



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para  
mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Colana Arias, Rocio Yessica ([orcid.org/0000-0002-4052-6432](https://orcid.org/0000-0002-4052-6432))

Torres Colana, Yoel Sabino ([orcid.org/0000-0003-4645-0712](https://orcid.org/0000-0003-4645-0712))

**ASESOR:**

Dr. Meza Rivas, Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-4258-4097](https://orcid.org/0000-0002-4258-4097))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**HUARAZ – PERÚ**

**2023**

## **Dedicatoria**

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar una meta muy significativa en mi vida.

A mis padres y a mi familia que siempre estuvieron brindándome sus consejos y motivaciones para culminar mi etapa universitaria y poder lograr uno de mis mejores sueños con éxito.

**Colana Arias Rocio Yessica**

Dedicó con mucho cariño este presente trabajo de investigación, la cual se realizó con mucho esfuerzo para lograr culminar una parte de mis metas a mis padres quienes con su apoyo integral hicieron que sea un hijo con valores, gracias a ellos por ser la unidad familiar y motivación para lograr mis metas trazadas.

**Torres Colana Yoel Sabino**

## **Agradecimiento**

Principalmente a Dios por darnos la oportunidad de dar a conocer este proyecto con todos los apoyos brindados hacia nuestra persona y a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada César Vallejo - Sede Huaraz, quiénes fueron parte de nuestra formación profesional.

### **Los autores**

## Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficas y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	17
3.2 Variables y Operacionalización.....	18
3.3 Población, muestra y muestreo.....	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5 Procedimiento.....	21
3.6 Método de análisis.....	22
3.7 Aspectos éticos .....	23
IV. RESULTADOS .....	24
4.1 Descripción de la zona de estudio .....	24
4.2 Estudio de tráfico vehicular .....	25
4.3 Estudio Topográfico.....	31
4.4 Estudio de suelos .....	34
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES .....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS .....	54
ANEXOS .....	69

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Cifra de calicatas para la exploración de suelos</i> .....	19
Tabla 2: <i>Técnicas de Investigación</i> .....	20
Tabla 3: <i>Instrumento de recolección de datos</i> .....	21
Tabla 4: <i>Datos del proyecto de estudio</i> . ....	26
Tabla 5: <i>Registro del Conteo del transporte consolidado</i> . ....	26
Tabla 6: <i>Elementos de corrección estacional</i> .....	27
Tabla 7: <i>Índice medio diario anual IMDA Calculado</i> . ....	28
Tabla 8; <i>Ancho de calzada para carretera de bajo volumen de transito</i> .....	29
Tabla 9: <i>Distribución porcentual del tráfico actual según</i> .....	30
Tabla 10: <i>Proyección de tráfico para un periodo de 10 años</i> .....	31
Tabla 11: <i>Lista de equipos y personal</i> .....	32
Tabla 12: <i>Números de calicatas de exploración en campo</i> .....	34
Tabla 13: <i>Ensayos de Laboratorio para el EMS</i> . ....	35
Tabla 14: <i>Porcentajes de la composición de las muestras</i> .....	35
Tabla 15: <i>Resultados de % de Humedad Natural</i> .....	36
Tabla 16: <i>Resultados de Límites de Consistencia</i> .....	37
Tabla 17. <i>Clasificación de las muestras</i> .....	38
Tabla 18: <i>Resultados de Pesos específicos de los agregados</i> .....	39
Tabla 19: <i>Resultados de densidad</i> .....	40
Tabla 20: <i>Resultados de Proctor modificado</i> .....	41
Tabla 21: <i>Resultados del valor de soporte de los suelos CBR</i> .....	42
Tabla 22: <i>Relación de carga por eje</i> .....	43
Tabla 23: <i>Resultados de ESAL de diseño</i> .....	43
Tabla 24: <i>Numero estructural (SN) requerido por tipo de tráfico y de subrasante</i> .....	44
Tabla 25: <i>Valores de la relación estructural a1</i> .....	44
Tabla 26: <i>Valores de la relación estructural a2</i> .....	44
Tabla 27: <i>Valores de la relación estructural a3</i> .....	45
Tabla 28: <i>Valores de la relación estructural a3</i> .....	45

## Índice gráficos y figuras

Figura 1: <i>Componentes de un pavimento flexible</i> .....	14
Figura 2: <i>Tipos de desperfecto en el pavimento flexible</i> .....	15
Figura 3: <i>Ubicación geográfica de la zona de estudio</i> .....	18
Figura 4: <i>Procedimiento de desarrollo de informe de investigación</i> .....	22
Figura 5: <i>Mapa político del Perú y del departamento de Moquegua</i> .....	24
Figura 6: <i>Mapa de la provincia de Mariscal Nieto y del distrito de Moquegua</i> .....	25
Figura 7: <i>Representación de los registros del conteo del transporte consolidado</i>	27
Figura 8: <i>Representación gráfica del IMDA calculado por tipo de transporte</i> .....	29
Figura 9: <i>Representación de distribución porcentual del gráfico.</i> .....	30
Figura 10: <i>Ubicación de calicatas en la zona de estudio</i> .....	34
Figura 11: <i>Representación de resultados de composición de las muestras</i> .....	36
Figura 12: <i>Representación de resultados de contenido de humedad</i> .....	37
Figura 13: <i>Representación de resultados de límites de consistencia</i> .....	38
Figura 14: <i>Representación de resultados de pesos específicos de agregados.</i> ...	39
Figura 15: <i>Representación de resultados de densidad natural</i> .....	40
Figura 16: <i>Representación de resultados de Proctor modificado</i> .....	41
Figura 17: <i>Representación de resultados de CBR</i> .....	42

## Resumen

La presente tesis titulada “Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022”, cuyo objetivo de estudio fue la prolongación Calle San Donato entre las progresivas Km. 0+000 al Km. 0+356.648 de la provincia de Mariscal Nieto y distrito de Moquegua. Se consideró este estudio debido a que el tramo a estudiar en dicha localidad se encuentra lamentablemente deteriorado, lo cual implica a la población relacionarse entre sí, tanto en la comercialización de sus productos agrícolas, así como la visita de los turistas, puesto que ello es una gran fuente de ingresos importante para la localidad.

Esta investigación es aplicada de enfoque cuantitativo cuyo diseño no es experimental con alcance descriptivo, la cual se pudo obtener los siguientes: Mediante el estudio realizado en campo según a la normativa y al manual de diseño de carretera se obtuvo un IMDa un total de 0 – 350 vehículos/día con una tasa de crecimiento anual de 1.35% para la cual según el manual y el volumen de tráfico de tránsito se consideró una carretera de bajo volumen de tránsito para una proyección de tráfico para un periodo de 10 años.

Según los estudios de mecánica de suelos se pudo evidenciar que según SUCCS estamos tratando con un suelo granulares (Arena bien graduada con presencia de limo y arcilla / SW-SC-SM), y el valor de soporte de los suelos (CBR) varía entre 10.65% - 11.85% y el cálculo de ejes equivalente (ESAL) se considero un número estructural (SN) de 1.830. El diseño determinado en dicha información fue la siguiente: Carpeta asfáltica de 5cm, base granular de 15 cm de espesor y, subbase granula de 15 cm. Estos resultados obtenidos se basaron de acuerdo a la norma vigente del MTC, para su diseño empleando el método AASHTO 93.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, transitabilidad, diseño AASHTO 93, infraestructura vial.

## Abstract

The present thesis entitled "Design of flexible pavement, using the AASHTO 93 method to improve road passability in San Donato Street, Moquegua, 2022", whose objective of study was the extension of Calle San Donato between the progressive Km. 0+000 to Km 0+356.648 from the province of Mariscal Nieto and district of Moquegua. This study was considered because the section to be studied in said locality is unfortunately deteriorated, which implies that the population interacts with each other, both in the commercialization of their agricultural products, as well as the visit of tourists, since this is a major source of income for the town.

This research is applied with a quantitative approach whose design is not experimental with a descriptive scope, which can obtain the following: Through the study carried out in the field according to the regulations and the road design manual, an IMDa was obtained a total of 0 - 350 vehicles/day with an annual growth rate of 1.35% for which, according to the manual and the volume of traffic, a road with low traffic volume was considered for a traffic projection for a period of 10 years.

According to the soil mechanics studies, it was possible to show that according to SUCCS we are dealing with a granular soil (well-graded sand with the presence of silt and clay / SW-SC-SM), and the soil support value (CBR) varies between 10.65% - 11.85% and the equivalent axis calculation (ESAL) was considered a structural number (SN) of 1.830. The design determined in said information was as follows: 5 cm asphalt layer, 15 cm thick granular base and 15 cm granular sub-base. These results obtained were based on the current MTC standard, for its design using the AASHTO 93 method.

**Keywords:** Flexible pavement, walkability, AASHTO 93 design, road infrastructure.



## I. INTRODUCCIÓN

Dentro la realidad problemática en las últimas décadas, las actividades de transporte vienen formando gran parte del producto económico total de una nación y desempeñan un papel en la construcción o el fortalecimiento de una economía nacional o regional, y como influencia en el desarrollo de la tierra u otros recursos; el transporte implica relaciones entre empresas y consumidores individuales. La demanda y la oferta tanto la de pasajeros como de mercancías, el precio de transporte y las razones por las que el sistema está regulado y desregulado son algunas de sus preocupaciones por lo que, para fomentar el crecimiento económico, los gobiernos deben invertir en infraestructuras logísticas como carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y puertos (2021 pág. 6).

Xiaohui, Sunm y otros (2021) nos menciona que los procedimientos para diseñar de acuerdo a AASHTO 93 se basan en ecuaciones a nivel empírico derivadas del ensayo a las carreteras pertenecientes en el método AASHTO la cual fueron realizadas en el año 1950 en una pista de pruebas en Ottawa, Illinois; esta prueba proporcionó información muy útil para el diseño de pavimentos en aquella época; sin embargo, con el actual avance de los materiales y el dramático aumento de los volúmenes de tráfico, este procedimiento de diseño empírico empezó a mostrar enormes inconvenientes la cual también se comprobó que la metodología AASHTO 93 normalmente sobrestima el espesor de cada capa ubicada en el pavimento. Las condiciones ambientales y la carga de tráfico también resultan ser los parámetros de entrada más influyentes en los índices de rendimiento del pavimento seleccionado por esta metodología (pág. 5).

El método actual de la AASHTO 93 es una metodología de regresiones que se basan en los hallazgos de los ensayos de carretera utilizando un índice denominado "número estructural" (SN) con el fin de indicar la capacidad de la estructura combinada requerida de cada capa del pavimento que recubren a las subrasantes; hoy en día son comunes dos metodologías para diseñar estructuralmente los pavimentos flexibles los cuales son el diseño empírico y el diseño empírico mecanicista (Alkasah, 2020 pág. 2).

Un claro ejemplo de esto es lo que sucede en nuestro país, donde el diseño de pavimentos contempla factores de tiempo, tránsito, materiales de pavimentos, suelos de subrasante, condiciones climáticas, detalles constructivos y consideraciones económicas.; además, cabe resaltar que el pavimento es un tipo de superficie dura hecha de material de superficie duradera colocado en un área destinada a soportar el tráfico vehicular o peatonal; su labor más importante es realizar una distribución de las cargas vehiculares que se aplican al subsuelo a través de diferentes capas. El pavimento de la carretera debe proporcionar una resistencia suficiente al deslizamiento, grandes calidades conductivas adecuadas, unas propiedades beneficiosas para reflejar los destellos y bajas contaminaciones acústicas (Inocente Carrera, 2021 pág. 85)

Asimismo, el pavimento se construye con el objetivo de reducir la carga transmitida por el vehículo la cual no supera la resistencia que por naturaleza posee la subrasante para soportar cargas; los pavimentos pertenecientes a las carreteras poseen un gran rol en el desarrollo de cualquier construcción. Se utilizan principalmente dos tipos de vías de carretera: el pavimento flexible cuya tensión vehicular se transfiere a la subrasante a través de la ganancia de contacto del agregado a través de la estructura granular y el pavimento rígido; estos tipos de carreteras tienen menos resistencia a la flexión, actúan como una lámina flexible, por ejemplo: una carretera bituminosa (Proccsa, 2021 pág. 19).

En el Perú, se puede hacer uso de todas las metodologías para diseñar estructuralmente una carretera o vía, las cuales deben sustentarse en teoría y experiencia adquirida por el paso del tiempo, ejemplos de estas son el método elaborado por el Instituto de los Asfaltos, el método AASHTO-93, el método que surge de la PCA y la metodología INVIAS utilizando las versiones más recientes dentro de la nación y que estos criterios de diseño sean aplicados a las circunstancias de nuestro país.

Sin embargo, aunque las vías de carreteras presentan una gran relevancia para el desarrollo de las ciudades, en el distrito de Moquegua los vehículos pesados siguen aumentando debido a la gran demanda de las industrias mineras

y empresas en general, los que someten al pavimento a una gran carga por los ejes; aunque las cargas pesadas de los camiones componen la principal razón por la que suceden los daños en el pavimento. Las diversas fallas que existen en los pavimentos de Moquegua dependen de diferentes factores, como las cargas de los vehículos, los tipos de condiciones del suelo, la presión sobre la carretera, el clima y otros; es decir, los daños en la carretera se han convertido en un problema común en la ciudad de Moquegua y que se producen debido al sobre esfuerzo de cada vehículo que circulan en las carreteras la cual dependen de las condiciones de tráfico durante la época de máxima actividad.

Con el fin de mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular se debe diseñar pavimentos flexibles a través de la normativa AASHTO 93, de acuerdo con la normativa establecida validada por el Ministerio de Transporte y comunicaciones (MTC) la cual es el manual de carreteras, el cual se contempla para la mejora en el bienestar de los residentes que se encuentran en la ciudad de Moquegua. (Zapata Aguilar, 2019 pág. 14).

Zela, Moisés (2021) nos indica que, debido a las observaciones e informes escritos de mantenimientos, nos sugiere la supervisión necesaria tanto en la elaboración del expediente y en la ejecución de los proyectos en las carreteras, para así mejorar el tráfico y facilitar la vida a los peatones (pág. 8).

Sosa, Henry (2018) encontró que los diseños de pavimento tienen porcentajes demasiado similares entre sí, sin embargo, debido a un estudio MEPDG más detallado y una posible estimación de errores, recomienda que se dé uso del grosor las carpetas que conlleva el pavimento obtenido de acuerdo con el MEPDG (método para evaluar el comportamiento de un pavimento teniendo en cuenta las circunstancias que presenta el medio ambiente, características de los materiales y evaluación de tránsito) (pág. 38).

Por último, para Zapata, Guisela (2019) nos dice que debemos de evaluar la estructura midiendo las deflexiones elásticas con vigas Benkelman y evaluar el pavimento mediante el método Sidewalk Condition Index (PCI), clasificando los

defectos detectados junto con la inspección de tránsito para completar las evaluaciones de las vías, y por ende se conseguirá calcular el ESAL (Carga axial simple equivalente) de las condiciones actuales de la calle (pág. 91).

En el Perú, las infraestructuras de transporte difícilmente han demostrado avances dentro de las últimas décadas, aunque todos los años se destina un considerable porcentaje de los impuestos de los peruanos a la construcción y mantenimiento de carreteras, muchas de las veces debido a la corrupción de las autoridades, el dinero no está destinado en su totalidad a las ejecuciones de los proyectos infraestructura vial. Estos datos pueden ser fácilmente identificados por medio del indicador de las infraestructuras que se encuentra dentro de los reportes de competitividad global de los foros económicos mundial, además de los datos estadísticos proporcionados por el MTC.

Cabe resaltar que las redes viales en el Perú, están organizadas en nacionales, departamentales y vecinales los cuales conforman cada vía que enlazan los distritos, departamentos, ciudades y hasta urbanizaciones rurales. Hasta el 2018 se calculó que la medida total de las redes viales existentes tiene un valor de 167,358.3 km; además, un 17.2% (28,050.8 km) corresponden al tipo de carretera nacional que está regida por la autoridad superior del MTC, y se informa que las vías con pavimento poseen una medida total de 23,648.1 km lo que equivale al 82% del total de redes viales en el Perú (MTC, 2018 pág. 7).

Asimismo, en nuestro trabajo se tuvo como punto de concentración una vía que no se encuentra pavimentada, teniendo poca demanda de pobladores y vehículos que transitan por esta vía, considerándose que los vehículos generan muchas partículas de polvo que se agrupan en las casas al borde de la carretera y causan distintos tipos de males a los habitantes; además, la falta de señales en esta vía hace que sea muy difícil la navegación y localización.

En función a lo indicado se formula la siguiente pregunta: ¿De qué forma el diseño de pavimento flexible mediante el uso de la metodología AASHTO 93,

otorgara la mejora de la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua 2022?

La investigación presenta una **justificación técnico** ya que su importancia radica en la gran necesidad que existe en la ciudad de Moquegua, es de atender el problema sobre la mala transitabilidad vehicular cercano al lugar y el sector aledaño a diferentes zonas los cuales generan infinidad de potenciales y riesgos debido a que la calle San Donato no cumple con ninguna norma de seguridad, lo que disminuye el bienestar de los residentes que habitan en la zona; **justificación teórica** el desarrollo de la investigación es fundamental ya que se pretende usar de normativa con respecto al método AASHTO 93 con el fin de realizar el diseño de una vía y que esta cumpla con las normativas vigentes para que sea de ayude a la satisfacción del problema de tránsito dentro de la zona, lo que a nosotros como futuros ingenieros nos ayudará a conocer muchos más sobre esta metodología y la normative que la rige; **justificación metodológica** se hará uso los datos acerca de la elaboración de los pavimentos flexibles, la cual se podrán utilizar como información base para trabajos que se realicen en el futuro ya que poseen una temática similar a este estudio, se propondrá nuevos métodos para mejorar la transitabilidad vial no solo en la región de Moquegua sino que en todo en el Perú; **justificación social** se propone mejorar la transitabilidad vial empleando el método AASHTO 93 para generar mayor comunicación entre los pobladores incrementando el tránsito de la vía en la calle San Donato de la región Moquegua así también el comercio agrícola y promoviendo el turismo en la zona y **justificación económica** promueve a no generar perdida durante la construcción del pavimento flexible evitando mantenimiento muy constante a corto plazo. Por tanto, de acuerdo con estos motivos, es de vital relevancia el desarrollo del presente informe con el fin de incrementar el tránsito de la vía en la calle San Donato, Moquegua 2022”.

La hipótesis establecida en este proyecto de investigación es: Al diseñar un pavimento flexible empleándose la metodología AASHTO 93, se logrará una mejora en la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022.

El objetivo general en este análisis es: i) Elaborar el diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, para restablecer la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022.

Los objetivos específicos en este análisis serán los siguientes: i) Llevar a cabo el estudio del tráfico vehicular con el fin de incrementar el tránsito en la calle San Donato, Moquegua 2022; ii) Elabora un estudio topográfico de la zona a estudiar, cuya finalidad es diseñar el pavimento flexible con la aplicación de la metodología AASHTO 93 en la calle San Donato, Moquegua 2022; iii) Determinar los estudios sometidas al suelo con la finalidad de determina el perfil estratigráfico en la calle San Donato, Moquegua 2022; iv) Plantear el diseño de pavimento flexible relacionado a la demanda peatonal con el fin de incrementar el tránsito en la calle San Donato, Moquegua 2022 y v) Establecer de qué manera u otra este diseño del pavimento flexible aplicando la metodología AASHTO 93 favorece en la mejora de la transitabilidad en la calle San Donato, Moquegua 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Espinoza, Luis (2018) en su investigación cuyo objetivo fue realizar y comparar las diferentes formas existentes para diseñar pavimentos y su costo total asociado a la construcción de estos con la metodología AASHTO 93 realizado en Cuenca – Ecuador; nos da a saber que varios pavimentos ubicados en las diferentes regiones han sido diseñados con el método de ITD y fueron rediseñados utilizando los procedimientos de la AASHTO 93 así como de las Guías de Diseños de Pavimento Mecánicos - Empíricos (MEPDG); además, nos menciona que todos los diseños se llevaron a cabo con un porcentaje de fiabilidad del 50%. Para este estudio uso el MEPDG calibrada a nivel nacional para predecir el rendimiento de los tres métodos de diseño; en su análisis se utilizaron los datos de caracterización del material de la subrasante de nivel 2, todos los demás datos del MEPDG eran de nivel 3. Los indicadores de rendimiento predichos mediante MEPDG relacionados con los tres métodos de diseño se compararon entre sí, cuyos resultados mostraron que, en relación con los procedimientos AASHTO 1993 y MEPDG, el método de diseño ITD sobrestima significativamente el espesor del pavimento; por otro lado, las guías AASHTO 1993 y MEPDG muestran una coincidencia razonable en la estructura del pavimento resultante. La presente investigación en su momento nos aportó la relevancia de cada herramienta computacional allanando el camino para futuros estudios relacionados a la elaboración de un pavimento, es recomendable analizar los comportamientos del espesor de la capa durante su colocación además de incrementar su capacidad portante y su propiedad mecánica de la base (subrasante), para obtener mejores resultados.

Montealegre, William y otros (2019), desarrollo un diseño de un pavimento flexible mediante el método AASHTO utilizando el asfalto natural como capa de rodadura, la cual después fue revisada por el método racional predicción del comportamiento pavimento según las condiciones colombiana teniendo como propósito preparar un conjunto de datos medioambientales precisos que puedan utilizarse fácilmente para introducirlos en el software MEPDG; además de definir exhaustivamente las diferencias entre el procedimiento de diseño de la AASHTO 1993 y el MEPDG, y evaluar el comportamiento del MEPDG. Realizó diferentes

etapas para su desarrollo del producto como es la visita de campo para la recopilación de información, resultados del balance hídrico, etc; obteniendo que la comparación de ambos métodos de diseño reveló que, no tienen el mismo rendimiento al final de su vida útil aquellos pavimentos diseñados según la AASHTO 1993; los valores del índice de servicio actual (PSI) son diferentes para los distintos niveles de tráfico y ubicaciones. Pudo verificar que el agrietamiento por fatiga y la formación de surcos previstos mostraron una tendencia similar a los valores del PSI terminal, también comprobó que la metodología AASHTO 1993 sobrestimaba el espesor del pavimento; además mostró una alta sensibilidad a las entradas de diseño en la zona de estudio, las condiciones climáticas y la carga de tráfico también resultaron ser los parámetros de entrada más influyentes en los índices de rendimiento del pavimento seleccionados. Esta investigación nos aporta que el modelo de predicción del ahuellamiento adoptado por el MEPDG nos arroja valores más bajos para la deformación permanente en comparación con el modelo colombiano de ahuellamiento utilizando la metodología AASHTO 93, por lo que se consideró necesaria una mayor calibración del modelo de predicción del ahuellamiento del MEPDG.

Predeanu, Elena (2018) realizó un informe titulado “*Comparación entre los diversos métodos para diseñar pavimento flexible en las nuevas construcciones y rehabilitaciones de carretera y estudios de sus implementaciones de los sistemas de gestiones del pavimento*”, cuyo objetivo fue presentar un marco generalizado para determinar los coeficientes de capas informados mecánicamente para las mezclas asfálticas en el enfoque de diseño empírico de pavimentos de la AASHTO. La metodología empleada se confeccionó a través de estructuras de desgloses de trabajos seguidas por los cronogramas representativos de gestiones de cada tarea que se tenía que hacer obligatoriamente; gracias a ello encontró que los coeficientes de capa influyen en los espesores y en consecuencia la capacidad estructural de los pavimentos; por lo tanto, es fundamental determinar valores a fiables con información mecánica. Para este estudio se consideró un total de 18 mezclas asfálticas comúnmente utilizadas en España para su investigación, incluyendo diferentes tipos de mezclas en caliente y mezclas recicladas de planta central en frío que



se utilizan como capas de rodadura, aglutinantes y de base. La caracterización en laboratorio se llevó a cabo utilizando los métodos de prueba de módulo complejo; las mezclas se evaluaron utilizando tres parámetros de índice de rendimiento: parámetro de índice de ahuecamiento de módulo complejo, parámetro de índice de agrietamiento dependiente de la velocidad y un nuevo parámetro de daño continuo, por lo tanto, concluyó que los valores recomendados son de 0.48 para el desgaste de la mezcla en caliente, de 0.41 para el ligante y la base mezclados en caliente, y de 0.28 para las mezclas de base reciclada en frío; estos valores son aproximadamente un 25% superiores a los valores a utilizados actualmente en España. Toda esta investigación nos aportó un conocimiento general de la manera en que se determina los coeficientes de capa informados mecánicamente para las mezclas asfálticas en el enfoque de diseño del pavimento mediante la metodología AASHTO; por otro lado, en el Perú, es muy importante que se construyan pavimentos pues estos aseguran el crecimiento del país y sus habitantes; además, los pavimentos están contruidos con diferentes insumos los cuales tienen la función de recibir los esfuerzos directos producidos en la circulación de la vía.

Gonzales, Oscar y otros (2020) realizaron una investigación cuyo objetivo fue mejorar la metodología de diseño incorporada en la Guía de Diseño de 1993 mediante la integración de las características innatas relacionadas a la mezcla bituminosa en el proceso de diseño de la vía pavimentada en el centro poblado Ramiro Priale; además de idear una relación entre los coeficientes estructurales del asfalto y los módulos dinámicos efectivos de la mezcla bituminosa correspondiente obteniendo una estimación de la capacidad estructural de la capa asfáltica. El documento ilustra el desarrollo de una relación multilineal entre los factores estructurales de las capas de asfalto, el módulo dinámico efectivo de la mezcla asfáltica y el módulo resistente de la capa base de áridos. Los diseños estructurales del pavimento para varias mezclas asfálticas y entradas de diseño utilizando la relación desarrollada entre los tres coeficientes dieron lugar a espesores de la capa asfáltica que fueron generalmente menores que los obtenidos utilizando el valor típico del modelo dinámico efectivo de la mezcla asfáltica de 0,44 para la capa asfáltica y más cercanos hacia los espesores que

se obtuvieron gracias a la normativa de elaboración mecánica - empírica de la AASHTO 93 utilizando el software Pavement ME. El aporte de la investigación es que en este estudio se busca mejorar el manual AASHTO 93 ya que el número estructural del espesor del pavimento ( $a_i$ ) es un cálculo abstracto relacionado a su facultad específica de cada unidad de espesores de los materiales para que estos funcionen como componentes estructurales de los pavimentos. Sin embargo, los valores de ( $a_i$ ) asumidos de las capas de asfalto y una relación propuesta entre ( $a_i$ ) y el módulo de resiliencia no tienen en cuenta las características a nivel mecánico y físico de cada material asfáltico, el volumen y la velocidad del tráfico, los espesores de las capas (pavimentos finos frente a gruesos), el clima y las propiedades de las capas no ligadas.

Castro, Felix (2021) en su investigación realizaba una comparación de los diseños de pavimentos utilizando el método AASHTO 93 y los nuevos métodos de la MEPDG para pavimentos típicos de cemento Pórtland (PCC) y de hormigón asfáltico (AC). Se volvieron a analizar cinco proyectos en servicio de pavimento de hormigón liso unido (JPCP) como proyectos equivalentes de JPCP y CA utilizando ambos enfoques con el mismo nivel de fiabilidad. Los resultados mostraron que el nuevo análisis MEPDG dio lugar a secciones de CA más delgadas para todos los proyectos que las obtenidas a partir del análisis de la normativa de elaboración de pavimento AASHTO de 1993. Cuatro de las secciones de PCC, diseñadas con la guía de diseño AASHTO de 1993, eran más gruesas que las secciones obtenidas con MEPDG. El análisis MEPDG dio como resultado el mismo espesor de losa de PCC para el quinto proyecto. Casi todos los pavimentos de CA fallaron en el criterio de fiabilidad asociado al agrietamiento longitudinal descendente. En el caso de los pavimentos de PCC, los fallos se produjeron en dos categorías de problemas: el agrietamiento transversal y el fallo de la junta media. La consecución de la fiabilidad deseada en el análisis del PCC también fue un problema. Por tanto, esta investigación se muestra que la actual norma de elaboración de pavimento mecánico a nivel de empirismo (MEPDG) proporciona metodologías para diseñar a nivel mecánico y empíricamente los pavimentos en contraposición a la metodología empírica utilizada en los pasos de diseño de pavimentos.

Ayqui, Lorena (2020) tuvo como finalidad ejecutar una apreciación de la respuesta mecánica de la adición a los pavimentos rígidos modificados con agregado marginal volcánico cimentados en el suelo y que cuenta con la participación de ceniza volcánica; la investigación se trazó como propósito analizar una importante forma de aplicar el análisis de fiabilidad: la calibración de los modelos de diseño geométrico para obtener niveles de seguridad (riesgo) coherentes. Este estudio proporcionó gráficos de diseño calibrados para la ordenada media, definida como la distancia lateral entre el borde de las barreras de la mediana y la línea central del carril de tráfico adyacente, a diferentes niveles de probabilidad de incumplimiento. Los resultados mostraron que los valores calibrados son generalmente inferiores a los derivados de la guía de diseño de AASHTO. En general, los gráficos calibrados alcanzaron cooperar en las decisiones a tomar para determinar las consecuencias para la seguridad de desviarse de las normas de diseño geométrico y cuantificar el nivel de seguridad incorporado en los valores de diseño que se consideran aceptables. La presente investigación, aporta que los gráficos de diseño calibrados pueden ofrecer a los diseñadores que trabajan en autopistas una opción para utilizar valores de ordenadas medias más bajos y permitirles estimar las futuras respuestas de la toma de decisiones relacionadas al tema de seguridad ya que las guías de diseño geométrico existentes, proporcionan criterios de diseño deterministas para los elementos de la carretera que ignoran la incertidumbre asociada a muchos parámetros de diseño. El análisis de fiabilidad ha sido defendido como un enfoque para tener en cuenta esta incertidumbre y evaluar el riesgo asociado con una característica de diseño particular.

Castro, Christian y otros (2021) diseñaron un pavimento flexible cuyos objetivos fue proponer un camino y un diseño para una autopista que uniera el centro poblado ubicado en Ilo con el resto de la ciudad. El trazado y la elaboración de la autopista fueron planteado a partir de las normas a nivel internacional de diseño de la AASHTO 93, con grandes capacidades y niveles de servicios. Se consiguió un sencillo arribo a partir de esas dos zonas y sus ciudades relacionadas mediante la elección del pavimento con más calidad para esta carretera. La investigación estuvo basada en varios trabajos de

teledetección para diseñar, usando fotos de satelitales dentro de la ciudad de Ilo, y algunos otros programas que se especializan en el diseño de pavimentos (Civil 3D y GIS), por lo tanto, el principal hallazgo fue la planificación de varias rutas de acuerdo con la norma AASHTO y las jerarquías de nivel de transporte para reducir los tiempos, los esfuerzos y los costos de los fines de recolección de datos que pertenecen al diseño, con cálculos exactos preparados para su aplicación. El diseño de las carreteras que unen dentro la ciudad representa el mayor coste a nivel de economía para un gobierno, además de los tiempos, los esfuerzos y los elevados costes que suponen llevar a cabo los diversos estudios de campo y conseguir toda la base de dato necesaria para el diseño y la ejecución.

Zapata, Guisela (2019) realizó un informe cuyo tema fue *“Diagnóstico de Pavimento flexible en la vía artesanal de la ciudad de Moquegua, 2019”*, tuvo como objetivo principal examinar el valor del módulo resiliente (3.000 psi) utilizado para representar la subrasante de la prueba de carreteras AASTHO 93 en la ecuación de elaboración de calzadas con característica flexible. En el caso de los suelos cohesivos, se demuestra que esto requiere que los valores de laboratorio se basen en ensayos realizados sin confinar utilizando una tensión desviadora de 6 psi. Para que los valores del módulo retro calculado de los suelos cohesivos sean coherentes con la guía, el módulo retro calculado debe multiplicarse por un factor no superior a 0,33. Los valores retro calculados no modificados no son conservadores y tampoco son conservadores cuando los ensayos se realizan con una presión de confinamiento y tensiones de desviación inferiores a 6 psi; los valores apropiados para los suelos no cohesivos deben estudiarse más a fondo. Esta tesis aporta a la investigación ya que el módulo de la subrasante para los pavimentos diseñados por la normativa AASHTO para diseñar las estructuras de Pavimento debe ser consistente con este valor para que la guía sea utilizada correctamente.

### **Diseño de pavimentos flexibles**

El pavimento de asfalto es conocido por su durabilidad y resistencia, la que hace que el pavimento de asfalto sea la mejor opción para la mayoría de las

superficies pavimentadas. La mayoría de los gobiernos estatales, prefieren el pavimento de asfalto por su fiabilidad y duración la cual no es necesario sustituirlo durante veinte o veinticinco años si se coloca correctamente.

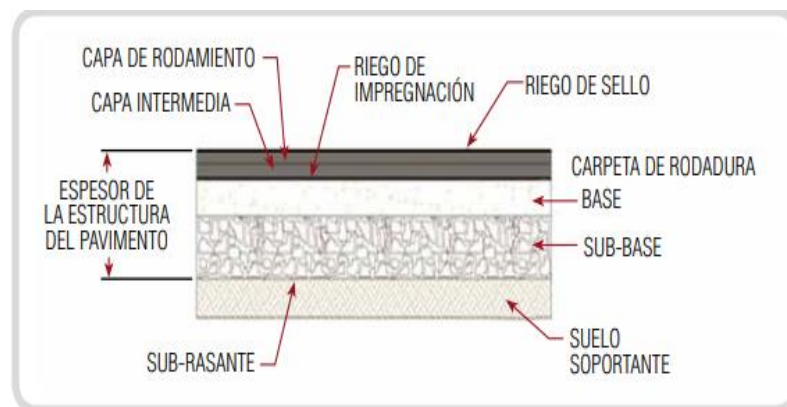
El pavimento de asfalto es también la opción más popular para aplicaciones como entradas de vehículos, aparcamientos, carreteras, pistas de aterrizaje y más; además de ser un material más reciclado en los Estados Unidos, antes que el papel o el plástico; aproximadamente el 80% de todo el pavimento de asfalto se puede reciclar. Deshmukh, Rohan y otros (2021) menciona que, si se busca un pavimento duradero para estas aplicaciones, y que pueda ser utilizado una y otra vez, el pavimento de asfalto es la mejor opción; además nos da a saber que la piedra (árido), arena, aditivos y asfalto líquido (petróleo) son materiales del asfalto. El asfalto líquido es una sustancia pegajosa y negra que se utiliza como material aglutinante en los pavimentos de asfalto, es de naturaleza viscosa y también puede encontrarse en forma semisólida. (pág. 75).

El MTC nos da a conocer las normas para el diseño del pavimento la cual será utilizado en esta investigación aplicando el método AASHTO 93 para determinar el número estructural requerida, determinar el espesor de las bases granulares hasta la carpeta asfáltica considerando un diseño para carreteras pavimentada de bajo volumen de tránsito para una vida útil de 10 años; cuyo fin es diseñar y dimensionar adecuadamente los pavimentos flexibles considerando diferentes métodos que se usan actualmente en el Perú (HARRIS, 1993).

Los pasos para el proceso del pavimento asfálticos son: i) La pre dosificación, se pesan los agregados utilizando un instrumento llamado báscula de cinta, y esta sirve para poder pesar simultáneamente los materiales y llevarlos al siguiente paso del proceso; ii) El secado de los componentes de los áridos la cual se utiliza un tambor de secado rotativo para secar los componentes a 300C°, después de esta se vuelve a pesar los agregados para luego tamizarlos y almacenarlas en silos; iii) El elemento aglutinante, o asfalto líquido, se mantiene en tanques separados y calentados para mantenerla en su estado y así este apto para la mezcla; iv) Los agregados tamizados y el asfalto líquido se transporta a

la mezcladora para formar el material de pavimentación; el asfalto se almacena y se mantiene caliente hasta que se transporta en camiones volquetes al lugar de trabajo. Desde el momento en que el asfalto sale de la planta y durante todo el proceso de pavimentación hay que mantener una temperatura elevada usando una malla sintética para su transporte, si este material no llega a obra a la temperatura requerida según lo recomendado por el MTC esta no podrá ser colocada (MTC, 2018 pág. 88)

La carpeta asfáltica se compone de una capa soportada por una superficie de base y una superficie de su base las cuales son rígidas entre sí (Quiñones Paucar, 2016).



**Figura 1: Componentes de un pavimento flexible**

Fuente: Elaboración propia

## **Criterios del mejoramiento de la infraestructura vial**

Dado su papel clave y su uso generalizado, existe una oportunidad única para mejorar la sostenibilidad de las estructuras de los pavimentos con el potencial de ofrecer enormes beneficios ambientales, sociales y económicos (Fukubayashi, y otros, 2022 pág. 45).

## **Dimensiones de la variable de pendiente: Mejora de la infraestructura**

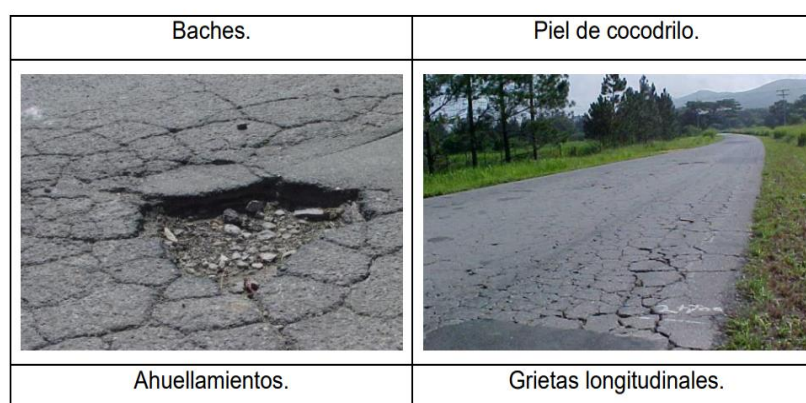
### **Capacidad de servicio de la vía**

La capacidad de servicio es un indicador que representa el nivel de beneficio que un pavimento proporciona a los usuarios; esta opinión subjetiva está estrechamente relacionada con los aspectos objetivos, que pueden

medirse en la superficie del pavimento. La capacidad de servicio debe definirse en relación con el uso previsto de la carretera.

### Existencia de problemas en el pavimento.

La aparición de desperfecto en el pavimento se debe a una serie de variables, como la entrada de agua, la tensión de los vehículos pesados, las expansiones y contracciones por el cambio de clima estacionales y la exposición al sol. Es importante realizar un mantenimiento adecuado, como el sellado de grietas y del asfalto, para evitar que las grietas se extiendan o se formen (Qamhia, y otros, 2021 pág. 7)



**Figura 2: Tipos de desperfecto en el pavimento flexible**

Fuente: Diseño de pavimento flexible empleando Método AASHTO 93 para mejoramiento de infraestructura vial (Inocente Carrera, 2021 pág. 8)

### Definición de términos básicos

**Carretera:** Vía transitada por personas, animales o vehículos con ruedas. En el uso moderno, el término carretera describe una vía rural menos transitada, mientras que el término calle denota una vía urbana. Autopista se refiere a una vía rural importante; recientemente se ha utilizado para una carretera, en cualquier tipo de zona tanto rural como urbana, donde los puntos de entrada y salida del tráfico están limitados y controlados (MTC, 2018 pág. 588).

**Sección Transversal:** Es una sección vertical del terreno y de la calzada en ángulo recto con respecto a la línea base de la vía, incluyendo todos los elementos de una carretera o calle a partir de la línea de derecho de paso

(carriles, arcenes, muros de contención, bordillos, medianas, estructura del pavimento, taludes laterales de la carretera, cunetas, carriles para bicicletas y aceras) (MTC, 2018 pág. 588).

**Capacidad de la vía:** La capacidad máxima está definida para un diseño de una vía determinada; existen numerosas limitaciones en la capacidad de las carreteras que hacen que sea muy poco habitual que éstas alcancen sus capacidades de diseño declaradas. Además, en muchos casos se intenta restringir la capacidad de las carreteras con el fin de limitar el tráfico para reducir la congestión, mejorar la fiabilidad del tiempo de viaje o solucionar problemas medioambientales (MTC, 2018 pág. 588).

**Carril de Diseño:** Se define como la vía en la cual se prevé el más grande valor de fuerza aplicada de acuerdo a los ejes simples de los vehículos que equivalen a 80 KN (MTC, 2018 pág. 588).

**Consistencia:** La consistencia que posee el suelo se define como la atracción que posee cada material que forma el suelo y por lo cual se mantienen unidos; además de la resistencia a las deformaciones y las rupturas. Esta consistencia que posee el suelo se puede medir con especímenes de suelo con humedad, mojado y sin presencia de agua. En el caso de los suelos húmedos, se puede expresar como pegajosidad y plasticidad (MTC, 2018 pág. 588).

**Humedad:** Es el porcentaje total de agua e incluido el vapor que presenta un suelo no saturado; esta representa el líquido de las superficies terrestres que no está en los ríos, lagos o aguas subterráneas, sino que reside en los poros del suelo (MTC, 2018 pág. 588).

**Vehículo:** Es una máquina que se utiliza con el propósito de transitar personas y objetos de una zona a otra y cuyas llantas no se encuentran en confinamiento del riel (MTC, 2018 pág. 588).



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Debido a que la investigación tiene relación con la descripción y la indagación científica que tiene el fin de dar una solución a un problema, este estudio presenta ser una **investigación aplicada**. Asimismo, esta clase de investigación desempeña un gran rol dentro de la solución de las problemáticas cotidianas que muchas veces conllevan una gran influencia general (Bresler, y otros, 2012 pág. 5).

**Enfoque cuantitativo**, porque el objetivo principal es resolver un problema específico en una zona delimitada por los autores, y en la cual se aplican todos los conocimientos de los investigadores relacionados al tema (Snyder, 2017 pág. 29).

**Diseño No experimental**, porque es el tipo de estudio que no conlleva a manipular la variable que se controla o también llamada independiente. En la investigación no experimental, los autores realizan una medición de cada variable tal y como se producen de forma natural, sin proceder a manipular nada; además, esta clase de estudio se hace uso cada vez que los investigadores no tienen una cuestión que investigar específicamente sobre la interacción de causa entre dos variables diversas, y la forma de manipular hacia la variable independiente no es posible (Snyder, 2017 pág. 28).

**Alcance Descriptivo**, ya que se representa como una forma de investigar en la que existe una descripción de cada característica de toda la población o del fenómeno analizado. Esta clase de estudio tiene un enfoque sobre todo en el "qué" del objeto de estudio que en el "por qué" del mismo además de que se enfoca en realizar una descripción de la naturaleza de una porción demográfica, pero no se detiene a preguntarse "por qué" se produce el fenómeno concreto. Por lo tanto, la investigación descriptiva "detalla" el objeto de la investigación, sin abarcar "por qué" se produce (Snyder, 2017 pág. 3).

### 3.2 Variables y Operacionalización

**Variable dependiente:** Mejoramiento de la transitabilidad vial.

**Variable independiente:** Diseño de pavimento flexible.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** En los estudios como el nuestro, se acostumbra a establecer una población a estudiar, y continuación realizar observaciones sobre una muestra extraída a partir de ella. Las poblaciones de estudio son definidas de acuerdo con la ubicación geográfica y todo lo que relaciona en la región; en pocas palabras una población es el grupo completo sobre el que se quieren sacar resultados; además, en la investigación, las poblaciones no siempre son sobre seres humanos, pueden estar conformadas por un conjunto que contenga objetos de cualquier tipo que se quiera observar, como cosas, ocasiones, empresas, ciudades, animales, organismos, etc (Haradhan, 2018 pág. 22).

Por lo tanto, teniendo en cuenta estas definiciones se definió lo siguiente:

- ✓ Área diagnosticada: Pueblo Joven Mariscal Nieto.
- ✓ Área establecida en la investigación: La calle San Donato.



**Figura 3:** *Ubicación geográfica de la zona de estudio*

Fuente: Elaboración propia

**Muestra:** Es una fracción definida de la población, además de ser un grupo específico de la recolección de datos. La proporción de la muestra siempre es inferior a la de la población (Haradhan, 2018 pág. 25). Por consiguiente, la muestra establecida para este estudio lo conforma el pavimento flexible de la calle san Donato desde el Km 0+000 a 0+356.648, la cual está ubicada en el PJ. Mariscal Nieto y además se toma en consideración la cifra total de calicatas para su estudio de suelos según lo estipula la norma.

**Tabla 1: Cifra de calicatas para la exploración de suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Manual de carreteras: Suelos geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014 pág. 26)

**Muestreo:** Se hizo uso del muestreo sin tener en cuenta el cálculo de probabilidades en la recopilación de datos de la muestra, ya que estas se utiliza formas no aleatorias de selección (Haradhan, 2018 pág. 29).

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La obtención de datos es el proceso importante en la investigación ya que se hará uso de técnicas e instrumento que se establece en este informe. Las técnicas estarán apoyadas en los análisis de documentos la cual nos permite conocer cada uno de los ensayos a través de recolección artículos científicos, manuales, estudios anteriores, entre otras, las cuales ofrecen información detallada (Hernandez Sampieri, y otros, 2010).

Las técnicas que fueron usadas son las siguientes: i) La observación (inspecciones a la zona estudiada), ii) Ensayos de laboratorio con el fin de definir la clasificación de los suelos de las subrasantes, iii) Fuentes secundarias como la revisión de la normativa vigente publicada por el MTC y iv) Recursos bibliográficos relacionados al tema usando la metodología AASHTO 93.

**Tabla 2: Técnicas de Investigación**

Técnicas de investigación		Norma Aplicable
<b>Campo</b>	Índice medio diario anual (IMDA)	Manual de carreteras (MTC, 2018)
	Estudio topográfico	
<b>Laboratorio</b>	% de humedad	(NTP 339.127 / ASTM D2216)
	Granulometría	(NTP 339.128 / ASTM D422)
	Índice Plasticidad	(NTP 339.129 / ASTM D4318)
	Clasificación de Suelos (SUCS)	(NTP 339.134 / ASTM D2487)
	Clasificación del suelo ( AASHTO)	(ASTM D3282)
	Peso específico	(NTP 339.131 / ASTM D-854)
	Densidad Natural	(NTP 339.1436 / ASTM D-155)
	Valor de soporte de los suelos (CBR)	(NTP 339.138 / ASTM D-1883)
Proctor Modificado	(NTP 339.141 / ASTM D 1557)	

Fuente: Elaboración propia

Los métodos utilizados es la observación directa, experimentación, utilización de las reglas vigentes del MTC y las fuentes bibliográficas; además de los datos obtenidos.

El instrumento que elijamos para recoger los datos dependerá del tipo de datos que pensemos recoger (cualitativos o cuantitativos) y de cómo pensemos recogerlos (Dzwigol, y otros, 2022 pág. 54). En esta investigación se hará uso de métodos primarios y secundarios como técnicas de recolección de datos.

Por otro lado, los instrumentos se definen como los dispositivos y herramientas usados para la recogida de datos, se tomará como guía de análisis documental las referencias del material bibliográfico el cual nos facilitará el proceso, esta se utiliza para obtener el estudio del suelo de acuerdo a los análisis documentales previos; y para registrar los datos se hará uso de formatos ubicados en los anexos el cual nos facilitaron este proceso.

**Tabla 3: Instrumento de recolección de datos**

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuentes</b>
Análisis de documentos	Guía de análisis documental	Referencia del material Bibliográficas
Estudio campo y de laboratorio	Formato de cálculo y equipos de laboratorios, equipo del ensayo Proctor modificado y de CBR	Manual de ensayo de materiales MTC – 2016 Manual de carreteras pavimentada de bajo volumen de transito
Observaciones	Guías de observación	Observación

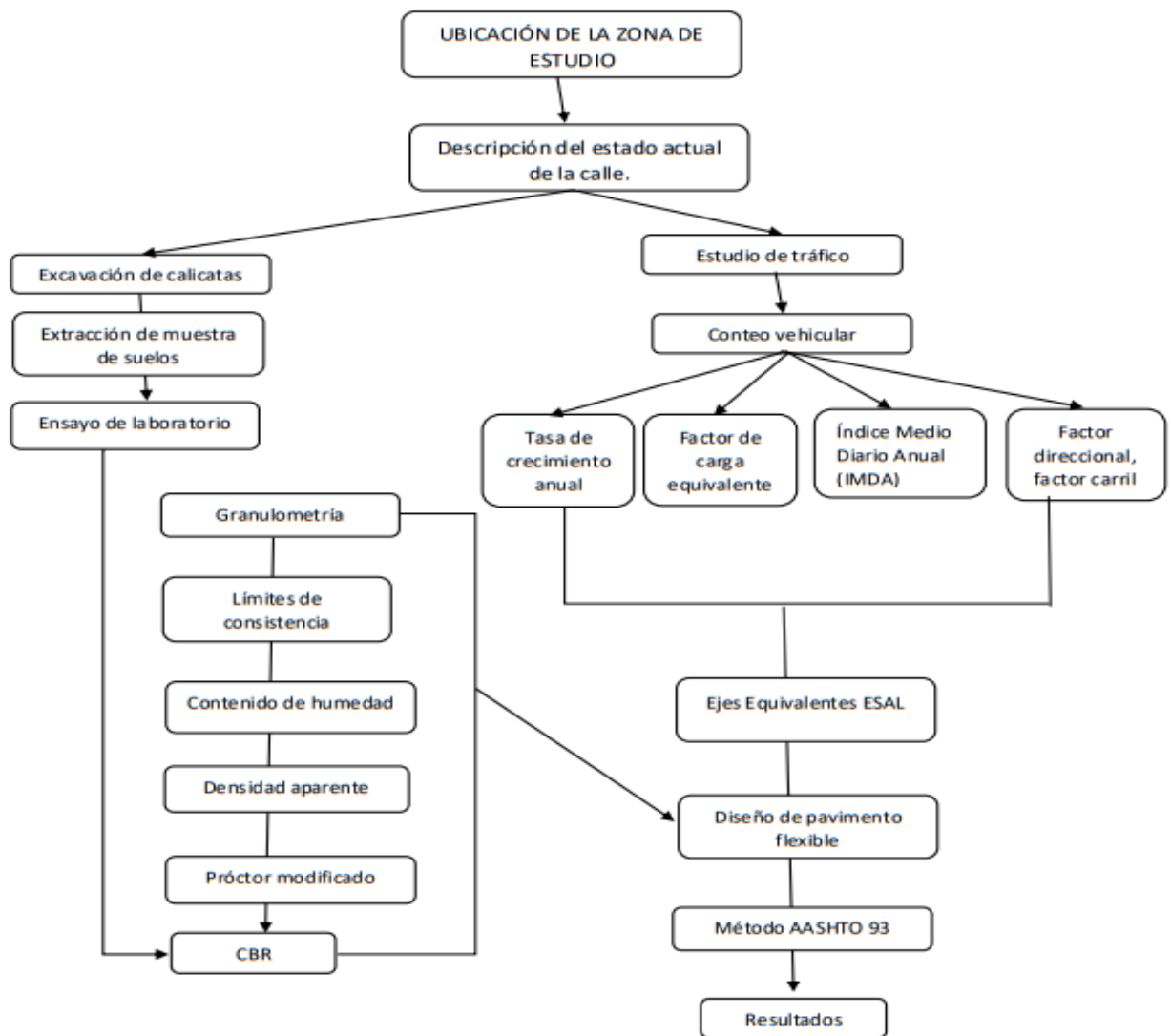
Fuente: Elaboración propia

### **3.5 Procedimiento.**

Fueron detallado de acuerdo los objetivos en esta investigación:

- Inspección de campo: sector a analizar.
- Enumerar el tráfico vehicular y cuantificar el ESAL de diseño.
- Diseño de pavimento por medio del método AASHTO 93.

Mediante este diagrama de flujos de proceso, se detalla el orden de los objetivos específicos de este estudio.



**Figura 4: Procedimiento de desarrollo de informe de investigación.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Método de análisis de datos

- Se realizó 2 calicata según la tabla 1.
- Registro fotográfico, con el fin de realizar una evaluación del estado de la superficie de la calle estudiada.

- Elaboración de ensayos como el CBR con el fin de realizar una apreciación de la calidad de la subrasante y cimientos del nuevo pavimento, utilizando la metodología AASHTO 93.
- Determinar el grosor de las capas estructurales de diseño del pavimento.

### **3.7 Aspectos éticos**

Esta investigación está comprometida en cumplir a cabalidad con las normas requeridas por el MTC y por el método AASHTO 93, y sus lineamientos para el diseño del pavimento flexible de la calle San Donato, además de presentar detalladamente y sin cambios, los diferentes resultados obtenidos en los diversos ensayos al suelo. En adición, este trabajo respetó en su totalidad la normativa de citación propuesto por el estilo de la norma ISO 690.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

Esta investigación se efectuó en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, Región Moquegua.



**Figura 5:** *Mapa político del Perú y del departamento de Moquegua*

Fuente: Elaboración propia.

#### Características climáticas

T máxima 25.8 °C

T mínima 14.6 °C

T media 16.1 °C

#### Ubicación del proyecto

##### Localización geográfica

Según el sistema referencial, el distrito de Moquegua se ubica en las siguientes coordenadas geográficas basada en tres parámetros: Latitud Sur 17°, 11',43" y Longitud Oeste 70°, 56', 14", cuya área de superficie es de 3948 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud entre los 1417 m.s.n.m. Asimismo, tiene una población de aproximadamente 57 243 mil habitantes



## Limites

Norte: Con el Distrito de La Capilla y Torata.

Sur: Con la Provincia de Ilo (Distritos de Pacocha y El Algarrobal).

Este: Con el Departamento de Tacna.

Oeste: Con el Departamento de Arequipa.



**Figura 6: Mapa de la provincia de Mariscal Nieto y del distrito de Moquegua**

Fuente: Elaboración propia.

## Clima

El clima en el distrito de Moquegua de acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que el clima se distingue por su claridad; la temperatura varía entre los 14.6°C y 25.8°C; siendo un clima entre cálido, templado y soleado con una amplitud térmica moderada. A finales e inicios del año presenta la temporada más lluviosa del año alcanzando los 1.08 mm/mes.

### **4.2 Estudio de tráfico vehicular**

Se llevó a cabo un estudio de tráfico vehicular la cual permitió conocer el volumen de transporte que pasas por la distancia de estudio, es así que se calcula el IMDa; a partir del cálculo de dicho parámetro se procederá a realizar el diseño de acuerdo a lo que establece el manual del MTC.

## a) Recopilación de Información

Se considera el dato vinculado al conteo preestablecido para cada tipo de transporte según eje.

**Tabla 4: Datos del proyecto de estudio.**

Generalidades	Descripción
Tramo de la carretera	Calle San Donato
Sentido	Ambos Sentidos
Ubicación	Distrito de Moquegua.
Estación	Montalvo
Código de la Estación	N°01
Período de Tiempo para Conteo	06/06/2022 - 11/06/2022

Fuente: Elaboración propia.

## b) Conteo de Tráfico vehicular

Luego de hacer registro de la vía de estudio, con el formato de conteo de tráfico se evalúa el flujo vehicular en donde se obtuvo los siguientes resultados.

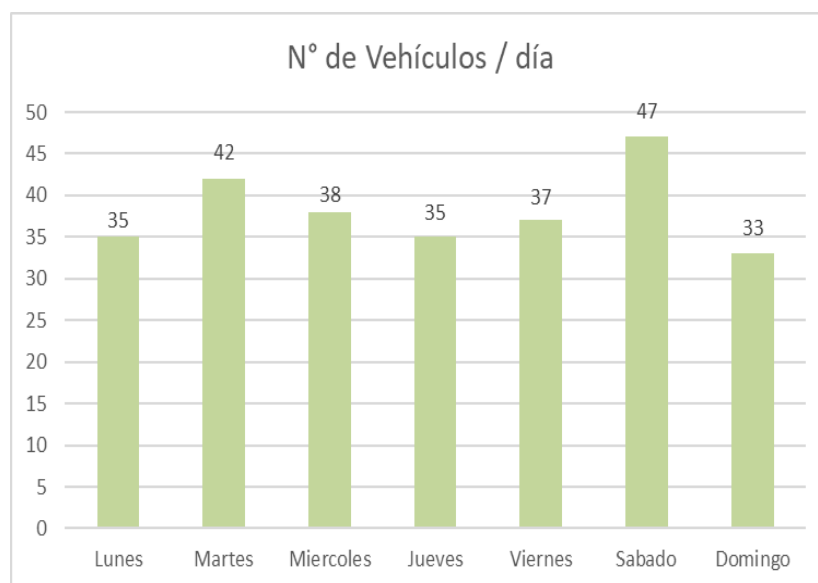
**Tabla 5: Registro del Conteo del transporte consolidado.**

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Autos	19	24	24	19	25	29	18
Pick UP	7	9	8	9	6	8	8
Combis	6	4	4	4	3	4	5
Micros	0	1	1	0	0	1	0
Camiones 2 Ejes	3	4	1	3	3	4	2
Camiones 3 Ejes	0	0	0	0	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>33</b>

Fuente: Elaboración propia.

Existe mayor flujo de vehículos el día sábado dado que es el día que los pobladores salen con sus familias o regresan de sus trabajos; seguido del día martes; y el menor día que se ha detectado que hay menor cantidad de

vehículos ha sido el día domingo por el hecho de que es el día que los pobladores lo toman para descansar en sus hogares.



**Figura 7: Representación de los registros del conteo del transporte consolidado**

Fuente: Elaboración propia.

### c) Factor de Corrección

Se empleó el elemento de corrección correspondiente al mes de junio según tabla, para determinar el IMDa en base al dato de peaje - Provias nacional – MTC. Los elementos de modificación promedio utilizados son de la estación de peaje cercana al tramo de estudio, en este caso, la denominada “Montalvo”:

**Tabla 6: Elementos de corrección estacional**

Estación de Peaje Montalvo (P040)	Valor
F.C.E. Transporte ligeros:	1.105925
F.C.E. Transporte pesados:	1.096358

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017).

### d) Cálculo del IMDA

Sin la utilización de la corrección se obtuvo el IMDa, que interpreta el tráfico actual en la vía, se utilizará la siguiente fórmula:

$$IMD = \frac{\sum vi}{7}$$

Dónde:

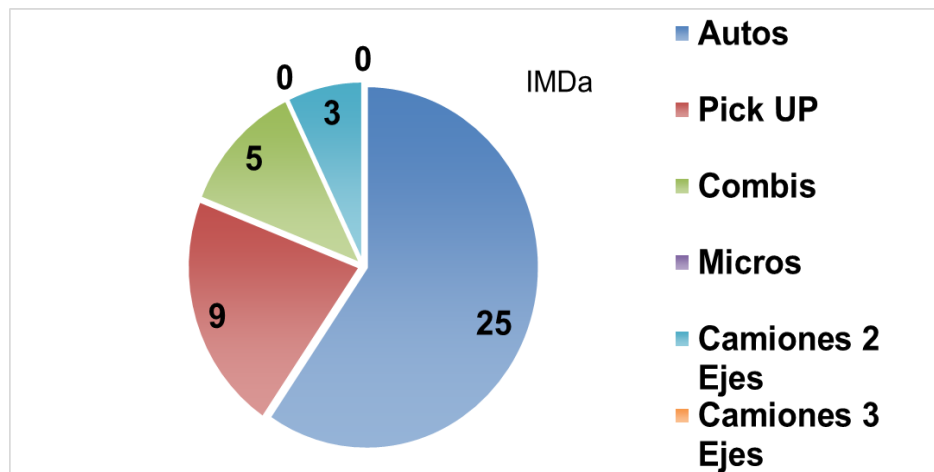
Vi: Adición total de los transportes en el tiempo del conteo.

**Tabla 7: Índice medio diario anual *IMDA* Calculado.**

Tipo de Vehículo	Tráfico de transporte en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMDs	FC	IMDa
	L	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do				
<b>Autos</b>	19	24	24	19	25	29	18	158	23	1.1059	25
<b>Pick UP</b>	7	9	8	9	6	8	8	55	8	1.1059	9
<b>Combis</b>	6	4	4	4	3	4	5	30	4	1.1059	5
<b>Micros</b>	0	1	1	0	0	1	0	3	0	1.1059	0
<b>Camiones 2 Ejes</b>	3	4	1	3	3	4	2	20	3	1.0963	3
<b>Camiones 3 Ejes</b>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1.0963	0
<b>TOTAL</b>	35	42	38	35	37	47	33	267	38		42

Fuente: Elaboración propia.

Según el efecto se tiene que el *IMDA* fue de 42, siendo el de más incidencia el correspondiente a los autos con 25.



**Figura 8: Representación gráfica del IMDa calculado por tipo de transporte**  
Fuente: Elaboración propia.

Para clasificar el tipo de carretera según el manual de carretera: Diseño Geométrico – 2018 (MTC, 2018), se considera el IMDa para su clasificación; y de acuerdo a los resultados se considera una carretera de bajo volumen de tránsito según el Manual de carreteras: Suelos geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014).

El manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de tránsito (MTC, 2018) nos da a conocer el ancho de calzada y el modelo de superficie de rodadura a utilizar, tal como lo muestra en la tabla 8.

**Tabla 8; Ancho de calzada para carretera de bajo volumen de tránsito**

IMDa Vehículo/día	Ancho mínimo de calzada (m)	Tipo de superficie de rodadura
0 - 350	5.50 para carretera de 2 carriles 4.00 para carretera de 1 carril	Desde tratamiento superficiales asfálticas hasta carpeta asfáltica

Fuente: Elaboración propia.

### e) Clasificación vehicular promedio

Se realizó una clasificación vehicular para un promedio porcentual, donde los diferentes tipos de vehículos como se presenta en la figura

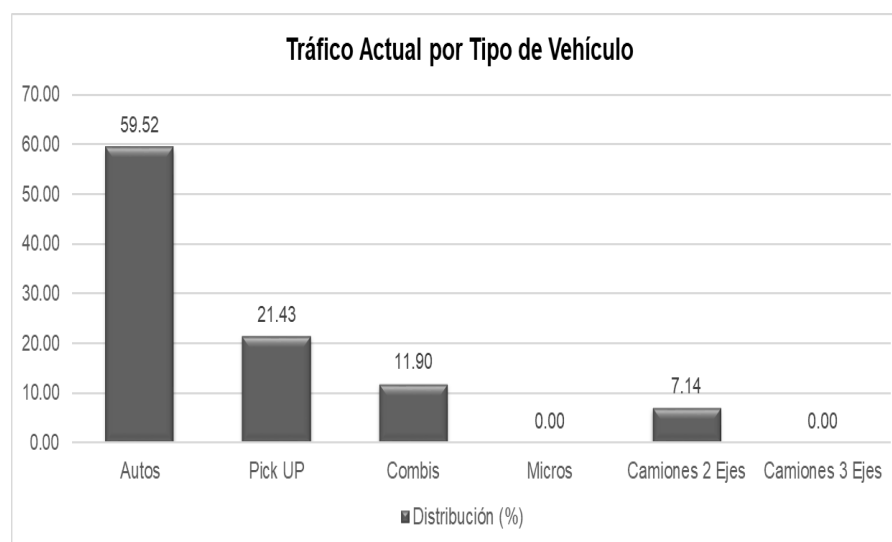
fueron autos, Pick up, Combis, Micros, Camiones de 2 Ejes y Camiones de 3 ejes.

**Tabla 9: Distribución porcentual del tráfico actual según el tipo de transporte.**

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Autos	25	59.52
Pick UP	9	21.43
Micros	5	11.90
Combis	0	0.00
Camión 2 Ejes	3	7.14
Camión 3 Ejes	0	0.00
IMDa	42	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el mayor porcentaje de incidencia fue el de autos con el 59.52% y los menores porcentajes se encontraron en los camiones de 2 ejes con 7.14% y en las combis y camiones de 3 Ejes con el 0.00%.



**Figura 9: Representación de distribución porcentual del gráfico.**

Fuente: Elaboración propia.

#### f) Crecimiento de tasa anual

Para la envergadura de la demanda se utiliza la fórmula:

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)}$$

Donde:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año en vehículo por día

$T_0$  = Tránsito actual (año base) en vehículo por día

$n$  = año futuro de proyección

$r$  = tasa anual de crecimiento de tránsito

Teniendo como dato, una tasa de crecimiento en la región en un periodo de 10 años:

$r_{vp} = 1.08$  Tasa de aumento anual de la población (**para transporte de pasajeros**)  
 $r_{vc} = 0.27$  Tasa de aumento anual de PBI Regional (**para transporte de carga**)

**Tabla 10: Proyección de tráfico para un periodo de 10 años.**

Proyección de Tráfico - Situación Sin Proyecto											
Tipo de Transporte	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2027	2028	2029	2030	2031
<b>Tráfico Normal</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>47</b>
<b>Autos</b>	25.00	25.00	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	27.00	27.00	27.00	28.00
<b>Pick UP</b>	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Combis</b>	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00
<b>Micros</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Camiones 2 Ejes</b>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>Camiones 3 Ejes</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 Estudio Topográfico

Como bien se sabe, la Región de Moquegua, está dando mucha prioridad en Construcción de Carreteras y Vías Asfaltadas de Comunicación las

mismas que permitan dar accesibilidad de forma directa y muy rápidas hacia los Centros Poblados del Entorno. El Levantamiento topográfico se realizó en la Prolongación Calle San Donato del Pueblo Joven Mariscal Nieto entre las progresivas Km. 0+000 al Km. 0+356.648.

#### a) Equipos y personal empleado

**Tabla 11: Lista de equipos y personal**

<b>Personal Técnico</b>	<b>Cargo</b>
Tco Raúl Puma Feliciano.	Topógrafo
Bachiller. Yoel Sabino Torres Colana	Tesista
Bachiller. Rocio Colana Arias	Tesista
Porta prismas (02)	Porta prismas
Pintor, Estaquero (01)	Porta miras
Apoyo de Movilidad	Chofer
<b>Equipo Topográfico</b>	<b>Cantidad</b>
Estación Total Tocón GPT 3107	01 unidad
Dron	01 unidad
Prismas	02 unidad
Radios Handy Motorola	02 unidades
Computadora Laptop	01 unidad
Winchas de 50m	01 unidad
Winchas de 5m	01 unidad

Fuente: Elaboración propia.

#### b) Procedimiento

Respecto a los trabajos planimétricos en campo del levantamiento, se siguió el siguiente procedimiento:

- Colocación de puntos de control y BMS con un GPS navegador y georreferenciado con el catastro actual.
- Empleo de dron de última generación para obtener orto foto.
- Colocación de clavos de calamina con cinta de seguridad para indicar los ejes y comienzo del levantamiento antes mencionado.



- Nivelación de progresivas del alineamiento horizontal a cada 10m. para un nuevo diseño de perfiles longitudinales, del km 0+000 al km 0+356.648.
- Nivelación de ida y de vuelta de BMS y estaciones o puntos de control, los BMS están ubicados cada 10m. para poder controlar los cortes y rellenos de la rasante diseñada.
- Pintado de progresivas con pintura esmalte de color rojo y blanco cada 10m. desde el 0+000 al 0+356.648, este trabajo nos ayuda a determinar y ubicar las obras de arte botaderos y las canteras de dicho proyecto.
- Monumentación de estaciones o puntos de control en todo el tramo del trazo definido, para así poder replantear fácilmente todo el eje de la vía diseñada.

### **c) Análisis y procesamiento de la información de campo**

El software empleado ha sido el siguiente:

- Para el cálculo y ajuste de cierre de la red de BMs se empleó el método de anillos de nivelación; se empleó Excel para al cálculo y ajuste de poligonal por coordenadas; finalmente se descargó los puntos registrados en la estación total mediante un software del mismo equipo, y esta sirvió de base para elaborar el plano topográfico.

### **d) Puntos de apoyo**

Se pretende los siguientes puntos de control, para la ejecución de la poligonal correspondiente:

- E-1 N= 8098279.729 E= 295406.16 Z= 1442.643 (margen izquierdo costado de la vía progresiva 0+000 estaca de fierro color blanco).

- E-2 N= 8098273 E= 295435 Z= 1443 (margen izquierdo al costado de la vía en progresiva 0+020 estaca de fierro).
- E-3 N= 8098159.602 E= 295557.251 Z= 1442.008 (margen izquierdo al costado de la vía en progresiva 0+140 estaca de fierro).

#### 4.4 Estudio de suelos

En este apartado, se mostrará todos los resultados referentes al estudio del suelo; para ello, se realizaron dos calicatas en el tramo de estudio a una profundidad de 2.00 m: la calicata C-01 y la calicata C-02.

**Tabla 12: *Números de calicatas de exploración en campo.***

Calicata	Norte	Este
C-01	8098312.00 m.	295473.00 m
C-02	8098372.00 m.	295613.00 m.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10: *Ubicación de calicatas en la zona de estudio***

Fuente: Elaboración propia.

Para precisar las propiedades de las muestras analizadas se emplearán los ensayos que se fijan en el manual de ensayos del MTC:

**Tabla 13: Ensayos de Laboratorio para el EMS.**

	<b>Ensayos</b>	<b>Norma Aplicable</b>
<b>Propiedades físicas</b>	% de humedad	(NTP 339.127 / ASTM D2216)
	Granulometría	(NTP 339.128 / ASTM D422)
	Plasticidad	(NTP 339.129 / ASTM D4318)
	Clasificación del suelo (SUCS)	(NTP 339.134 / ASTM D2487)
	Clasificación del suelo (AASHTO)	(ASTM D3282)
	Peso específico	(NTP 339.131 / ASTM D-854)
	Densidad Natural	(NTP 339.1436 / ASTM D-155)
<b>Propiedades mecánicas</b>	Valor de soporte de los suelos (CBR)	(NTP 339.138 / ASTM D-1883)
	Proctor Modificado	(NTP 339.141 / ASTM D 1557)

Fuente: Elaboración propia

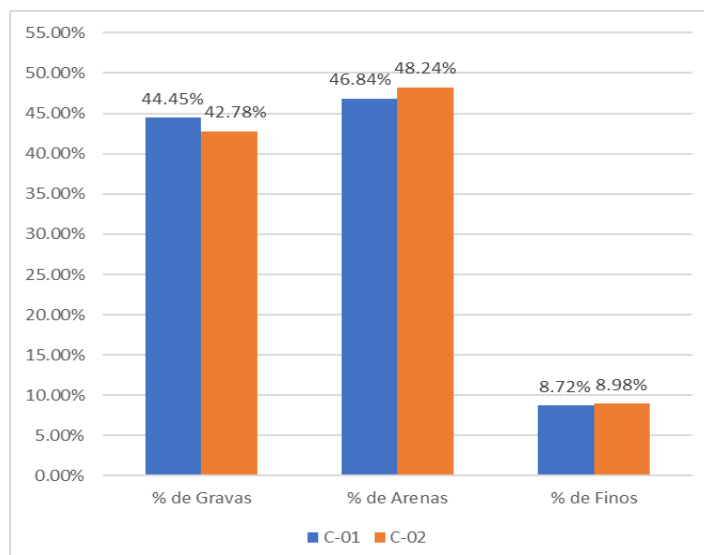
#### a) Análisis Granulométrico por tamizado

Esta detallará el porcentaje pasante de cada muestra por los respectivos tamices y mallas.

**Tabla 14: Porcentajes de la composición de las muestras**

<b>MUESTRA</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>
<b>% de Gravas</b>	44.45%	42.78%
<b>% de Arenas</b>	46.84%	48.24%
<b>% de Finos</b>	8.72%	8.98%

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 11: Representación de resultados de composición de las muestras**

Fuente: Elaboración propia.

Se clasifico el suelo de acuerdo al tamaño de las partículas en base al porcentaje de su composición según la tabla 14. Para la muestra C-01 se tiene un porcentaje de 44.45% de gravas, 46.84% de arenas y 8.72% de finos, mientras que, para la muestra C-02 se tiene un porcentaje de 42.78% de gravas, 48.24% de arenas y 8.98% de finos. Por lo tanto, verificamos que estamos tratando con suelos granulares.

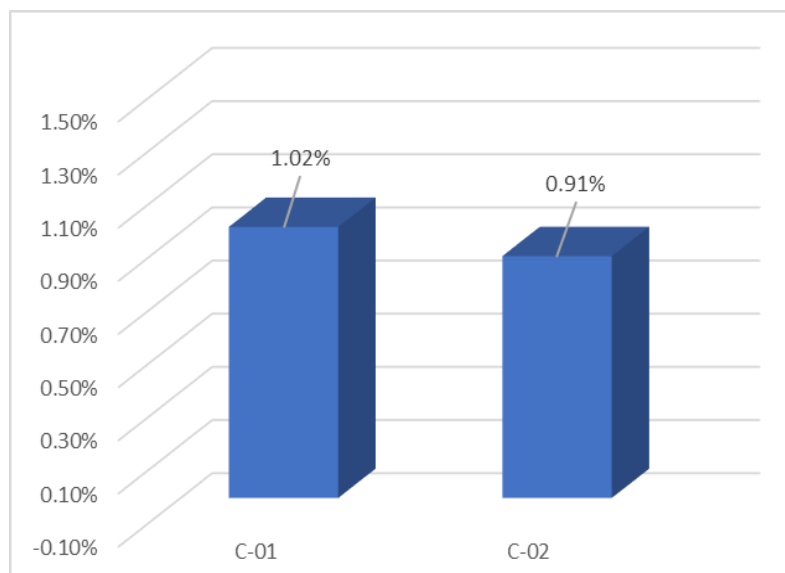
## b) Contenido de Humedad

Se detallará el tanto por ciento de la humedad de cada muestra.

**Tabla 15: Resultados de % de Humedad Natural**

Muestra	Humedad (%)
C-01	1.02%
C-02	0.91%

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 12: Representación de resultados de contenido de humedad**  
 Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza los promedios de los contenidos de humedad natural de las muestras analizadas, la cual se observó en la tabla 15 la poca presencia de humedad en la muestra por lo que no se encuentran obras hidrológicas en sus alrededores.

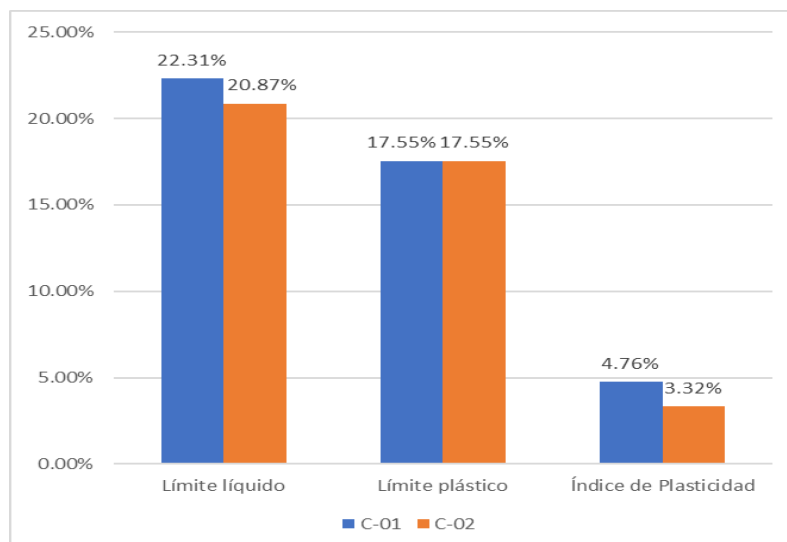
### c) Límites de Consistencia

Permite determinar la plasticidad de las muestras según los valores obtenidos en base a los límites líquidos y plásticos.

**Tabla 16: Resultados de Límites de Consistencia**

MUESTRA	C-01	C-02
<b>% Límite Líquido</b>	22.31%	20.87%
<b>% de Límite Plástico</b>	17.55%	17.55%
<b>% de Índice de Plasticidad</b>	4.76%	3.32%

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 13: Representación de resultados de límites de consistencia**

Fuente: Elaboración propia.

Se encuentran los resultados obtenidos de los límites de Consistencia según la tabla 16, en donde para la muestra C-01 y C-02, se determinaron límites líquidos de 22.31% y 20.87 en dicho orden, a los 25 golpes mediante la Copa de Casa Grande, así como un promedio de límite plástico de 17.55% para ambas muestras, y con los valores de dichos límites se pueden calcular los Índices de Plasticidad para las muestras, siendo 4.76% y 3.32% respectivamente. Debido a que los valores del índice de plasticidad resultaron menores a 7%, se puede manifestar que se tratan de suelos de baja plasticidad.

#### d) Clasificación del suelo según SUCS y ASSHTO

Permite determinar cómo las muestras analizadas se llegan a clasificar según las 2 formas normadas: SUCS y ASSHTO.

**Tabla 17. Clasificación de las muestras**

Muestra	SUCS	ASSHTO	COMPOSICIÓN
<b>C-01</b>	SW-SC-SM	A-1-a (0)	Arena bien graduada-limosa-arcilla
<b>C-02</b>	SW-SM	A-1-a (0)	Arena bien graduada-limosa

Fuente: Elaboración Propia.

Según la clasificación, para la muestra C-01 el suelo es de tipo SW-SC-SM y de acuerdo a ASSHTO es del tipo A-1-a (0), el cual corresponde a un suelo conformado por arena bien graduada - limosa - arcilla, ligeramente plástico, de color beige claro, de compacidad media.

Según la clasificación, para la muestra C-02 el suelo del tipo SW-SM y de acuerdo a ASSHTO es del tipo A-1-a (0), el cual corresponde a un suelo conformado por arena bien graduada –limosa, ligeramente plástico, de color beige, medianamente húmedo y de compacidad media.

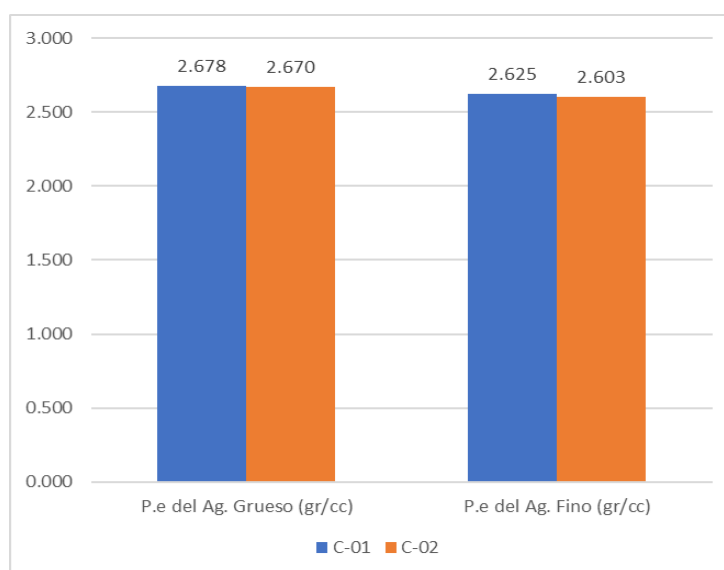
### e) Peso específico de los agregados

Permite determinar los pesos específicos de los agregados gruesos y finos presentes en las muestras analizadas.

**Tabla 18: Resultados de Pesos específicos de los agregados**

MUESTRA	C-01	C-02
<b>P.e del Agregado Grueso</b>		
	2.678 gr/cc	2.670 gr/cc
<b>P.e del Agregado Fino</b>	2.625 gr/cc	2.603 gr/cc

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 14: Representación de resultados de pesos específicos de agregados.**

Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza los pesos específicos de los agregados respecto a las muestras analizadas tal como se figura en la tabla 18. Para el caso de la muestra C-01, el porcentaje de agregado grueso fue de 2.678 gr/cc y de agregado fino fue de 2.625 gr/cc, mientras que para la muestra C-02 el porcentaje de agregado grueso fue 2.670 gr/cc y de agregado fino fue de 2.603 gr/cc.

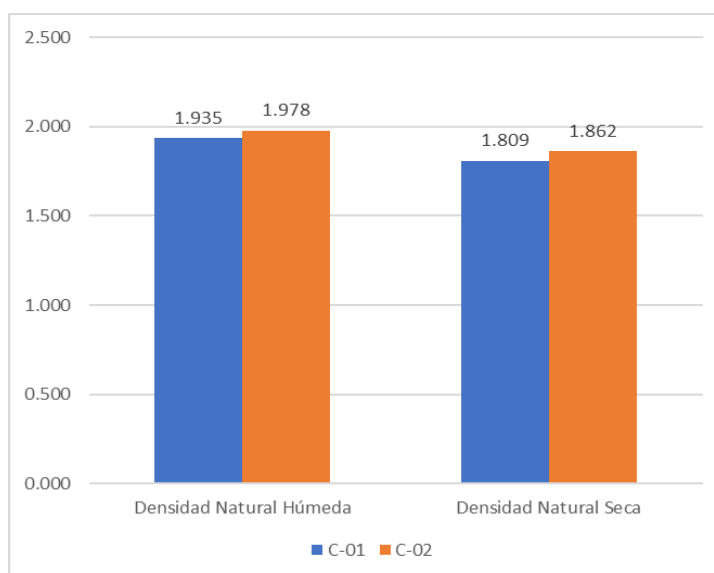
**f) Densidad natural**

Permite determinar las densidades naturales de las muestras tanto en su estado húmedo como en su estado de densidad seca.

**Tabla 19: Resultados de densidad**

MUESTRA	C-01	C-02
<b>Densidad Natural</b>		
<b>Húmeda</b>	1.935 gr/cm <sup>3</sup>	1.978 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad Natural Seca</b>	1.809 gr/cm <sup>3</sup>	1.862 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 15: Representación de resultados de densidad natural**

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19, se visualiza las densidades naturales respecto a las muestras analizadas. Para el caso de la muestra C-01, la densidad natural húmeda fue de 1.935 gr/cm<sup>3</sup> y la densidad natural seca fue de



1.809 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que para la muestra C-02, la densidad natural húmeda fue de 1.978 gr/cm<sup>3</sup> y la densidad natural seca fue de 1.862 gr/cm<sup>3</sup>.

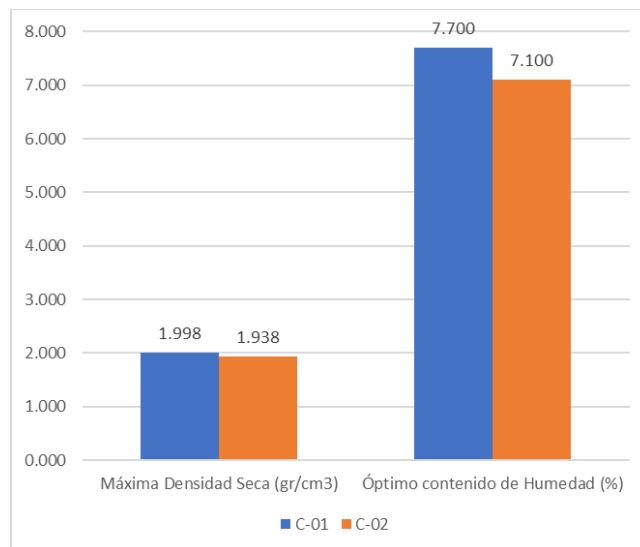
### g) Proctor modificado

Permite determinar los siguientes resultados:

**Tabla 20: Resultados de Proctor modificado**

MUESTRA	C-01	C-02
<b>Máxima Densidad Seca (MDS)</b>	1.998 gr/cm <sup>3</sup>	1.938 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Óptimo contenido de Humedad (OCH)</b>	7.700 %	7.100 %

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 16: Representación de resultados de Proctor modificado**

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20, respecto a las muestras analizadas; para el caso de la muestra C-01, la MDS fue de 1.998 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH fue de 7.70%, mientras que para la muestra C-02, la MDS fue de 1.938 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH fue de 7.10%.

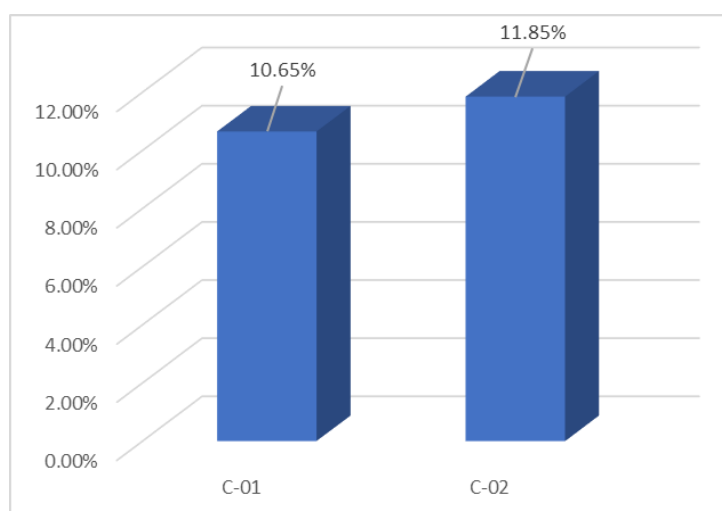
## h) Valor de soporte de los suelos (CBR)

Permite determinar los resultados del porcentaje de resistencia de cada muestra.

**Tabla 21: Resultados del valor de soporte de los suelos CBR**

Muestra	CBR
C-01	10.65%
C-02	11.85%

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 17: Representación de resultados de CBR**

Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza los porcentajes de resistencias naturales (CBR) de las muestras analizadas mediante la tabla 21. Para el caso de la muestra C-01, el CBR fue de 10.65%, mientras que para la muestra C-02 fue de 11.85%.

## i) Diseño de pavimento flexible empleando AASHTO 93

Se toman el criterio del método AASHTO para realizar el cálculo de los ejes equivalente (EE), considerando el factor de reajuste para el efecto adicional de deterioro producidos por los neumáticos al pavimento.

**Tabla 22: Relación de carga por eje**

Tipo de Eje	Eje equivalente ( $EE_{8.2t}$ )
Eje simple de rueda simple	$EE_{8.2t} = (P/6.6)^4$
Eje simple de rueda doble	$EE_{8.2t} = (P/8.2)^4$
Eje tándem de rueda doble	$EE_{8.2t} = (P/15.1)^4$
Eje trídem de rueda doble	$EE_{8.2t} = (P/22.9)^4$
P= peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración propia

Según el alcance de tráfico calculado en nuestro informe para una proyección de 10 años con una tasa de crecimiento anual de 1.35% se obtiene un ESAL de diseño de 3.81E+04

**Tabla 23: Resultados de ESAL de diseño**

$\sum EE_{8.2tn}$	r	Fca	$W_{18} = \text{ESAL}$
9.8537406	1.35%	10.6299	3.82 E+04

Fuente: Elaboración propia

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

$$W_{18} = \sum EEi \times Fca \times 365$$

Siendo:

- Fca = Factor de crecimiento anual
- r= tasa anual de crecimiento
- n= años de periodo
- $EE_{8.2tn}$ = ESAL de IMDA 2022
- $W_{18}$ = ESAL de diseño

Después de determinar el tipo de carretera de acuerdo al IMDa y el manual del MTC, se continua realizar el estudio de suelo en laboratorio referente a la capacidad de soporte (CBR) que presenta; con el objetivo

de obtener la cifra estructural (SN) solicitado por el tipo de tráfico y de subrasante.

**Tabla 24: Numero estructural (SN) requerido por tipo de tráfico y de subrasante**

Clase de trafico	T1				
N °de repeticiones de EE	5,0 x 10 <sup>4</sup> – 1.5 x 10 <sup>5</sup>				
Periodo de diseño	10 años				
Tipo de subrasante	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena
CBR	< 3%	3% - 5%	6% - 10%	11% - 19%	≥ 20%
Confiabilidad	60%	60%	60%	60%	60%
SD. Combinada	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%
Ind. de serviciabilidad inicial	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Ind. de serviciabilidad final	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Numero estructural (SN)	2.890	2.510	1950	1830	1.680

Fuente: Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito (MTC, 2018)

Posteriormente se determinan la relación estructural (a1, a2, a3) recomendado por el manual referente una carretera de bajo tránsito y pavimentada a la vez (MTC, 2018).

**Tabla 25: Valores de la relación estructural a1**

Componentes del pavimento	Coefficiente	Valor coeficiente estructural a <sub>1</sub> (cm)	Observación
Capa superficial			Capa superficial
<b>Carpeta asfáltica en caliente, modulo 2.965 Mpa a 20°C</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>0.170 /cm</b>	<b>Recomendado para todos los tipos de trafico</b>
Carpeta asfáltica en frio, mezcla asfáltica con emulsión		0.125 /cm	Recomendada para trafico ≤ 1 x 10 <sup>6</sup> EE
Micro pavimento 25 mm		0.130 / cm	
Tratamiento superficial bicapa		0.250 (*)	Recomendada para trafico ≤ 5 x 10 <sup>5</sup> EE No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%., y en taramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm		0.150 (*)	

Fuente: Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito (MTC, 2018)

**Tabla 26: Valores de la relación estructural a2**

Base granular			Capa de base recomendada
<b>CBR 80% compactada al 100% de la MDS</b>	<b><math>a_2</math></b>	<b>0.52 / cm</b>	<b>Para trafico <math>\leq 5 \times 10^6</math> EE</b>
CBR 100% compactada al 100% de la MDS		0.054 / cm	Para trafico $> 5 \times 10^5$ EE
Tratada con asfalto (estabilidad. Marshall=1500lb)		0.115 /cm	Para todos los tráficos
Tratada con cemento ( $f'c = 35 \text{ kg/cm}^2$ )		0.070 /cm	
Tratado con cal ( $f'c = 12 \text{ kg/cm}^2$ )		0.080 /cm	

Fuente: Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito (MTC, 2018)

**Tabla 27: Valores de la relación estructural  $a_3$**

Sub base granular			Sub base recomendada
<b>CBR 40% compactada al 100 % de la MDS</b>	<b><math>a_3</math></b>	<b>0.047 / cm</b>	<b>Para tránsito <math>\leq 15 \times 10^6</math> EE</b>
CBR 60% compactada al 100% de la MDS		0.050 /cm	Para trafico $> 15 \times 10^5$ EE

Fuente: Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito (MTC, 2018)

El valor de la relación de drenaje de la base y subbase ( $m_2$  y  $m_3$ ) el MTC sugiere que estos valores sean igual a 1 ( $m_2=1$  y  $m_3=1$ ).

**Tabla 28: Valores de la relación estructural  $a_3$**

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulado		Capa superficial	Base granular
Camino de bajo volumen de transito	<b><math>T_{p1}</math></b>	<b>150,001</b>	<b>300,000</b>	<b>TSB o lechada asfáltica: 12mm o micro pavimento: 25mm. Carpeta asfáltica en frio y caliente: 50mm.</b>	<b>150 mm</b>
	<b><math>T_{p2}</math></b>	300,001	500,000	TSB o lechada asfáltica: 12mm o micro pavimento: 25mm. Carpeta asfáltica en frio y caliente: 60mm.	
	<b><math>T_{p3}</math></b>	500,001	750,000	Micro pavimento: 25mm. Carpeta asfáltica en frio y caliente: 60mm.	

Fuente: Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito (MTC, 2018)

Según las tablas mostradas tenemos la siguiente información:

$$a_1 = 0.170 / cm$$

$$a_2 = 0.052 / cm$$

$$a_3 = 0.047 / cm$$

$$d_1 = 5 cm$$

$$d_2 = 15 cm$$

$$SN = 1.830$$

Remplazamos en la formula siguiente para calcula el espesor de la sub base.

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

Esto da como consecuencia un  $d_3 = 4.26$  cm para grosor de subbase. No obstante, el MTC sugiere emplear como mínimo una subbase de 150 mm (15cm).

## V. DISCUSIÓN

### **Levar a cabo el estudio del tráfico vehicular con el fin de incrementar el tránsito en la calle San Donato, Moquegua 2022**

Conforme al estudio de tráfico vehicular que se logró para definir el número de vehículos que pasa por la vía y así definir un diseño geométrico según el manual de carretera DG – 2018; cuyo periodo de tiempo para el conteo fue en los días 06/06/2022 – 11/06/2022, se pudo evidenciar que: Según el reconocimiento del flujo vehicular diario y la resolución del índice medio anual (IMDa), considerando el factor de relación correspondiente del mes de junio según la tabla de Factores de Relación de promedio de una estación de peaje cercana al tramo de estudio, denominada "Montalvo", se obtuvo que los tipos de transporte que pasa por esta vía, en su mayoría son transporte ligeros y en una menor demanda también pasas vehículos pesados; por lo cual debemos de considerar un diseño geométrico para el uso de vehículos pesados considerándose los radios mínimos y máximos según lo estipula el manual de diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de tránsito (MTC, 2018).

Según los resultados conseguidos en esta investigación y utilizando el factor de corrección para determinar el índice diario anual (IDMa,) se pudo evidenciar un total de 39 para vehículos livianos con una distribución de tráfico actual de 92.86% y un total 3 para vehículos pesados con una distribución de tráfico actual de 7.14%.

El índice medio anual (IMDa) de la carretera obtenida en esta investigación estipulada por el Ministerio de transportes y Comunicaciones (MTC) – Dirección general de Caminos y Ferrocarriles en el Manual de carreteras "Diseño geométrico DG-2018"; según sus resultados estamos tratando con una carretera de bajo volumen de tránsito.

De acuerdo al conteo de tráfico vehicular se determinó el crecimiento de tasa anual para la proyección de la demanda, la cual se estimó una tasa de aumento anual de 0.27% para transporte de carga y 1.08% para transporte de pasajero.

Ya conociendo la tasa de crecimiento se pudo determinar la proyección de tráfico para un período de 10 años según la norma que lo estipula el Manual de carreteras: Suelos geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014).

Para todo diseño del pavimento mediante la metodología AASTHO 93 se debe de realizar el conteo vehicular diario que pasa por la vía o carretera a diseñar; cabe recalcar que cada país cuenta con diferente manual de diseños de carretera como Ecuador, Bolivia, Colombia, etc.; ejemplo a ello podemos verificarlo los estudios que realizaron Espinoza, Luis (2018), Montealegre, William y Betancourt, Cesar (2019).

**Elaborar un estudio topográfico de la zona a estudiar, con el fin de diseñar el pavimento flexible con la aplicación de la metodología AASTHO 93 en la calle San Donato, Moquegua 2022**

Para este informe se realizó un levantamiento topográfico en campo la cual dichos datos fueron llevados un programa software para luego proceder dicho diseño, pero muchos autores realizan su diseño mediante otros métodos como no los describe Castro, Christian y Pacsi, Esteysi (2021) en un diseño estructural de pavimento flexible de alto tránsito, esta investigación estuvo basada en varios trabajos de teledetección para diseñar, usando fotos de satelitales dentro de la ciudad de Ilo, y algunos otros programas que se especializan en el diseño de pavimentos (GIS y Civil 3D)

En esta tesis se determinó la nivelación progresiva del alineamiento horizontal para un diseño de perfiles longitudinales en los kilómetros 0+000 al km 0+356.648, y así diseñar el mejoramiento transitable vial de la calle San Donato de acuerdo al Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de tránsito (MTC, 2018).

Los puntos de control para la elaboración de la poligonal correspondiente fueron:

- E-1 N= 8098279.729 E= 295406.16 Z= 1442.643
- E-2 N= 8098273 E= 295435 Z= 1443



- E-3 N= 8098159.602 E= 295557.251 Z= 1442.008

### **Determinar los estudios sometidas al suelo con la finalidad de determina el perfil estratigráfico en la calle San Donato, Moquegua 2022**

El Manual de carreteras: Suelos geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014 pág. 26), nos ayuda a determinar el número de calicatas para la exploración del suelo según el IMDa, mediante el conteo de trafico vehicula.

Se consideró una carretera de bajo volumen de tránsito con un IMDa  $\leq$  200 veh/día, considerándose de una calzada y determinando el número mínimo de calicatas y profundidad de desplante para su perfil estratigráfico y estudio del suelo en la calle San Donato: Las consideraciones a seguir es que las calicatas se deben de ubicar longitudinalmente y en forma alternada.

Se obtuvieron muestras alteradas para realizar los estudios correspondientes para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos obteniendo como resultados lo siguiente:

- **Análisis granulométrico:** Para la muestra C-01 se tiene un porcentaje de 44.45% de gravas, 46.84% de arenas y 8.72% de finos, mientras que, para la muestra C-02 se tiene un porcentaje de 42.78% de gravas, 48.24% de arenas y 8.98% de finos. Por lo tanto, verificamos que estamos tratando con suelos granulares.
- **Contenido de humedad:** Se observó la poca presencia de humedad en la muestra por lo que no se encuentran obras hidrológicas en sus alrededores, teniendo un porcentaje que varía entre 0.91% - 1.02%.
- **Límite de consistencia:** De acuerdo a la determinación del índice de plasticidad, observamos la poca presencia de plasticidad en los suelos debidamente por ser granulares en su mayoría lo cual se consideró que estamos tratando con suelos de baja plasticidad.

- **Clasificación según SUCS y AASHTO:** Según a las propiedades físicas del suelo se determinó que los suelos estudiados son arena bien graduada – limosa – arcilla (SW-SC-SM / A-1-a(0)) y arena bien graduada – limosa (SW – SM / A-1-a (0)).
- **Peso específico de los agregados:** Para el caso de la muestra C-01, el porcentaje de agregado grueso fue de 2.678 gr/cc y de agregado fino fue de 2.625 gr/cc, mientras que para la muestra C-02 el porcentaje de agregado grueso fue 2.670 gr/cc y de agregado fino fue de 2.603 gr/cc.
- **Densidad natural:** Para el caso de la muestra C-01, la densidad natural húmeda fue de 1.935 gr/cm<sup>3</sup> y la densidad natural seca fue de 1.809 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que para la muestra C-02, la densidad natural húmeda fue de 1.978 gr/cm<sup>3</sup> y la densidad natural seca fue de 1.862 gr/cm<sup>3</sup>.
- **Proctor modificado:** Para el caso de la muestra C-01, la MDS fue de 1.998 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH fue de 7.70%, mientras que para la muestra C-02, la MDS fue de 1.938 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH fue de 7.10%.
- **Valor de soporte de los suelos (CBR):** Para el caso de la muestra C-01, el CBR fue de 10.65%, mientras que para la muestra C-02 fue de 11.85%.

**Plantear el diseño de pavimento flexible relacionado a la demanda peatonal con el fin de incrementar el tránsito en la en la calle San Donato, Moquegua 2022**

La proyección calculada de tráfico calculada en nuestro informe para una proyección de 10 años y de acuerdo a la tasa anual de aumento se obtiene un ESAL de diseño de 3.81E+04, dicho dato nos lleva obtener la cifra estructural (SN) requerido por tipo de tráfico y de subrasante como lo denota la tabla 24.

Se consideró un tipo de subrasante Buena con una confiabilidad de 60%, desviación estándar combinada 0.45, índice de serviciabilidad inicial de 4.0, índice de serviciabilidad final de 1.5 y por último un número estructural (SN) de 1.830.

Según los valores de relación estructural la capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico un valor coeficiente estructural  $a_1=0.17$  /cm; una capa de base recomendada  $a_2=0.052$  /cm para tráfico  $\leq 5000000$  EE, una capa de sub base recomendada  $a_3=0.047$  /cm para tráfico  $\leq 15000000$  EE.

El diseño determinado en dicha información fue la siguiente: Carpeta asfáltica de 5cm, base granular de 15 cm de espesor y, subbase granular de 15 cm. Estos resultados obtenidos se basaron de acuerdo a la norma vigente del MTC, para su diseño empleando el método AASHTO 93.

La metodología AASHTO 93 es comúnmente utilizada en el Perú, pero hay muchos investigadores que realizan estudios de comparación con diferentes métodos como lo son la metodología ITD, MEPDG, entre otras. Como no los describe Espinoza, Luis (2018), nos da a saber que en la región de Cuenca – Ecuador, muchos pavimentos han sido diseñados mediante la metodología ITD la cual fueron luego rediseñados por otras metodologías obteniendo un total de 50% de fiabilidad.

La incorporación de un material diferente a los agregados que se emplea para la carpeta granular o base granular, o comúnmente llamado la estabilización de suelos, mejora la trabajabilidad, la plasticidad, filtración, resistencia, entre otras; cabe recalcar que Ayquipa, Lorena (2020) propuesto un diseño de un pavimento rígido conformado de agregados marginales con presencia de cenizas volcánicas para el proyecto “Mejoramiento de carretera Moquegua” la cual obtuvo resultados de mejoría según lo describe en su informe. Estos y muchos materiales que se usan brindan respuestas positivas, pero se debe de realizar un adecuado estudio para determinar la dosificación exacta para dicho diseño.

## VI. CONCLUSIONES

En relación al objetivo general la cual fue elaborar el diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022, se concluye que el diseño planteado consiste en un espesor de 5cm en la carpeta asfáltica con una base granular de espesor de 15 cm y una sub base granular de 15 cm de espesor, la cual permitió mejorar la infraestructura vial considerándose ninguna falla en la carretera durante el análisis.

Según el estudio del tráfico vehicular y el crecimiento de la tasa anual para una proyección de 10 años diseñada para el mejoramiento de transitabilidad en la calle San Donato, se determinó un crecimiento ligeramente leve la cual se puede considerar la proyección actual para la elaboración del diseño requerido.

Con el objetivo propuesto para el diseño de pavimento flexible se relaciona con la serviciabilidad de la calle San Donato Moquegua 2022, se deduce que la interacción radica con la misma y por ello también en su variación, en consecuencia, es un parámetro que el Método AASHTO 93 emplea precisamente para decidir el grosor de las capas estructurales.

Además, se concluye que este proyecto estará diseñado como una carretera pavimentada bajo volumen de tránsito ya que el ESAL hallada fue  $3.81E+04$ , la cual fue determinada mediante el conteo de tránsito vehicular en dichos proyectos. Esta se estimó también gracias a la determinación de las propiedades mecánicas del suelo mediante el ensayo de soporte de los suelos CBR.

La exploración de los suelos determinó el perfil estratigráfico para la determinación y clasificación mediante SUCS y AASHTO, y así conocer el tipo de suelo en la cual se pretende diseñar el mejoramiento de transitabilidad de la calle San Donato.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar tecnologías actuales y diferentes métodos para un diseño de mejoramiento de transitabilidad, como por ejemplo la metodología INVIAS e instituto del Asfalto y el método nuevo de mecanístico empírico ya que aún se utiliza en el Perú debido a un software que no es muy comercial, pero la metodología y análisis de diseño son mejores que el método AASTHO 93, además de ser más práctico para diseño de pavimento; y así poder obtener una comparación de resultado referente al diseño del pavimento flexible.

En cuanto al diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método AASTHO 93 se recomienda que se cumplan con todas las normas y parámetros requeridas por el MTC, obteniendo valores confiables para no tener fallas futuras cumpliendo con las proyecciones según su diseño y que cumplan con los requisitos que se requieren dicho pavimento; además se recomienda realizar diseños de pavimentación flexible con proyecciones superiores a los 20 años.

Se recomienda a las autoridades municipales utilizar esta investigación para su futura elaboración de propuestas constructiva para el mejoramiento y reconstrucción del diseño pavimento flexible, mejorando la transitabilidad vial en la calle San Donato bajo las características calculada y obteniendo seguridad tanto para los pobladores y también de los vehículos que transitan por esta vía.

Es recomendable emplear el mismo tema de investigación referente al diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, en varias calles perteneciente en la ciudad de Moquegua ya que contamos con fallas similares al estudio; además de realizar diagnósticos en las vías en cada época de lluvia debido a que después de estas situaciones las calles quedan en pésimas condiciones.

Realizar uso de estudio de mecánica de suelos siguiendo las normas estipuladas por el MTC con la finalidad de evitar deslizamiento la cual pueda perjudicar el diseño estructural del pavimento.

## REFERENCIAS

- Alkasah, Ibrahim. 2020. *HYBRID PAVEMENT: ASSESSMENT OF RIGID*. Erasmus Turquia, Degree, Karabük University Institute of Graduate Programs Department of Civil Engineering Prepared as Master. 2020. pág. 116.
- ASTM D3282. 2019. *Clasificación del suelo en el sistema AASHTO*. 1ª edición. s.l. : Norma Técnica Peruana, 2019.
- Ayquipa, Espinoza Lorena Estefanny y Vilca Benavente, Branixa Nataly. 2020. *Propuesta de diseño de un pavimento rígido conformado de agregados marginales con presencia de cenizas volcánicas para el proyecto Mejoramiento de carretera Moquegua – Omate - Arequipa, Tramo II, sector 1*. Moquegua, Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Moquegua : s.n., 2020. tesis para obtener el título de ingeniero civil.
- Bresler, Liora y Stake, Robert. 2012. *Qualitative Research Methodology in Music Education*. s.l. : Critical Essays in Music Education, 2012. págs. 113-128.
- Castro Huanca, Christian Moises y Pacsi Salas, Esteysi Belen. 2021. *Diseño estructural de pavimento flexible de alto tránsito para uso en Asentamiento Humano aplicando la metodología AASHTO-93 ILO – MOQUEGUA 2021*. Moquegua, Universidad Cesar Vallejo. Moquegua : s.n., 2021.
- Castro, Ortiz Felix Alexander. 2021. *Propuesta de diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93 en la Av. Los diamantes, Provincia Piura 2021*. Piura - Peru, Universidad Cesar Vallejo. 2021. Tesis para obtener el título de ingeniero civil.
- Choquecallata, Zela Moises Jorge. 2021. *Evaluación superficial del pavimento flexible para el mantenimiento de la Av. Santa Fortunata*. Moquegua : s.n., 2021.
- Conceptos básicos sobre pavimentos flexibles*. Grupo Bitafal. 2020. Uruguay : s.n., 2020.

- Dzwigol, Henryk y Dzwigol, Mariola. 2022. *Scientific research methodology in management sciences*. s.l. : Financial and credit activity problems of theory and practice, 2022.
- Economía, Instituto Peruano de. 2017. *Hacia donde va la infraestructura del transporte en el Perú*. Lima : s.n., 2017.
- Espinoza Correa, Luis Ederson. 2018. *Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93*. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador : s.n., 2018. Tesis para obtener el título de ingeniería civil. 151 pg..
- Fukubayashi, Yoshinori, Koyama, Atsushi y Suetsugu, Daisuke. 2022. *Performance of labor-intensive base course for gravel roads with application of Do-nou*. 2022.
- Gonzales, Acosta Oscar Aldo y Manay, Briones, Danny Mayko. 2020. *Diseño de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad en el centro poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque*. Lambayeque, Universidad San Martín de Porres. 2020. Tesis para obtener el título de ingeniero civil.
- Haradhan, Mohajan. 2018. *Qualitative Research Methodology in Social Sciences and Related Subjects*. 2018. págs. 23-48.
- HARRIS, Q JOSÉ R. 1993. *Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos*. 1993.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. y Baptista Lucio, P. 2010. *Metodología de la investigación*. 5° edición. México : Interamericana Editores, 2010.
- Hernández, Sampieri Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación*. Colombia : s.n., 2014.

Hernández, Sampieri Roberto, Carlos, Fernández Collado y pilar, Baptista Lucio. 2014. *Metodología de la Investigación*. Colombia : s.n., 2014.

ICG 010. Pavimentos urbanos. ICG. [En línea] Pavimentos urbanos. [Citado el: 2022 de Marzo de 11.] [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf).

Inocente Carrera, Sherry Katherin. 2021. *Diseño de pavimento flexible empleando Método AASHTO 93 para mejoramiento de infraestructura vial en la carretera Cajamarca – Celendín 2021*. Cajamarca, Universidad Cesar Vallejo. 2021. Tesis para obtener el título de ingeniero civil.

Instituto Nacional de Vías Colombia. 1998. *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito*. Popayan : s.n., 1998.

*Laboratory evaluation of geogrid-reinforced flexible pavements*. Monhammadreza, Shardaf y Nader, Gharfoori. 2021. [ed.] Transportation Engineering. Las Vegas : Department of Civil and Environmental Engineering and Construction, junio de 2021, Journal of Business Research, Vol. vol 4, pág. 10.

Lupano, A Jorge. 2012. La infraestructura de transporte sostenible y su contribución a la igualdad en América Latina y el Caribe. [En línea] Octubre de 2012. [Citado el: 12 de Marzo de 2022.] <https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#1>.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC. 2012. *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima : MTC, 2012. pág. 222, Manual.

Montealegre Arias, William Andres y Betancourt Cuellar, Cesar Augusto. 2019. *Diseño de un pavimento flexible por el método AASHTO utilizando como capa de rodadura un asfalto natural y chequearlo por el método racional*. Tolima, Colombia, Universidad Cooperativa de Colombia. 2019.



- MTC. 2018. *Diagnostico de la situacion de las brechas de infraestructura o de accesos a servicios del sector transportes y comunicaciones*. Lima : s.n., 2018.
- MTC. 2018. *Diseño Gemetrico de una carretera DG - 2018*. Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018.
- MTC. 2014. *Manual de carreteras: Suelos geologia, geotecnia y pavimentos*. [ed.] MC-05-14. Lima : Direccion general de caminos y ferrocarriles, 2014.
- MTC. 2014. *Manual de Suelos Y Pavimentos*. Lima : s.n., 2014.
- MTC. 2018. *Manual para el diseño de carretera pavimentada de bajo volumen de transito*. Lima : s.n., 2018.
- Muñante, Gómez William Giancarlos, Tuppia Martínez, Mauricio Enrique. 2021. Repositorio de la UCV. [En línea] 2021. [Citado el: 2022 de Marzo de 10.] <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3306>.
- Norma Tecnica CE.010, Pavimentos Urbanos. 2010. *Ministerio de Vivienda Construccion y Saneamiento*. Lima : s.n., 2010.
- NTP 334.125. 2017. *Cal viva y cal hidratada para estabilización de suelos*. 2° edicion. s.l. : Norma Tecnica Peruana, 2017.
- NTP 339.127 / ASTM D2216. 2019. *Ensayo de contenido de humedad*. 1°era edicion. s.l. : Norma Tecnica Peruana, 2019.
- NTP 339.128 / ASTM D422. 2019. *Ensayo de Analisis Granulometrico*. 1°era edicion. s.l. : Norma Tecnica Peruana, 2019.
- NTP 339.129 / ASTM D4318. 2019. *Ensayo de límite de Atterberg*. 1°era edicion. s.l. : Norma Tecnica Peruana, 2019.
- NTP 339.131 / ASTM D-854. 2018. *Ensayo del peso especifico de los solidos*. 1. s.l. : Norma tecnica peruana, 2018.

NTP 339.134 / ASTM D2487. 2019. *Clasificación Unificada de los suelos SUCS*. 1ª edición. s.l. : Norma Técnica Peruana, 2019.

NTP 339.138 / ASTM D-1883. 2018. *Ensayo de valor de soporte de los suelos (CBR)*. 1. s.l. : Norma Técnica Peruana, 2018.

NTP 339.141 / ASTM D 1557. 2018. *Ensayo de Proctor Modificado*. 2º Edición. s.l. : Norma Técnica Peruana, 2018.

NTP 339.1436 / ASTM D-155. 2018. *Ensayo de densidad natural*. 1. 2018. Vol. 1.

NTP 339.171 ASTM D3080. 2017. *Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas*. 1a Edición. s.l. : Norma Técnica Peruana, 2017.

Predeanu, Elena Diana. 2018. *Análisis comparativo de las metodologías de diseño de firmes flexibles de nueva construcción y rehabilitación de carrteras y estudio de una implementación en un sistema de gestión de pavimentos*. Universidad Politécnica de Madrid . Madrid, España : s.n., 2018. Tesis para obtener el grado de magister en Planificación y Gestión de Infraestructuras.

Proccsa. 2021. Ingeniería Civil/ vías terrestres. [En línea] PROCCSA, marzo de 2021. <https://www.proccsa.com.mx/contacto.html>.

Qamhia, Issam y Tutumluer, Erol. 2021. *Evaluation of Geosynthetics Use in Pavement Foundation Layers and Their Effects on Design Methods*. 2021.

Quiñones Paucar, Kori. 2016. *Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo*. Huancayo, Universidad Peruana Los Andes. 2016. pág. 101, Tesis para obtener el título de ingeniero civil.

Rivera, Julian. 2015. *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país*. Lima : s.n., 2015.

SNIP. 2015. Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de desarrollo de pavimentos para en la formulacion y evaluacion de proyectos de inversion publica en carreteras. [En línea] 2015.

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos).

Snyder, Hannah. 2017. *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. s.l. : Journal of Business Research, 2017.

Sosa Amanzo, Henry Roni. 2018. *Aplicación de los métodos de diseño de pavimento flexible mecanístico empírico y AASHTO 93 en la carretera mo-107 Moquegua 2018*. Moquegua - Peru, Universidad Jose Carlos Mariategui. 2018.

*Stress analysis of geosynthetic access mat systems over weak subgrade*. Xiaohui, Sun, y otros. 2021. Guangdong, China : s.n., Junio de 2021, Computers and Geotechnics, Vol. 134.

*The Relevance of Geogrid Reinforcement in Flexible Road Pavement: A Review*. Deshmukh, Rohan, S., Patel y J. T., Shahu. 2021. [ed.] Lecture Notes in Civil Engineering. 23 de Abril de 2021, Proceedings of the indian Geotechnical conference 2019, págs. 327-338.

Zapata Aguilar, Guisela Aylin. 2019. *Diagnóstico de pavimentos flexibles en las vías artesanal de la ciudad de Moquegua, 2019*. Moquegua, Universidad Jose Carlos Mariategui. 2019. Tesis para obtener el titulo de ingeniero civil.

Zela Choquecallata, Moises Jorge. 2021. *Evaluación superficial del pavimento flexible para el mantenimiento de la Av. Santa Fortunata del C.P.M. San Antonio, distrito de Moquegua*. Moquegua, Universidad Jose Carlos Mariategui. 2021.

## ANEXOS

### Anexo Matriz de clasificación de variables.

Título	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Metodología	
		General	General					
Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022.	¿De qué forma el diseño de pavimento flexible mediante el uso de la metodología AASHTO 93, causará la mejora de la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua 2022?	Elaborar el diseño de pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, para restablecer la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022.	Al diseñar un pavimento flexible empleándose la metodología AASHTO 93, se logrará una mejora en la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022	VI: Diseño de pavimento flexible	Estudio topográfico	Levantamiento, planimétrico, secciones transversales	<b>Enfoque:</b>  Cuantitativo.  <b>Diseño de investigación:</b>  No experimental.  <b>Tipo de investigación:</b>  Aplicada.  <b>Alcance:</b>  Descriptivo	
		<b>Específicos</b>				Estudio de suelos		Granulometría, % humedad, índice de plasticidad, CBR
		Llevar a cabo el estudio del tráfico vehicular con el fin de incrementar el tránsito en la calle San Donato, Moquegua 2022						Diseño de Pavimento
		Elabora un estudio topográfico de la zona a estudiar, cuya finalidad es diseñar el pavimento flexible con la aplicación de la metodología AASHTO 93 en la calle San Donato, Moquegua 2022			VD: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular	Estudio de Tráfico		
		Determinar los estudios sometidas al suelo con la finalidad de determina el perfil estratigráfico en la calle San Donato, Moquegua 2022						Demanda Peatonal
		Plantear el diseño de pavimento flexible relacionado a la demanda peatonal con el fin de incrementar el tránsito en la en la calle San Donato, Moquegua 2022						
		Establecer de qué manera u otra este diseño del pavimento flexible aplicando la de la metodología AASHTO 93 favorece en la mejora de la transitabilidad en la calle San Donato, Moquegua 2022.						

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Título: Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Escala de medición
VI: Diseño de pavimento flexible	El pavimento flexible, es el conjunto de capas de material que dan soporte y superficie de rodamiento a las cargas del tráfico. (MTC, 2014)	Consiste en determinar el grosor de las capas estructurales del pavimento flexible. Para ello debemos determinar la capacidad del suelo y el número de ejes equivalentes a través del ensayo CBR, análisis del tráfico vehicular. (MTC, 2014)	Estudio topográfico	Levantamiento Planimétrico Secciones Transversales	Estación total	Ordinal
			Estudio de suelos	Análisis Granulométrico Límites Plástico, Líquido e Índice de Plasticidad Contenido de Humedad CBR	Malla tamizada. Cuchara Casagrande. Horno de Laboratorio. Equipo de CBR.	Ordinal
			Diseño de Pavimento	Diseño de Pavimento Flexible	AASHTO – 93	Ordinal
VD: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular.	La transitabilidad: Calidad funcional de la vía percibida directamente por los usuarios. Esta calidad se caracteriza en general por la aptitud de la vía de permitir la circulación fluida en condiciones de seguridad y a una velocidad adecuada a su categoría. (MTC, 2014)	Consiste en mejorar la transpirabilidad de la vía, proponiendo el diseño de pavimento flexible que ayudara optimizar el tránsito vehicular. Para ello se utilizarán fichas de observación (MTC, 2014)	Estudio de tráfico.	Índice medio diario anual.  Índice medio diario semanal.	Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018.	Ordinal
			Demanda peatonal.	Demanda peatonal.	Conteo mecánico.	Ordinal

## Anexo 2 Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto.

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

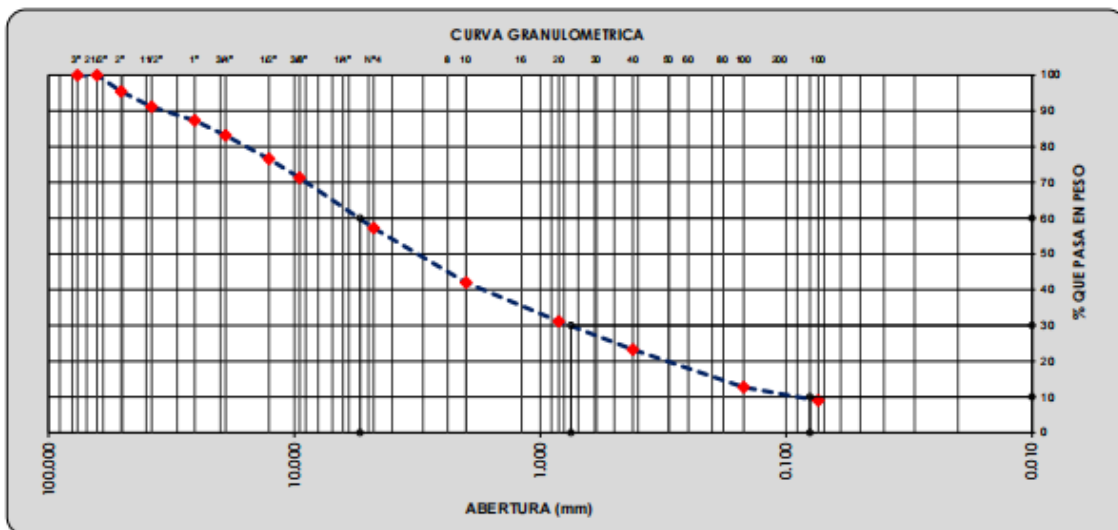
**PROYECTO** : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA  
**SOLICITA** : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA  
**FECHA** : MAYO DE 2022

#### Datos de la Muestra

**Ubicación** : C ALLE SAN DONATO **Profundidad** : 2.00 m  
**Calicata Nro.** : C- 02  
**Estrato Nro** : E- 01

#### Datos de Ensayo

Tamices ASTM	Abertura en mm.	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificacion	Indice de Consistencia	
3"	76.200	0.00	0.00	100.00		L. Líquido	: 20.87
2 1/2"	63.500		0.00	100.00		L. Plástico	: 17.55
2"	50.800	4.54	4.54	95.46		Ind. Plástico	: 3.32
1 1/2"	38.100	4.31	8.85	91.15		Clas. SuCS	: SW-SM
1"	25.400	3.85	12.71	87.29		Clas. AASHTO	: A-1-a (2)
3/4"	19.050	4.19	16.89	83.11		% de Grava	: 42.78
1/2"	12.700	6.55	23.44	76.56		% de Arena	: 48.24
3/8"	9.525	5.25	28.69	71.31		% de Fina	: 8.98
No4	4.760	14.09	42.78	57.22		D10	: 0.08
10	2.000	15.25	58.03	41.97		D30	: 0.75
20	0.840	10.81	68.84	31.16		D60	: 5.40
40	0.420	7.88	76.72	23.28		Cu	: 67.50
50	0.300	3.86	80.58	19.42		Cc	: 1.30
80	0.180						
100	0.149	6.69	87.27	12.73			
140	0.106						
200	0.074	3.75	91.02	8.98			
pasado		8.98	100.00	0.00			



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO**

**CONTENIDO DE HUMEDAD EN LABORATORIO ASTM D-2216/D-4959**

**PROYECTO** : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRAFICABILIDAD EN LA CARRETERA DE LA ZONA RURAL DE LA COMUNA DE SAN DONATO, PROVINCIA DE GUAYAS, ECUADOR."  
**SOLICITA** : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA.  
**FECHA** : MAYO DE 2022

**Datos de la Muestra**

**Ubicación** : CALLE SAN DONATO **Profundidad** : 2.00 m  
**Calicata Nro.** : C-02  
**Estrato Nro** : E-01

**HUMEDAD NATURAL**

Nº de Ensayo	Unid.	1	2	3
Tara Número				
Peso de tara + Suelo Húmedo	gr.	1412.50	1439.20	1435.20
Peso de Tara + Suelo Seco	gr.	1401.10	1426.10	1421.10
Peso de Tara	gr.	0.00	0.00	0.00
Peso del Agua	gr.	11.40	13.10	14.10
Peso del Suelo Seco	gr.	1401.1	1426.10	1421.10
Porcentaje de Humedad Contenida	%	0.81	0.92	0.99
Promedio de % de Humedad	%	0.91%		

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

**PROYECTO** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO A ASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN LA CALLE SAN  
**SOLICITA** : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA.  
**FECHA** : MAYO DE 2022

#### Datos de la Muestra

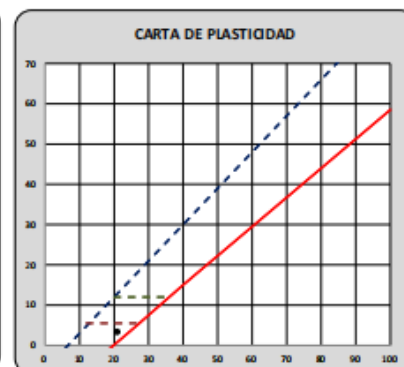
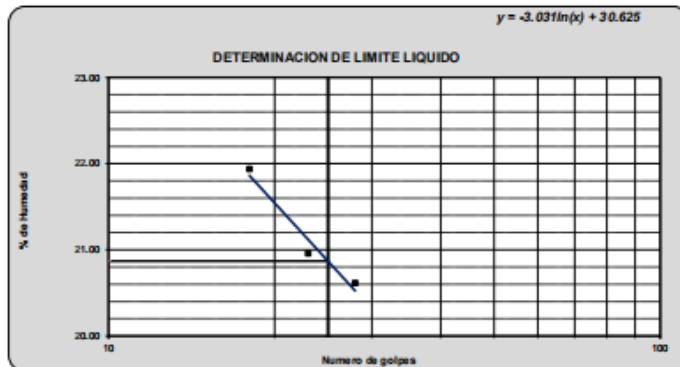
**Ubicación** : CALLE SAN DONATO **Profundidad** : 2.00 m  
**Calfcata Nro.** : C- 02  
**Estrato Nro** : E- 01

#### Límite Líquido

ENSAYO Nº	Unid	1	2	3		
Nº de Golpes		18	23	28		
Recipiente Nº						
R + Suelo Hum.	gr.	68.05	63.70	62.70		
R + Suelo Seco	gr.	62.95	59.49	58.94		
Peso de agua	gr.	5.10	4.21	3.76		
Peso de Recip.	gr.	39.70	39.40	40.70		
Peso de S. Seco	gr.	23.25	20.09	18.24		
% de Humedad	%	21.94	20.96	20.61		

#### Límite Plástico

ENSAYO Nº	Unid	1	2	3	4	
Recipiente Nº						
R + Suelo Hum.	gr.	15.20	15.22	15.06	14.78	
R + Suelo Seco	gr.	14.96	15.00	14.81	14.51	
Peso de agua	gr.	0.24	0.22	0.25	0.27	
Peso de Recip.	gr.	13.60	13.70	13.40	13.00	
Peso de S. Seco	gr.	1.36	1.30	1.41	1.51	
% de Humedad	%	17.65	16.92	17.73	17.88	



#### Resultados

Límite Líquido	20.87
Límite Plástico	17.55
Ind. Plástico	3.32



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO**

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

**PROYECTO** : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD MAL EN LA  
**SOLICITA** : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA.  
**FECHA** : MAYO DE 2022

**Datos de la Muestra**

**Ubicación** : CALLE SAN DONATO **Profundidad** : 2.00 m  
**Calicata No.** : C-02  
**Estrato No** : E-01

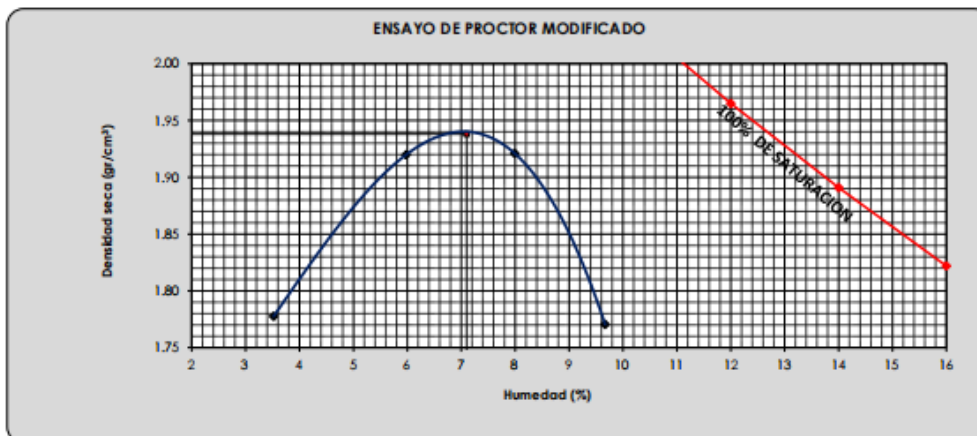
**Compacción**

Prueba Nº	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Método Aplicado	C	C	C	C
Peso suelo + molde (gr.)	10181	10595	10680	10397
Peso molde (gr.)	6264	6264	6264	6264
Peso suelo compactado (gr.)	3917	4331	4416	4133
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2129	2129	2129	2129
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.840	2.035	2.075	1.942

**Determinación del % de Humedad ASTM D-2216/D-4959**

Tara Nº	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	500.00	500.00	500.00	500.00
Tara + suelo seco (gr.)	483.00	471.80	463.00	456.00
Peso de agua (gr.)	17.00	28.20	37.00	44.00
Peso de tara (gr.)	0.00	0.00	0.00	1.00
Peso de suelo seco (gr.)	483.00	471.80	463.00	455.00
Humedad (%)	3.5	6.0	8.0	9.7
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.778	1.920	1.921	1.770

**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.938  
**Óptimo Contenido de Humedad (%)** : 7.10



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO**

**CONTENIDO DE HUMEDAD EN LABORATORIO ASTM D-2216/D-4959**

**PROYECTO** : "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRAF  
**SOLICITA** : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA.  
**FECHA** : MAYO DE 2022

**Datos de la Muestra**

**Ubicación** : CALLE SAN DONATO **Profundidad** : 2.00 m  
**Calicata Nro.** : C-02  
**Estrato Nro** : E-01

**HUMEDAD NATURAL**

Nº de Ensayo	Unid.	1	2	3
<b>Tara Número</b>				
<b>Peso de tara + Suelo Húmedo</b>	gr.	1412.50	1439.20	1435.20
<b>Peso de Tara + Suelo Seco</b>	gr.	1401.10	1426.10	1421.10
<b>Peso de Tara</b>	gr.	0.00	0.00	0.00
<b>Peso del Agua</b>	gr.	11.40	13.10	14.10
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	1401.1	1426.10	1421.10
<b>Porcentaje de Humedad Contendida</b>	%	0.81	0.92	0.99
<b>Promedio de % de Humedad</b>	%	0.91%		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO**

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318**

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EMPLEANDO METODO A ASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN LA CALLE SAN  
SOLICITA : BR. ROCIO COLANA ARIAS BR. YOEL TORRES COLANA.  
FECHA : MAYO DE 2022

**Datos de la Muestra**

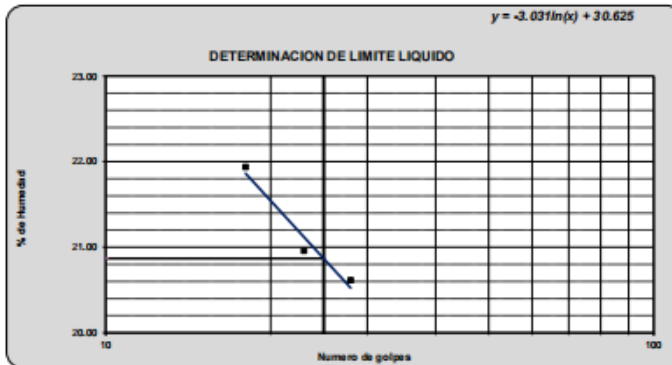
Ubicación : CALLE SANDONATO Profundidad : 2.00 m  
Calicata No. : C- 02  
Estrato No : E-01

**Límite Líquido**

ENSAYO N°	Unid	1	2	3		
N° de Golpes		18	23	28		
Recipiente N°						
R + Suelo Hum.	gr.	68.05	63.70	62.70		
R + Suelo Seco	gr.	62.95	59.49	58.94		
Peso de agua	gr.	5.10	4.21	3.76		
Peso de Recip.	gr.	39.70	39.40	40.70		
Peso de S. Seco	gr.	23.25	20.09	18.24		
% de Humedad	%	21.94	20.96	20.61		

**Límite Plástico**

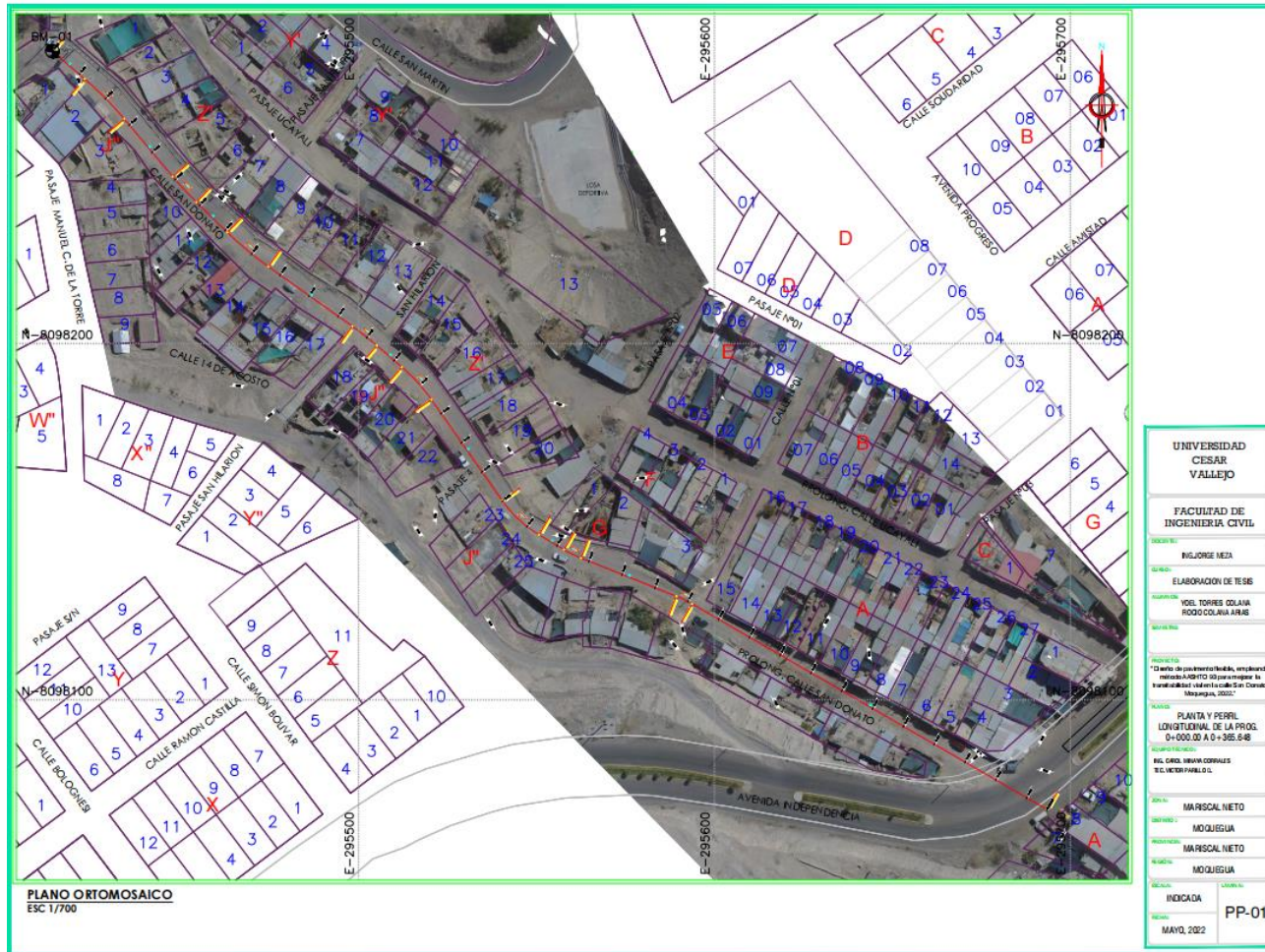
ENSAYO N°	Unid	1	2	3	4	
Recipiente N°						
R + Suelo Hum.	gr.	15.20	15.22	15.06	14.78	
R + Suelo Seco	gr.	14.96	15.00	14.81	14.51	
Peso de agua	gr.	0.24	0.22	0.25	0.27	
Peso de Recip.	gr.	13.60	13.70	13.40	13.00	
Peso de S. Seco	gr.	1.36	1.30	1.41	1.51	
% de Humedad	%	17.65	16.92	17.73	17.88	



**Resultados**

Límite Líquido	20.87
Límite Plástico	17.55
Ind. Plástico	3.32

# ANEXO 3 Plano ortomosaico



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
ALUMNO:	INGLORIE MEZA
TÍTULO:	ELABORACION DE TESIS
PROFESOR:	ING. TORRES GALLIA RODOLOFO ARAS
PROYECTO:	El medio de transporte terrestre, mejorando el servicio de transporte de pasajeros en la zona de urbanización de la calle San Carlos, Miraflores, 2022.
TÍTULO:	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PROJ. 0+000.00 A 0+305.648
ESCALAS:	ING. CAROL IBARRA CORALES TEL: 980 218 810
FECHA:	MARSCAL NETO
FECHA:	MOQUEGUA
FECHA:	MARSCAL NETO
FECHA:	MOQUEGUA
FECHA:	INGENIERA
FECHA:	PP-01
FECHA:	MAYO, 2022

#### Anexos 4: Estudio de tráfico



Estudio de tráfico vehicular cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículos



Estudio de tráfico vehicular cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículos



Estudio de tráfico vehicular cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículos.



Estudio de tráfico vehicular cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículos.



Estudio de tráfico vehicular cuantificar el volumen vehicular y clasificar según tipo de vehículos.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JORGE LUIS MEZA RIVAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Diseño de pavimento flexible, empleando método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en la calle San Donato, Moquegua, 2022", cuyos autores son COLANA ARIAS ROCIO YESSICA, TORRES COLANA YOEL SABINO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 06 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE LUIS MEZA RIVAS <b>DNI:</b> 17902304 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4258-4097	Firmado electrónicamente por: JLMEZAR el 13-12- 2022 06:58:29

Código documento Trilce: TRI - 0475244