1	0.0%	Pesados
TOTAL	17406	100%	

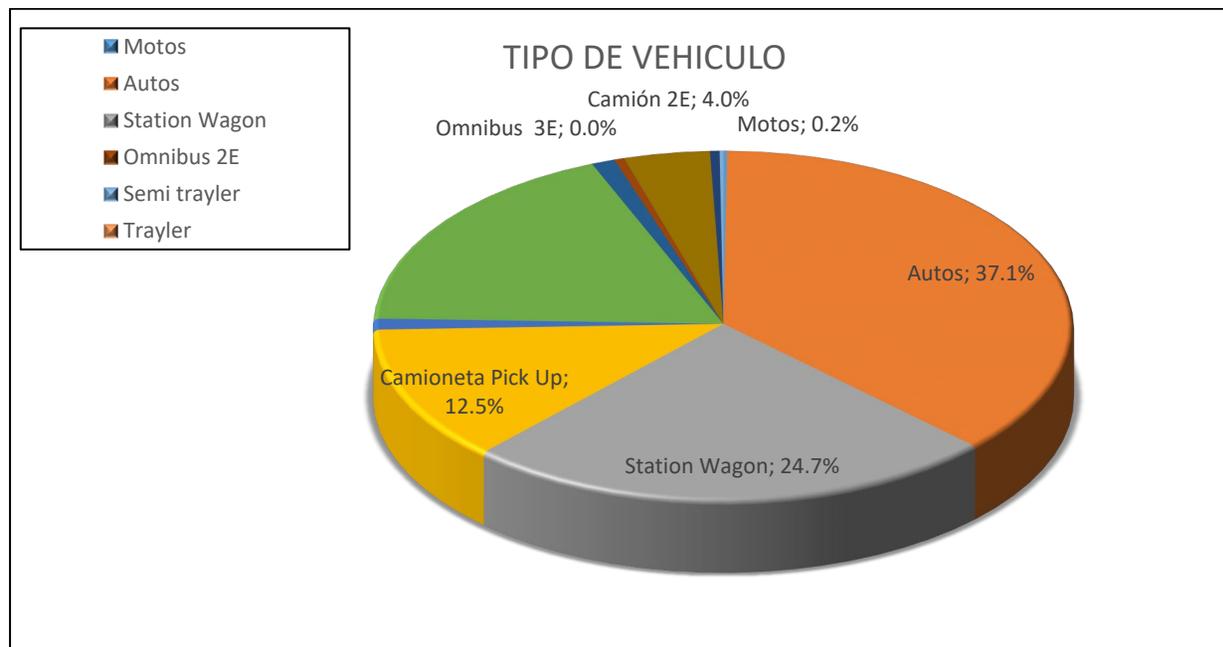
Fuente: Estudio de tráfico.

Clasificación vehicular promedio

La clasificación vehicular para el presente tramo es el siguiente orden: Motos (0.2%), Autos (37.1%), Station Wagon (24.7%), Camioneta Pick Up (12.5%), Camioneta Panel (1.0%), Combi Rural (18.3%), Micro (1.1%), Ómnibus de 2 Ejes (0.5%), Ómnibus de 3 Ejes (0%), Camión de 2 Ejes (4.0%), Camión de 3 Ejes (0.4%), Camión de 4 Ejes (0%), Semitrayer (0.2%), Trayler (0%).

Gráfico 2

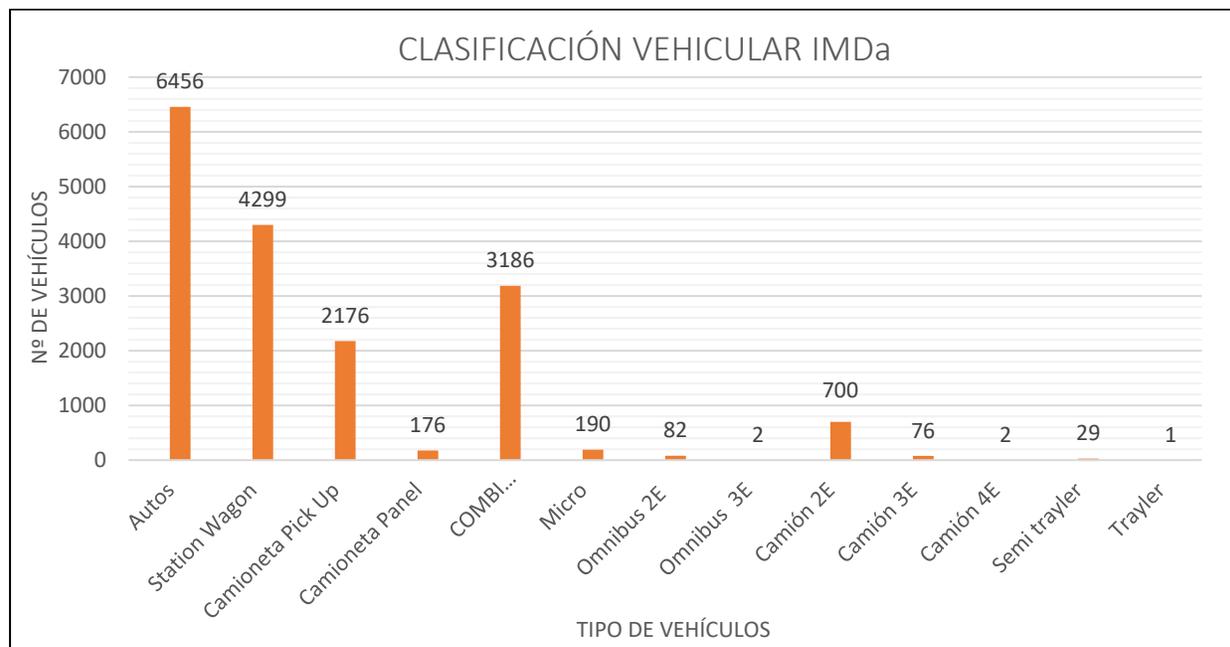
Tráfico diario por tipo de Vehículo



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3

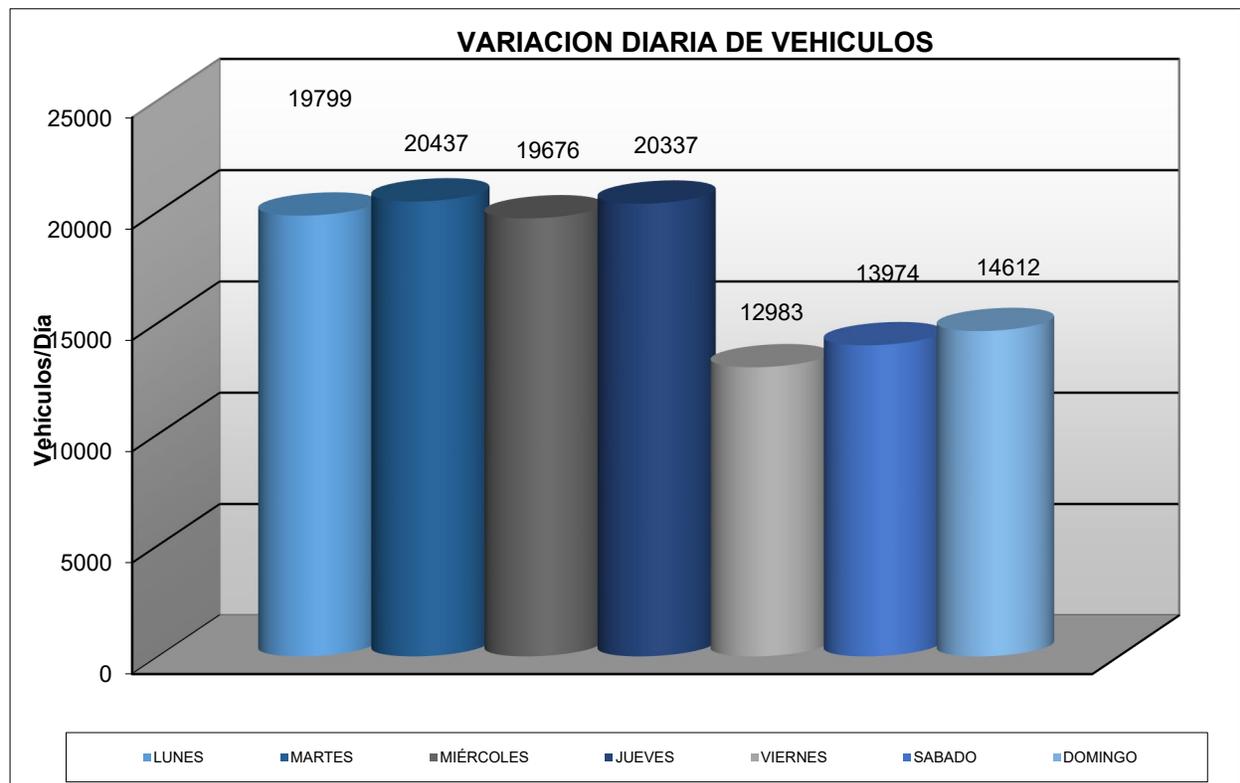
Clasificación Vehicular por IMDa



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4

Tráfico diario por tipo de Vehículo IMDa



Fuente: Elaboración Propia.

Ejes equivalentes para el periodo de diseño

La metodología para proyectar el tráfico futuro de los vehículos de pasajeros y de carga (camiones), se basa en la proyección con el uso de los indicadores macro-económicos que en el presente caso correspondiente a la tasa de crecimiento poblacional y al PBI (Producto Bruto Interno) departamentales.

Determinar las proyecciones de tránsito requiere obtener datos de carácter oficial y confiable; tanto del crecimiento del parque automotor, la magnitud del tránsito generado y el tránsito desarrollado.

El crecimiento anual de tráfico para los vehículos de pasajeros (Automóvil, Combi, Camioneta), se ha estimado según el crecimiento poblacional promedio para la Provincia de Mariscal Nieto de la siguiente manera:

- Para la Provincia Mariscal Nieto: 1.60% (Fuente: INEI; Censo Nacional de Población y Vivienda 2017)

Para los Vehículos de Carga (Camión 2E, Camión 3E, Articulado) se ha tomado como referencia el PBI Regional de la siguiente manera:

- Para la Región Moquegua: 2.50%

Con la ejecución del proyecto y actividades productivas, comerciales, sociales del área de influencia; se ha estimado un tráfico generado del flujo vehicular en 15% en general para pasajeros y para carga.

Se considera que el Tráfico generado se dará a partir del Año 5 (2026), cuando el Proyecto se encuentre en operación y funcionamiento.

Por lo expuesto, para la proyección del tráfico de vehículos ligeros y pesados, se va a considerar una tasa de crecimiento del tránsito que representa el escenario más exigente, vale decir 2.50%, cuyo valor corresponde a los vehículos de carga. Se utilizará la tasa de crecimiento del PBI departamental que se ha estimado en 2.50%, para ello se determinará la siguiente fórmula:

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

Donde:

T_n: Tránsito proyectado para el año "n" en veh./día

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

I : N Años de periodo de diseño.

Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Con ello se determinará la proyección de tráfico por tipo de vehículo, de acuerdo al IMDa determinado en el estudio de tráfico.

Factor de equivalencia de carga (FEC)

Con el objeto de evaluar el efecto dañino, en un pavimento flexible, de las cargas diferentes en un eje estándar, se han considerado factores de equivalencia de carga por eje (FEC). Estos valores se obtuvieron a partir de resultados experimentales de la AASHTO Road Test. Los resultados obtenidos han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes se expresa como:

$$F.E.C. = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^4 \dots\dots\dots[Ecuación 2]$$

Donde:

Po= Carga estándar.

P1 = Carga cuya equivalencia de daño se desea calcular.

Para el cálculo de los EE, se puede tomar el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones para vehículos pesados, buses camiones:

Cuadro 2

Relación de cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles.

Tipo de Eje	Eje Equivalentes ($EE_{8.2tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{s1})	$EE_{s1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{s2})	$EE_{s2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 eje ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Ejes Trídem (2 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Ejes Trídem (3 ejes ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$

P= Peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de Carreteras, suelos, geología y pavimentos.

Para la determinación del FEV se tendría que realizar un censo de cargas para cada tipo de vehículo en campo y cuantificar los pesos en función del porcentaje de carga ya sean cargados completa o parcialmente. Por factores de tiempo y condiciones logísticas en el presente proyecto se acudió a las tablas elaboradas para diferentes tipos de ejes, números estructurales y Serviciabilidad terminales o finales que fueron elaborados por la AASHTO la cual se encuentra en el manual Design Of Pavement Structures.

Para nuestro caso los valores FEC calculados son:

Tabla 19*Porcentaje de vehículos por tipo de vehículo IMDs*

Tipo de Vehículo	CANT. Veh/día	Porcentaje (%)	CLASE
Motos	31	0.2%	Ligeros
Autos	6456	37.1%	Ligeros
Station Wagon	4299	24.7%	Ligeros
Camioneta Pick Up	2176	12.5%	Ligeros
Camioneta Panel	176	1.0%	Ligeros
Combi Rural	3186	18.3%	Ligeros
Micro	190	1.1%	Ligeros
Ómnibus 2E	82	0.5%	Pesados
Ómnibus 3E	2	0.0%	Pesados
Camión (2E)	700	4.0%	Pesados
Camión (3E)	76	0.4%	Pesados
Camión (4E)	2	0.0%	Pesados
Semi Trayler	29	0.2%	Pesados
Trayler	1	0.0%	Pesados
TOTAL	17406	100%	

Fuente: Estudio de tráfico.

Tabla 20*Resultados de FECV final*

Tipo de Vehículo	FECV (a)	FA (b)	FECV (final) (a*b)
AT1, SW2	0.0011	1.5	0.0016
PK3, CP4, CR5	0.0221	1.5	0.0331
MN6	0.0221	1.5	0.0331
2EO	4.2413	1.5	6.3619
3EO	1.7137	1.5	2.5705
2EC	4.2413	1.5	6.3619
3EC	2.5685	1.5	3.8528
4EC	2.7485	1.5	4.1227
T2S1/T2S2	7.9919	1.5	11.9879
T2S3	5.6761	1.5	8.5142
T3S1/T3S2	6.3191	1.5	9.4787
T3S3	4.0034	1.5	6.0050
C2R2	11.7426	1.5	17.613
C2R3	10.0698	1.5	15.1047
C3R2	10.0698	1.5	15.1047
C3R3	8.3970	1.5	12.5955

Fuente: Estudio de tráfico.

Ejes Equivalentes Ee8.2tn (EES, EAL O ESAL)

Es el número de aplicaciones de cargas por eje Estándar, previsto durante el Periodo de Diseño. El procedimiento usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el periodo de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego.

El eje estándar, se denomina al eje simple con ruedas duales con una carga de 80 kN (8.2 T o 18 kips).

Una vez obtenidos todos los datos anteriores, se procede a calcular el número de ejes equivalentes o Equivalent Single Axle Load (ESAL). Para esto se necesita el tráfico medio diario o Average Daily Traffic (ADT) el cual se obtiene del conteo vehicular y los factores EALF

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, se emplea la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos considerados:

$$EAL = \sum_{t=1}^n (IMDa)(FECV)(G)(D)(L)(365) \dots \dots \dots [\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

IMDa : Índice Medio Diario Anual por tipo de vehículo

FECV : Factor de ejes equivalentes de carga por vehículo

G : Factor de crecimiento (FC)

D : Factor Direccional (Fd), se asume 0.5

L : Factor de distribución (Fc) de tránsito por carril

Tabla 21*Calculo ESAL de diseño*

Vehículo	Factor	IMDs	FECV	G	D	L	DIAS	EAL
AT1, SW2	1.203	12084.46	0.0016	25.54	0.5	1	365	89054.66
PK3, CP4, CR5	1.203	6207.36	0.0331	25.54	0.5	1	365	958303.21
MN6	1.203	213.18	0.0331	25.54	0.5	1	365	32927.30
2EO	1.203	92.19	6.3619	25.54	0.5	1	365	2733641.96
3EO	1.203	2.24	2.5705	25.54	0.5	1	365	26845.69
2EC	1.203	780.71	6.3619	25.54	0.5	1	365	23150530.37
3EC	1.203	58.14	3.8528	25.54	0.5	1	365	1529022.91
4EC	1.203	1.76	4.1227	25.54	0.5	1	365	33830.02
T2S1/T2S2	1.203	5.92	11.9879	25.54	0.5	1	365	330882.77
T2S3	1.203	7.36	8.5142	25.54	0.5	1	365	292167.15
T3S1/T3S2	1.203	3.84	9.4787	25.54	0.5	1	365	169703.39
T3S3	1.203	15.36	6.0050	25.54	0.5	1	365	430047.06
C2R2	1.203	0.64	17.613	25.54	0.5	1	365	52558.60
C2R3	1.203	1.92	15.1047	25.54	0.5	1	365	135214.14
C3R2	1.203	0.00	15.1047	25.54	0.5	1	365	0.00
C3R3	1.203	0.96	12.5955	25.54	0.5	1	365	56376.26
							ESAL	2.978E+07

Fuente: Elaboración Propia.

b) Analizar el CBR obtenido en el estudio de mecánica de suelos y cómo influirá en el diseño de pavimento.

Antecedentes

Este estudio geotécnico de mecánica de suelos se ha desarrollado con la finalidad de caracterizar las capas estructurales del pavimento, existente en el tramo del proyecto, vía que en la actualidad se encuentra a nivel de carpeta asfáltica.

El estudio de suelos efectuado en la franja la vía, se efectúa con la finalidad de conocer sus características y propiedades, para establecer su posible comportamiento

estructural como pavimento de la vía; así como también la definición de los valores de soporte CBR para el dimensionamiento del pavimento en los tramos críticos con fallas, estructurales y superficiales.

Se ha evaluado el estado en que se encuentra la vía, los factores influyentes en su comportamiento como la presencia del agua, medio ambiente y tránsito.

La vía se encuentra a nivel de carpeta asfáltica y en sectores puntuales, con pavimento rígido. El tramo en estudio se ubica a aproximadamente a una altitud de 1,385 a 1,468 m.s.n.m., la vía atraviesa sobre terrenos de topografía plana.

La exploración geotécnica se realizó en base a 10 prospecciones realizadas sobre la vía existente, se realizó el muestreo de suelos de cada estrato encontrado, ensayos de densidad de campo, y extracción de material disturbado para ser procesado en el laboratorio.

Todas las excavaciones se realizaron con maquinaria liviana y herramientas manuales a cielo abierto, estas prospecciones fueron ubicadas sobre la plataforma de la vía, cubriendo de esta manera la variabilidad de los suelos existentes.

La vía en la actualidad presta servicios de transitabilidad vehicular y peatonal de manera normal, con algunas deficiencias de bacheas ondulaciones, huecos, agrietamientos, etc., por falta de mantenimiento preventivo adecuado y deficiencias constructivas.

El presente informe corresponde al trabajo de campo y gabinete realizados durante el mes de noviembre del presente año, estudio realizado siguiendo los lineamientos de términos de referencia, Normas NTE CE. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones y EG-2013.

Cabe mencionar, que esta vía principal permite descongestionar el tráfico vehicular que soporta el C. P San Antonio y el C.P. San Francisco, beneficiándose la población en general.

Objetivos del Estudio

El presente estudio Geotécnico, es en base a las condiciones propias de la zona, para diseñar un pavimento con una estructura resistente, que permita una adecuada Serviciabilidad a los usuarios durante el período de vida de diseño, teniendo en cuenta las características geométricas, el comportamiento del terreno natural, el aporte estructural (SN) del pavimento en la vía y el tránsito pasante actual.

- Realizar la investigación geotécnica para determinar y caracterizar, las propiedades físicas mecánicas del material conformantes de la estructura del pavimento, mediante prospecciones, muestreos en campo y ensayos de laboratorio, Para diseñar la estructura del pavimento.
- Identificación de las presuntas zonas afectadas producidas por los diferentes fenómenos geodinámicos a lo largo de la vía en estudio.
- Realizar un análisis estructural del pavimento existente, aplicando la metodología de prospecciones mediante ensayos de laboratorio de los muestreos realizados en campo.
- determinar el grado de compactación de la estructura del pavimento.
- Identificación y ubicación del nivel freático si hubiera, en la vía en estudio.
- Realizar la investigación geotécnica del subsuelo consistente en calicatas, para la obtención de las muestras correspondientes y su análisis in situ y ensayos de laboratorio.

- Determinar las características físicas y mecánicas de área de préstamo o cantera para ser usado como material de subbase y base granular.

-

Fases del estudio

- Fase Reconocimiento de la Ruta y Apertura de fase trabajo de Campo.
- Fase Trabajo de Laboratorio.
- Fase Trabajo en Gabinete.
- Fase Elaboración del Informe Técnico.
- Descripción del Proyecto.

Ensayos de Laboratorio

Las muestras de suelos precedentes de la carretera en estudio se ensayaron conforme la norma ASTM que rigen para cada tipo de ensayo, estos ensayos se realizaron en laboratorio geotécnico (Norma MTC E-101-2000 -ASTM D 420)

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos (Sistemas SUCS y AASHTO) para luego correlacionarlos de acuerdo a las características litológicas similares lo cual se consigna en las columnas estratigráficas, por lo que se establece la existencia de suelos finos en el suelo de fundación.

Para la ejecución de Los ensayos en laboratorio se tomaron en consideración la normativa actual y vigente, realizándose ensayos según la normativa.

Los resultados obtenidos de los ensayos en mecánica de suelos efectuados en laboratorios con las muestras de suelos se presentan en formatos especialmente elaborados que serán presentados en la sección de anexos.

Agua Subterránea

No se ubicó el nivel freático en las perforaciones de estudio, efectuadas el mes de noviembre del 2020.

Capacidad de Soporte del Suelo

La capacidad de soporte de los suelos, en la vía en base a los muestreos y ensayos C.B.R, clasifican en general como regular a bueno, para el área estudiada se han realizado un total de 22 ensayos C.B.R. Los valores han sido obtenidos para un 100% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado.

Clasificación y Evaluación de la Subrasante con Valores de CBR

Las características del material de subrasante y afirmado se establecieron sobre la base del estudio de mecánica de suelos y ensayos de laboratorio de CBR, de tal manera de incluir directamente el suelo representativo que soporta el paquete estructural del pavimento.

Tabla 22*Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos*

N° Calicata	Coordenadas	Profundidad (m)	Estructura	Lado	CBR
C1	292883.31-8095977.43	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	30.0
C2	292876.31-8096260.1	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	30.0
C3	292892.01-8096750.09	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	32.0
C4	293002.7-8097115.06	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	20.0
C5	293083.07-80907302.83	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	22.0
C6	2930060.38-8097599.52	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	28.0
C7	293030.89-8097721.84	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	31.0
C8	292795.27-8097874.78	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	30.0
C9	292716.82-8097986.97	1.20 m.	Vía	Lado izquierdo	32.0
C10	292669.30-8098131.57	1.20 m.	Vía	Lado Derecho	32.0

Fuente. Expediente técnico.

Tabla 23*Características y clasificación de la Subrasante*

Categoría de la Subrasante	clasificación	% de CBR
S0	Inadecuada	3 – 6 %
S1	Pobre	6 – 10 %
S2	Regular	10 – 20 %
S3	Buena	20 – 30 %
S4	Muy Buena	20 – 30 %
S5	Excelente	+ 30 %

Fuente: Expediente Técnico.

Los CBR, que se han realizado en esta fase, se han calculado teniendo en cuenta los suelos compactados a humedad óptima, los cuales clasifican de regular a bueno.

Tabla 24*Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos*

N° Calicata	CBR Subrasante		
	Actual	Mejorado %	CBR
C1	35.0	-	30
C2	30.0*	30	30
C3	32.0	-	32
C4	20.0*	30	30
C5	22.0*	30	30
C6	28.0	-	28
C7	33.0	-	31
C8	35.0	-	30
C9	36.0	-	32
C10	34.0	-	32
Promedio	28.80	-	30.50

Fuente. Expediente técnico

Nota: * Valores de CBR obtenidos de suelos expansivos (moro moro). Tomando en cuenta las recomendaciones del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se debe reemplazar el suelo de la subrasante en los tramos de influencia de las calicatas C-02, C-04 y C-05. Se ha considerado reemplazar con material clasificado cuyo CBR mínimo sea de 40%.

De análisis realizado obtenemos las siguientes conclusiones:

- El mecanismo que se utilizó para determinar la condición de la vía fue por medio de excavación de calicatas de profundidades de 1.20m; las mismas que se ejecutaron sobre la plataforma de la vía.
- La evaluación preliminar del pavimento existente se realizó utilizando el Inventario de Condición cuyos procedimientos se encuentran contenidos en el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial.
- Sobre la base del Perfil Estratigráfico y de los resultados de laboratorio han identificado suelos limosos arenosos, en la subrasante, los cuales resultan apropiados como materiales de fundación, debido a su buena capacidad de

soporte, cuando son tratados, humedecidos y compactados a humedad óptima.

- En el tramo estudiado no se llegó a encontrar saturación de los suelos o nivel freático cerca de la superficie, como se indica en los perfiles estratigráficos.
- En la CALICATA 03,04 y 05., se ha identificado suelos arcillosos de la formación Moquegua inferior conocido comúnmente como Moro Moro, en la subrasante, inapropiado como material de fundación. Por lo tanto, se recomienda el mejoramiento de la subrasante en espesores > de 0.30m., por sus propiedades expansivas, o la eliminación o reemplazo de todo el material blando saturado en la subrasante o suelo de fundación, antes de realizar la conformación de la subbase con materiales adecuados, que cumplan con las especificaciones técnicas.
- En las calicatas Cn-03,04 y 05., no existe la capa de subbase granular adecuada, por lo tanto, se recomienda la conformación de esta capa con material adecuado, en espesores que se define en el diseño de pavimento.

En el estudio de mecánica de suelos realizado en el expediente técnico se muestra el uso del criterio del promedio aritmético para la selección del CBR de diseño, obteniendo 36.50% de CBR de la subrasante, en nuestro proyecto explicaremos porque se recomienda utilizar la metodología del Instituto del Asfalto por percentiles.

c) Describir cómo las variables de diseño son determinantes en el diseño de pavimento flexible.

Describiremos como las variables de diseño para hallar el numero estructural son determinantes de acuerdo con nuestro w18 o ESAL de diseño y como este afecta directamente en el diseño de pavimento flexible.

Figura 7

Fórmula para ver las variables de diseño

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(MR) - 8.07$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Donde:

N_{18} : Número total de Ejes Equivalentes para el periodo de diseño (estudio de tráfico).

P_i : Serviciabilidad inicial

P_t : Serviciabilidad finalta

M_r : Módulo de resilencia de la subrasante (Psi)

Z_r : Desviación estándar-confiabilidad

S_o : Desviación estándar total

SN : Numero Estructural

Parámetros de diseño de pavimento flexible

Se toma en consideración el Manual de Carreteras, Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos del MTC-capítulo XII.

Siendo el procedimiento adoptado: Guía de Diseño AASHTO, el mismo que considera cuatro aspectos principales:

Variables de diseño: Periodo de análisis, tráfico, confiabilidad, desviación estándar, periodo de diseño.

- Criterios de desempeño: Serviciabilidad.
- Propiedades estructurales de los materiales: módulo resiliente efectivo de la subrasante, coeficiente estructural de la capa.
- Característica coeficiente de drenaje de capa.

Factor de confiabilidad (R)

Parámetro toma en cuenta las variaciones no esperadas que puedan tener el tráfico y el comportamiento del pavimento, para lo cual se especifican los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico para una sola etapa de diseño.

Tabla 25

Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (20 años) según rango de tráfico

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)
Caminos de bajo volumen de tránsito	Tp0	75,000	150,000	65%
	Tp1	150,001	300,000	70%
	Tp2	300,001	500,000	75%
	Tp3	500,001	750,000	80%
	Tp4	750,001	1,000,000	80%
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%
Resto de Caminos	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%
	Tp12	15,000,001	20,000,000	95%
	Tp13	20,000,001	25,000,000	95%
	Tp14	25,000,001	30,000,000	95%
	Tp15		>30,000,000	95%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la guía AASTHO 93

Desviación estándar (Zr)

Coeficiente de desviación estándar representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal, para una sola etapa de diseño.

Tabla 26*Desviación estándar*

Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estándar normal (Zr)
Tp0	100,001	150,000	-0.385
Tp1	150,001	300,000	-0.524
Tp2	300,001	500,000	-0.674
Tp3	500,001	750,000	-0.842
Tp4	750,001	1,000,000	-0.842
Tp5	1,000,001	1,500,000	-1.036
Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282
Tp9	7,500,001	10,000,000	-1,282
Tp10	10,000,001	12,500,000	-1.282
Tp11	12,500,001	15,000,000	-1.282
Tp12	15,000,001	20,000,000	-1.645
Tp13	20,000,001	25,000,000	-1.645
Tp14	25,000,001	30,000,000	-1.645
Tp15	>30,000,000		-1.645

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Desviación estándar total (So)

La desviación estándar total S_o , es un valor que se toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo.

La guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente estudio se adoptará el valor de: $S_o=0.45$.

El índice de Serviciabilidad presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario.

Su valor vario de 0 a 5, un valor de refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar), y por el contrario un valor de 0 refleja el peor.

Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Serviciabilidad Inicial (Pi).

La Serviciosabilidad Inicial (Pi) es la condición de una vía recientemente construida, a continuación, se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico:

Tabla 27

Índice de Serviciosabilidad Inicial (Pi) Según rango de tráfico.

Tipo de camino	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Índice Serviciosabilidad inicial (Pi)
Caminos de bajo volumen de transito	Tp1	150,001	300,000	3.80
	Tp2	300,001	500,000	3.80
	Tp3	500,001	750,000	3.80
	Tp4	750,001	1,000,000	3.80
	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.00
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.00
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.00
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.00
	Tp9	7,500,001	10,000,000	4.00
Resto de caminos	Tp10	10,000,001	12,500,000	4.20
	Tp11	12,500,001	15,000,000	4.20
	Tp12	15,000,001	20,000,000	4.20
	Tp13	20,000,001	25,000,000	4.20
	Tp14	25,000,001	30,000,000	4.20
	Tp15		>30,000,000	4.20

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Serviciabilidad final o terminal (Pt)

La Serviabilidad final (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

A continuación se indican los índices de Serviabilidad final para los diferentes tipos de tráfico.

Tabla 28

Índice de Serviabilidad final (Pt) según rango de tráfico.

Tipo de camino	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Índice serviabilidad final (Pt)
Caminos de bajo volumen de transito	Tp1	150,001	300,000	2.00
	Tp2	300,001	500,000	2.00
	Tp3	500,001	750,000	2.00
	Tp4	750,001	1,000,000	2.00
	Tp5	1,000,001	1,500,000	2.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	2.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	2.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	2.50
Resto de caminos	Tp9	7,500,001	10,000,000	2.50
	Tp10	10,000,001	12,500,000	2.50
	Tp11	12,500,001	15,000,000	2.50
	Tp12	15,000,001	20,000,000	3.00
	Tp13	20,000,001	25,000,000	3.00
	Tp14	25,000,001	30,000,000	3.00
	Tp15	>30,000,000		3.00

Fuente: En base a datos de la Guía AASHTO'93

Módulo de resiliencia

El módulo resiliente es una medida de la propiedad elástica del suelo, tomando en cuenta ciertas características no lineales y es usado directamente para el diseño de pavimentos flexibles y que reemplaza al valor del soporte del suelo.

Así mismo para la determinación de los valores de módulo resiliente se opta por utilizar la fórmula de correlación con CBR recomendado por el manual de suelos y pavimentos del MTC el cual se obtiene de la siguiente expresión.

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64} \quad \text{ecuación.....4}$$

En el presente análisis se trabajó con CBR de 18.00

PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento es de 20 años, el cual incluye labores de conservación y mantenimiento, tanto rutinario como periódico.

Tabla 29

Relación clasificación de vía / periodo de análisis

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

Fuente: AASTHO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

En el presente análisis se tomará de 20 años como periodo de diseño, siendo una vía pavimentada de bajo volumen de tráfico.

Trafico y cargas

Para efectos de diseño de pavimento se ha tomado la información del estudio de tráfico efectuado para este proyecto.

Los ejes equivalentes han sido calculados con la información de campo efectuado mediante una estación de conteo, lo que nos permite conocer la cantidad de vehículos que transitan por la vía.

Con esta información se procedió al cálculo de número de repeticiones acumuladas Equivalentes a Ejes Simples de 8.2ton, los cuales se muestran en la siguiente tabla resumen para un periodo de 20 años.

Cálculo de ejes equivalentes para un periodo de 20 años

Tabla 30

Ejes Equivalentes en un periodo de 20 años

Vehículo	Factor	IMDs	FECV	G	D	L	DIAS	EAL
AT1, SW2	1.203	12084.46	0.0016	25.54	0.5	1	365	89054.66
PK3, CP4, CR5	1.203	6207.36	0.0331	25.54	0.5	1	365	958303.21
MN6	1.203	213.18	0.0331	25.54	0.5	1	365	32927.30
2EO	1.203	92.19	6.3619	25.54	0.5	1	365	2733641.96
3EO	1.203	2.24	2.5705	25.54	0.5	1	365	26845.69
2EC	1.203	780.71	6.3619	25.54	0.5	1	365	23150530.37
3EC	1.203	58.14	3.8528	25.54	0.5	1	365	1529022.91
4EC	1.203	1.76	4.1227	25.54	0.5	1	365	33830.02
T2S1/T2S2	1.203	5.92	11.9879	25.54	0.5	1	365	330882.77
T2S3	1.203	7.36	8.5142	25.54	0.5	1	365	292167.15
T3S1/T3S2	1.203	3.84	9.4787	25.54	0.5	1	365	169703.39
T3S3	1.203	15.36	6.0050	25.54	0.5	1	365	430047.06
C2R2	1.203	0.64	17.613	25.54	0.5	1	365	52558.60
C2R3	1.203	1.92	15.1047	25.54	0.5	1	365	135214.14
C3R2	1.203	0.00	15.1047	25.54	0.5	1	365	0.00
C3R3	1.203	0.96	12.5955	25.54	0.5	1	365	56376.26
ESAL								2.978E+07

Fuente: Elaboración propia.

Metodología de diseño de pavimento

El fundamento del proyecto se sustenta básicamente en las condiciones de estratigrafía detectadas y comprobadas mediante el nutrido número de ensayos destructivos ejecutados y el aporte de los diversos ensayos de campo y laboratorio realizados mediante el procesamiento de un considerable número de muestras recuperadas.

Nos referimos específicamente a los ensayos de clasificación, densidad – humedad, humedades naturales; y sustancialmente a su capacidad de soporte (CBR) de los suelos predominantes, determinados cualitativamente y de mayor manera directamente en forma cuantitativa por medio de determinaciones de valores relativos de soporte de laboratorio. Por todo lo antes dicho, en asociación con las características de estratigrafía existentes en el prisma subyacente a la superficie de rodadura, se ha procedido de la siguiente manera:

Definir la estructura de pavimento, para los períodos de diseño que demanda el proyecto, en base a la Metodología AASHTO-93, que se sustenta fundamentalmente en parámetros de resistencia, debido a valor relativo de soporte.

Evaluación de los suelos de fundación de la vía.

Perfil estratigráfico de la vía

Se ha confeccionado el perfil estratigráfico correspondiente de la carretera, determinada en base a las calicatas exploratorias, y todo el conjunto de ensayos efectuados con el propósito de establecer la caracterización de los materiales encontrados y su comportamiento mecánico. Es así como se observa que la secuencia de suelos mencionados concuerda con las fuentes de las litologías imperantes en el medio, en concordancia de su contexto geológico.

d) Calcular el número estructural (SN) y los espesores del pavimento asfáltico utilizado la metodología AASHTO 93.

Figura 8

Fórmula para hallar el numero estructural (SN)

$$Log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log_{10}(MR) - 8.07$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Donde:

N_{18} : Número total de Ejes Equivalentes para el periodo de diseño (estudio de tráfico).

P_i : Serviciabilidad inicial

P_t : Serviciabilidad final

M_r : Módulo de resiliencia de la subrasante (Psi)

Z_r : Desviación estándar-confiabilidad

S_o : Desviación estándar total

SN : Numero Estructural

Número estructural requerido

Para el cálculo del número estructural se utilizó la metodología establecida en el manual del AASHTO, en diseño de pavimentos que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión.

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3 \dots \dots \dots [\text{Ecuación 4}]$$

Dónde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

d1, d2, d3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, con relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Coefficientes estructurales de capas

Es la capacidad estructural del material para resistir a las cargas actuantes, estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de los ensayos AASHTO de 1958-60 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales para generalizar la aplicación del método.

Tabla 31*Coefficiente estructural de la capa superior del pavimento*

Componente del pavimento	Coefficiente estructural (a1)	Observación
Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	0.170	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	0.125	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	0.130	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 1'000,000 EE
Tratamiento superficial Bicapa	0.250	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 500,000 EE, no aplicable en tramos con pendientes > 8%, con curvas pronunciadas
Lechada Asfáltica (Slurry Seal) de 12 mm	0.150	Capa superficial recomendada para tráficos menores a 500,000 EE, no aplicable en tramos con pendientes > 8%, y frenado de vehículos

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Tabla 32*coeficiente estructural de la base*

Componente de la base	coeficiente estructural (a2)	Observación
Base granular 80% CBR compactada al 100% de la MDS	0.052	Capa de base recomendada para tráfico menor a 5'000,000 EE
Base granular 100% CBR compactada al 100% de la MDS	0.054	Capa de base recomendada para tráfico mayor a 5'000,000 EE
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall=1500Lb)	0.115	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos
Base granular tratada con cemento (f'c= 35 kg/cm ² a los 7 días)	0.070	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos
Base granular tratada con cal (f'c= 12 kg/cm ² a los 7 días)	0.080	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráficos

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Tabla 33*Coefficiente estructural de la subbase*

Componente de la subbase	Coefficiente estructural (a3)	Observación
Sub-Base granular 40% CBR compactada al 100% de la MDS	0.047	Capa de base recomendada para tráfico menor a 15'000,000 EE
Sub-Base granular 60% CBR compactada al 100% de la MDS	0.050	Capa de base recomendada para tráfico mayor a 15'000,000 EE

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Coeficientes de drenaje

El drenaje, es fundamental para el buen comportamiento del pavimento, de nada serviría efectuar un adecuado diseño de pavimento, si es que la vía no cuenta con un buen sistema de drenaje y un adecuado mantenimiento de ello en el tiempo.

La calidad del drenaje, para el proyecto se considera: La exposición en agua de las estructuras entre 1% a 5% y la condición de los sistemas de drenaje será buena para la base y Subbase.

Coeficiente de drenaje en Base $m_2 = 1.0$

Coeficiente de drenaje en Subbase $m_3 = 1.0$

Tabla 34

Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

Calidad del drenaje	P=% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menor que 1%	1%-5%	5%-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	1.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO - 1993

Coeficientes de drenaje

El drenaje, es fundamental para el buen comportamiento del pavimento, de nada serviría efectuar un adecuado diseño de pavimento, si es que la vía no cuenta con un buen sistema de drenaje y un adecuado mantenimiento de ello en el tiempo. La calidad del drenaje, para el proyecto se considera: La exposición en agua de las estructuras entre 1% a 5% y la condición de los sistemas de drenaje será buena para la base y Subbase.

Coeficiente de drenaje en Base $m_1 = 0.80$

Coeficiente de drenaje en Subbase $m_2 = 0.80$

Módulo de resiliente

Para obtener el Módulo Resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” preparado el 2001 por NCHRP Project 1-37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008):

$$Mr=2555*(CBR)^{0.64} \dots\dots\dots[Ecuación 5]$$

A manera referencial se presenta la Figura de correlaciones típicas entre las clasificaciones y características de los suelos y el módulo de resiliencia, preparado por la NAPA Information Series 117 “Guidelines for Use of HMA Overlays to Rehabilitate PCC Pavements”, 1994 y que está incluida en el documento indicado anteriormente Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties”:

Para el presente diseño se utilizó el CBR de diseño obtenido por el criterio por percentiles del instituto del asfalto, dando como resultado el 30.50%.

Periodo de diseño

El periodo de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento es de 20 años, el cual incluye labores de conservación y mantenimiento, tanto rutinario como periódico.

Tabla 35

Relación clasificación de vía/periodo de análisis

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

Fuente: AASTHO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

En el presente análisis se tomará de 20 años como periodo de diseño, siendo una vía pavimentada de bajo volumen de tráfico.

Trafico y cargas

Para efectos de diseño de pavimento se ha tomado la información del estudio de tráfico efectuado para este proyecto.

Los ejes equivalentes han sido calculados con la información de campo efectuado mediante una estación de conteo, lo que nos permite conocer la cantidad de vehículos que transitan por la vía.

Con esta información se procedió al cálculo de número de repeticiones Acumuladas Equivalentes a Ejes Simples de 8.2ton, los cuales se muestran en el siguiente cuadro resumen para un periodo de 20 años.

Para realizar nuestro diseño de pavimento de nos podemos guiar de American Association of State Highway and Transportation Officials AASTHO – 1993 o del Manual de Carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y comunicaciones R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Tabla 36

Valores de variables de diseño

Datos de Trafico y Propiedades de Subrasante	Periodo de Diseño 20 años
A. Numero de Ejes Equivalente Total (W18)	2.978E+05
B. Factor de Confiabilidad (R)	95 %
C. Desviación estándar Normal (Zr)	-1.645
D. Error estándar combinado (So)	0.45
E. Módulo de Resilencia de la subrasante (psi)	22768.94
F. CBR de la subrasante (%)	30.5
G. Serviciabilidad Inicial (pi)	4.2
H. Serviciabilidad Final (pf)	2.7
I. ΔPSI	1.2
j. numero estructural (SN)	4.34

Fuente: Elaboración propia

Figura 9

Resultados de SN con programa de Ecuación AASHTO 93

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '95 % Zr=-1.645' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.7).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '22768.94' and the unit 'psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. The 'W18' value is shown as '29780000.00'.
- Número Estructural:** A text box showing the calculated 'SN' value as '4.34'.

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

Fuente: Elaboración propia

Para hallar los espesores de capa se tiene dos Criterios utilizadas habitualmente, por el método AASTHO 93 y otra por el Manual de Carreteras. “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Tabla 37

Espesores mínimos en pulgadas

Transito (ESAI's) En Ejes	Carpetas de Concreto	Bases Granulares
Equivalentes	Asfáltico	
Menos de 50,000	1.0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,000 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Nota: Según la guía AASHTO estaríamos utilizando los espesores de Carpeta Asfáltica de 4" y la Base Granular de 6"

Tabla 38

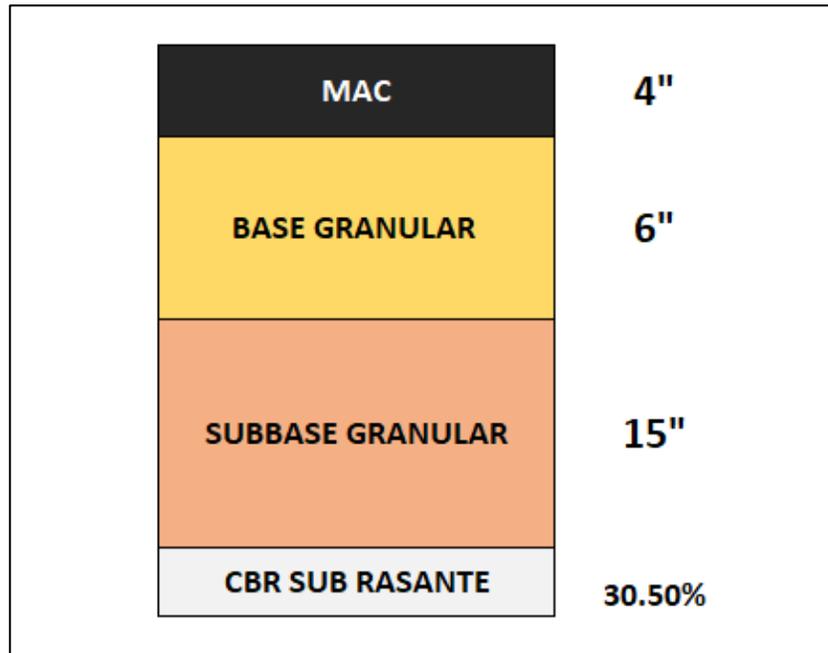
Catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente – Periodo 20 años

Transito (ESAI's) En Ejes Eq	MR	Tp14
uivalentes		25'000,000 – 30'000,000
CBR > 30%	>22,530 psi (155.3 Mpa)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">17cm</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">27cm</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> </div>

Fuente: Manual de Carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos.

Gráfico 5

Propuesta de diseño de pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Corroborar SN requerido con SN real

Coeficientes del pavimento		
A.	Coeficiente Estructural de Capa	
	Capa Asfáltica en caliente (a1)	0.170
	Base Granular (a2)	0.052
	Sub-Base Granular (a3)	0.050
B.	Coeficiente de Drenaje de Capa	
	Carpeta Asfáltica	
	Base Granular (m ₂)	1
	Sub-Base Granular (m ₃)	1
Datos de salida		SN requerido
Numero Estructural Total requerido		4.34
Estructuración del pavimento		
Esesor Carpeta Asfáltica (cm)	10.16	1.727
Esesor de la base Granular (cm)	15.24	0.792
Esesor de la sub-base Granular (cm)	37.85	1.892
		SN real=
		4.412

Fuente: Elaboración propia

Con cada tipo de material y espesor preliminar, de cada capa de material, multiplicado por el coeficiente de capa y demás parámetros se obtiene un Numero Estructural Real $SNR = 4.412$ es mayor que el Numero Estructural Requerido por tanto el diseño es correcto.

4 CAPITULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo; no experimental

Diseño de investigación; transeccional o transversal el cual busca recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004) donde su propósito es describir las variables y analizar su incidencia en un momento dado.

Diseño correlacional, se busca evaluar si las variables de diseño de pavimento mediante la metodología AASTHO – 93 se encuentran asociado con el diseño del pavimento flexible en su característica de diseño.

Diseño explicativo; Evaluación de los efectos de una causa (Normas ASTHO 93) sobre diversos consecuentes (diseño de pavimento flexible).

4.2 Método de investigación

Método deductivo; emplea el razonamiento y explica la realidad partiendo de leyes o teorías generales hacia casos particulares teniendo como principales características:

- Establece conclusiones a partir de generalizaciones.

- En lógica, la conclusión de un razonamiento está incluida en las premisas.
- Es útil cuando no se pueden observar las causas de un fenómeno.
- Sus conclusiones son rigurosas y válidas.
- No genera por sí mismo nuevo conocimiento, ya que parte de verificar conocimiento previo.

4.3 Población y Muestra

Mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la av. Alfonso Ugarte – región Moquegua 2023

4.4 Lugar de Estudio

Ubicación Política del Proyecto.

El presente Proyecto se encuentra ubicado como a continuación se detalla:

Departamento	:	Moquegua
Provincia	:	Mariscal Nieto
Distrito	:	Moquegua

Ubicación y Localización dentro del área de Proyecto.

Se ubica en el sureste del país, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Limita por el norte con el departamento de Arequipa, por el este con el departamento de Puno, por el sur con el departamento de Tacna y por el oeste con el océano Pacífico.

Figura 10

Mapa Político del Perú



Fuente: <https://n9.cl/1odmrw>

Figura 11

Mapa Geográfico de Moquegua



Fuente: Gobierno Regional Moquegua

4.5 Técnica e instrumentos para la recolección de la información

a) Técnicas

Las técnicas utilizada observación y el análisis de contenido

b) Instrumentos

Análisis de contenido; Cuadro de registro y clasificación de las categorías

Observación; Estructurada; Lista de cotejo, ficha de observación, escala de estimación.

4.6 Análisis y Procesamiento de datos

MATRIZ DE CONSISTENCIA – PROYECTO TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO LA METODOLOGIA ASHTO 93 EN EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. ALFONSO UGARTE – REGION MOQUEGUA 2023”

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera el diseño en pavimentos flexible aplicando la metodología AASHTO 93 influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?</p> <p>2. PROBLEMAS ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cómo el estudio de tráfico y la obtención de los Ejes Equivales (EE.EE) influirá en el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?</p> <p>b) ¿Cómo la determinación del CBR en el estudio de mecánica de suelos influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte y Av. Santa Fortunata, – Región Moquegua 2023?</p> <p>c) ¿Cómo las variables de diseño influirán en el diseño de pavimento flexible en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?</p> <p>d) ¿Cómo la estructuración del número estructural (SN) influirá en los espesores de capa del pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Calcular la estructura del pavimento asfáltico aplicando la metodología AASHTO 93 y como esta influirá en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Calcular los Ejes Equivalentes (EE.EE.) y como influirán en el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.</p> <p>b) Analizar los CBR obtenidos en el estudio de mecánica de suelos y cómo influirá en el diseño de pavimento para el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.</p> <p>c) Describir cómo las variables de diseño son determinantes para el diseño de pavimento flexible en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.</p> <p>d) Calcular el número estructural (SN) y los espesores del pavimento asfáltico utilizado la metodología AASHTO 93 en el mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Alfonso Ugarte – Región Moquegua 2023.</p>	<p>Variable Independiente (X)</p> <p>X1. Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93</p> <p>indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variables de diseño de pavimento flexible <p>Escala:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordinal <p>Rango de medición</p> <ul style="list-style-type: none"> - CBR: inadecuado; insuficiente; regular, Buena, Muy buena, excelente. - ESAL: rango de tráfico pesado expresado en EE; $T_p 0 - T_p 15$ - Variables de diseño; R; Zr; Mr; SN; Pi, Pt; Dif Serviciabilidad, Coeficientes estructurales de capa; Cd. <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Y1. Diseño de pavimento flexible</p> <p>Indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el número estructural del pavimento por capas estructurales <p>Escala:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nominal - Razón <p>Rango de medición</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espesores de capa en el pavimento - Razón 	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Correlacional</p> <p>Diseño de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transversal <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Provincia Mariscal Nieto <p>Población</p> <p>Mejoramiento de transitabilidad vehicular y peatonal</p> <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Av. Alfonso Ugarte, Distrito Moquegua – Distrito San Antonio <p>Técnicas de Recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación; <p>Instrumentos</p> <p>Análisis de contenidos; cuadro de registro y clasificación de las categorías</p> <p>Observación; Estructurada; Lista de cotejo; ficha de observación, escala de estimación.</p>

5 CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- a) Del conteo de tráfico realizado en las 02 estaciones de conteo (Av. Alfonso Ugarte) se obtuvo un total de vehículos de 121818 y del estudio de tráfico se obtuvo la siguiente clasificación vehicular: Motos (0.2%), Autos (37.1%), Station Wagon (24.7%), Camioneta Pick Up (12.5%), Camioneta Panel (1.0%), Combi Rural (18.3%), Micro (1.1%), Ómnibus de 2 Ejes (0.5%), Ómnibus de 3 Ejes (0%), Camión de 2 Ejes (4.0%), Camión de 3 Ejes (0.4%), Camión de 4 Ejes (0%), Semitrailer (0.2%), Trailer (0%), obteniendo de ello nuestra cantidad de Ejes equivalentes de $2.978E+07$, para realizar nuestro diseño de tráfico.
- b) Se aplicó las técnicas de investigación concerniente al caso con el objeto de determinar las características propias del terreno de fundación, para el presente estudio se realizó la excavación de 10 calicatas o pozo de exploración “a cielo abierto” de una profundidad de 1.20m. El objetivo principal es determinar el CBR,

valor de soporte del suelo in situ, el cual brinda una respuesta satisfactoria y más precisa a esta necesidad.

- b)** Después de obtener los resultados del CBR de diseño y el W18, es crucial seleccionar cuidadosamente las variables de diseño en función de estos resultados. De esta manera, podemos calcular con precisión el coeficiente de estructura utilizando la ecuación recomendada por la guía AASHTO 93. Es importante tener en cuenta que la selección de las variables de diseño adecuadas es un proceso crítico en la planificación de cualquier estructura. Por lo tanto, es necesario analizar detenidamente los resultados obtenidos y tomar decisiones informadas en cuanto a las variables de diseño que se deben aplicar. Solo así podremos garantizar que la estructura se construya de manera segura y cumpla con los estándares de calidad requeridos. Es fundamental destacar que la aplicación de la ecuación de la guía AASHTO 93 es una práctica comúnmente aceptada en la industria de la construcción. Esta ecuación ha demostrado ser confiable y eficiente para determinar el coeficiente de estructura en diferentes situaciones de diseño. Por lo tanto, su implementación es altamente recomendada para lograr resultados precisos y confiables en cualquier proyecto de construcción.
- d)** Para determinar nuestro diseño de pavimento flexible en se utilizó el método de la AASHTO 93 y Manual de Carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, obteniendo los siguientes resultados: un diseño de pavimento flexible constituida por 2 capas: la Carpeta asfáltica (MAC)

de 4, la base granular de 8 y una Subbase Granular de 14" y corroborando nuestros espesores con los coeficientes estructuras de cada capa obteniendo un $SN_{real}=4.412$.

5.2 Recomendaciones

- a) La investigación del tráfico debe realizarse de acuerdo con las regulaciones válidas, así mismo capacitar y monitorear al personal encargado de recopilar los datos de campo de manera adecuada, para proporcionar datos reales ya que de estos datos realizaremos nuestro estudio de tráfico y por consiguiente calcular nuestros Ejes Equivalentes por los criterios establecidos en los diferentes métodos.

- b) Es de vital importancia dedicar una atención especial al estudio de la mecánica de suelos, ya que es un factor crítico en la determinación del módulo de resiliencia necesario para el diseño de un pavimento flexible. Por lo tanto, se recomienda enfáticamente realizar un análisis minucioso y riguroso de las características del suelo y su comportamiento bajo carga, a fin de obtener información precisa y detallada que nos permita realizar un diseño adecuado y eficiente. Es importante destacar que el módulo de resiliencia es una medida clave de la capacidad del pavimento flexible para resistir las cargas y mantener su forma y funcionalidad con el tiempo. Por lo tanto, es esencial contar con una comprensión sólida y detallada de la mecánica de suelos para poder determinar con precisión el módulo de resiliencia requerido para un diseño óptimo. Es fundamental adquirir un sólido conocimiento de la guía del método AASHTO 93, ya que las variables de diseño que se seleccionen

tienen un impacto significativo en la determinación del coeficiente estructural SN. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente dedicar tiempo y esfuerzo a estudiar la guía y comprender los principios y procedimientos que se describen en ella.

Además, es importante destacar que el proceso de selección de las variables de diseño debe llevarse a cabo con gran atención y cuidado. Se deben considerar diferentes factores, como las características del terreno, las cargas que se aplicarán y las condiciones ambientales, entre otros. Solo así podremos obtener resultados precisos y confiables, que nos permitan construir una estructura segura y resistente a largo plazo.

- c) Se recomienda utilizar una metodología confiable la cual nos ayude a poder seleccionar el CBR para realizar el diseño de pavimento flexible, teniendo en cuenta que en los diferentes tramos de la vía se cuenta con diferentes características y calidad del suelo, debido a que este influenciara de forma directa en las dimensiones de la estructura de pavimentos y, al mismo tiempo, en los costos finales de la obra por ello siempre se debe tener en cuenta diferentes métodos para hallar el CBR idóneo para tu diseño, como a través del criterio por percentiles ya que trabaja directamente con la cantidad de Ejes Equivalentes obtenidos.

- d) Es importante asegurarse de que nuestro diseño de pavimento flexible sea adecuado para cumplir con su período de diseño. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente que se realice una verificación cuidadosa y rigurosa de nuestros cálculos de espesor de capa mediante el uso de coeficientes estructurales de capa. Este enfoque

garantizará que el diseño del pavimento sea resistente y duradero, y que cumpla con los requisitos de rendimiento y vida útil especificados en el período de diseño. Al verificar los resultados con coeficientes estructurales de capa, podremos identificar cualquier debilidad o posible problema en el diseño y tomar las medidas necesarias para rectificarlos antes de la construcción. Es importante tener en cuenta que la verificación de los resultados con coeficientes estructurales de capa debe realizarse de manera rigurosa y cuidadosa, teniendo en cuenta todos los factores relevantes, como las características del suelo, las cargas esperadas y las condiciones ambientales. Solo así podremos garantizar que el diseño del pavimento sea óptimo y cumpla con los requisitos de rendimiento a largo plazo.

CAPITULO VI

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y REFERENCIAS

6.1 Glosario de términos

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

AI: The Asphalt institute o instituto del Asfalto.

ANSI: American National Standards institute o instituto Nacional de Normalización Estadounidense.

ASTM: American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

DG: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

EE: Especificaciones Especiales para Construcción de Carreteras de un Proyecto específico.

EEC: Especificaciones Especiales para la Conservación Vial de tramo específico.

EG : Manual de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del Perú.
Entre paréntesis se colocará el año de actualización.

EM : Manual de Ensayo de Materiales para la Construcción de Carreteras.

FHWA: Federal Highway Administration o Administración Federal de Carreteras.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

SI: Sistema internacional de Unidades (Sistema Métrico Modernizado).

Base Granular: Capa granular de un pavimento flexible situada inmediatamente debajo de la capa asfáltica.

Calzada: Zona de la vía destinada a la circulación de los vehículos.

Capa: Parte de la subrasante o del pavimento constituida por materiales homogéneos dispuestos, generalmente con espesor uniforme.

Capa Asfáltica De Rodadura: Capa superior de un pavimento flexible.

Capacidad Vial: Es el número máximo de vehículos que pueden circular por una u otra vía durante un periodo de tiempo determinado, sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.

Carga Equivalente De Diseño: Carga de 80 KN por eje simple con sistema de rueda doble utilizada como referencia para la evaluación de diseño de pavimentos asfálticos.

Carretera: Vía diseñada para el tránsito de vehículos terrestres automotores.

Carril: Parte de la calzada que puede acomodar una sola fila de vehículos de cuatro o más ruedas.

Coficiente Estructural: Permiten convertir los espesores reales de las capas de un pavimento a números estructurales SN. Metodología AASHTO.

Confiabilidad: Probabilidad de que una sección de pavimento diseñada se comporte satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Mezcla Asfáltica: Material utilizado en la ingeniería de pavimentos, formada por una combinación de agregados pétreos y un producto asfáltico.

Módulo Resiliente: Caracteriza el comportamiento a deformación elástica de suelos. En un ensayo triaxial de carga repetida a presión de confinamiento constante, es la relación entre el esfuerzo desviador y la deformación elástica unitaria axial.

Número De Ejes Equivalentes: Es el número de pasadas de un eje tipo que producirán en un pavimento el mismo grado de fallos que el ocasionado por el conjunto de los ejes del tránsito pesado real que circule por el mismo.

Número Estructural: Es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte del suelo de subrasante, del tránsito, de la condición inicial y final de servicio y de las condiciones ambientales.

Pavimento: Conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, colocados sobre la subrasante para permitir la circulación de vehículos, en las debidas condiciones de seguridad y comodidad, de manera que los esfuerzos transmitidos al suelo de fundación sean admisibles para este.

Periodo De Diseño: Lapso de tiempo transcurrido desde que un pavimento nuevo o recién rehabilitado se da al servicio, hasta que alcanza su índice de servicio terminal.

Rasante: Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodadura a lo largo de la calzada.

Subbase: Capa de material granular situada entre la base granular de un pavimento y la subrasante.

Subrasante: Es la capa de suelo que constituye la parte superior de las explanaciones, sobre la cual se construye el pavimento, siendo su función básica proporcionar a este un apoyo adecuado.

Tránsito: Acción de desplazamiento de personas, vehículos y animales por las vías.

Vía: Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales.

6.2 Libros

Castañeda & Murillo (2019). Análisis de las distintas metodologías de cbr de diseño para el cálculo de espesores en pavimentos flexibles (Tesis de Grado), Universidad de la Costa, Barranquilla, Atlántico, Colombia.

Sobalbarro & Rodríguez (2012). Diseño de la estructura de pavimento con adoquín tramo salida Achuapa-cementerio Campos de Paz, Municipio de Estelí, por medio del método AASHTO I93 (Tesis de Grado), Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Padilla Martínez, A. C., & Pinto Castro, R. I. (2019). Análisis de las distintas metodologías de CBR de diseño para el cálculo de espesores en pavimentos flexibles (Doctoral dissertation, Universidad de la Costa).

Cedeño, J. (2014). Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93 (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

Gómez, S. (2014). Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad (Tesis de Pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

American association of state highway and transportation officials (1993a). AASTHO guide for design of pavement structures (4th edition) American association of state highway and transportation officials.

HUANG, Yang (2004) Pavement Analysis and Design. 2 ed. San Diego: Pearson Education.

Salamanca, M. & Zuluaga, S. (2014). Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos invias, AASHTO 93 e instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César (Trabajo de grado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

AYALA, E. (2014)" Metodología del AASTHO en pavimentos" PERÚ. Electrónica.

Peñaloza Cabrera, C. E., & Vásquez Canchanya, J. C. (2020). Análisis comparativo del diseño del pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 Y SHELL, Avenida. 1–Lurigancho 2020.

Rodríguez Rupay, J. J. (2018). Análisis y propuesta de diseño del pavimento flexible en la carretera Carhuaz–Hualcan.

Blas Iparraguirre, V. K., & Matallana Burga, C. F. (2011). Diseño de pavimento flexible mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG–AASHTO 2008.

CAPITULO VII

ÍNDICES

7.1 Índice de gráficos

Gráfico 1 Trafico Promedio diario semanal	41
Gráfico 2 Trafico diario por tipo de vehículo	49
Gráfico 3 Clasificación de vehículo por IMDa	49
Gráfico 4 Trafico diario por tipo de vehículo IMDa	50
Gráfico 5 Propuesta de diseño de pavimento flexible	76

7.2 Índice de Figuras

Figura 1 Estructura del pavimento flexible	12
Figura 2 Sección típica de una vía	23
Figura 3 Proyección de la vía a ejecutar 2.51 km	25
Figura 4 Población Beneficiaria	25
Figura 5 Definición en grafica del CBR de laboratorio	27
Figura 6 Organigrama Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto	30
Figura 7 Formula para ver las variables de diseño	64
Figura 8 Formula para hallar el numero estructural	74
Figura 9 Resultados de SN con programa de Ecuación AASHTO 93	81
Figura 10 Mapa Político del Perú	87
Figura 11 Mapa geográfico de Moquegua	88

7.3 Índice de Cuadros

Cuadro 1 Características técnicas y geométricas	23
Cuadro 2 Relación de cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles	53

7.4 Índice de Tablas

Tabla 1 Requerimientos y normatividad aplicada	13
Tabla 2 Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular	14
Tabla 3 Subbase Granular Requerimientos e Ensayos especiales	14
Tabla 4 Requerimientos Granulométricos para Base Granular	15
Tabla 5 Valor Relativo	15
Tabla 6 Requerimientos agregado Grueso	16
Tabla 7 Requerimientos de agregado Fino	16
Tabla 8 Requerimientos para los de agregado gruesos MAC	17
Tabla 9 Requerimientos para los de agregado finos MAC	17
Tabla 10 Gradación para mezcla asfáltica en caliente	18
Tabla 11 Resumen de conteo diario de flujo vehicular	20
Tabla 12 Calicatas realizadas	22
Tabla 13 Equipos utilizados en el proyecto	26
Tabla 14 Planificación de desarrollo de trabajo de suficiencia	35
Tabla 15 Resultados tráfico promedio diario semanal	41
Tabla 16 Resumen de conteo diario de flujo vehicular	46

Tabla 17 Conteo de tráfico vehicular x factor de corrección región Moquegua	47
Tabla 18 Porcentaje de vehículos ligeros y pesados	48
Tabla 19 Porcentaje de vehículos por tipo de vehículo IMDs	54
Tabla 20 Resultados de FECV final	54
Tabla 21 Calculo de ESAL de diseño	56
Tabla 22 Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos	61
Tabla 23 Características y clasificación de la subrasante	61
Tabla 24 Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos	62
Tabla 25 Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (20 años) según rango de tráfico	66
Tabla 26 Desviación estándar	67
Tabla 27 Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) según rango de tráfico	68
Tabla 28 Índice de Serviciabilidad Final (P_t) según rango de tráfico	69
Tabla 29 Relación clasificación de vía/periodo de análisis	70
Tabla 30 Ejes Equivalentes en un periodo de 20 años	72
Tabla 31 Coeficiente estructural de la capa superior del pavimento	76
Tabla 32 Coeficiente estructural de la base	76
Tabla 33 Coeficiente estructural de la subbase	77
Tabla 34 Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles	78
Tabla 35 Relación clasificación de vía/periodo de análisis	80
Tabla 36 Valores de variables de diseño	81
Tabla 37 Espesores mínimos en pulgadas	82

Tabla 38 Catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente	
– Periodo 20 años	82
Tabla 39 Corroborar SN requerido con SN real	83

CAPITULO VIII

ANEXOS