

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Mejoramiento del servicio de la transitabilidad vial en las urbanizaciones
Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura –
Piura.

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes
Sub Línea de Investigación: Transportes

Autores:

Rodríguez Gonzales, Juan Sebastian

Sullón Ubillus, Everth Edinson

Jurado Evaluador:

Presidente : Príncipe Reyes, Roger Alberto
Secretario : Alzamora Román, Hermer Ernesto
Vocal : Novoa Castillo, Óscar Walther

Asesor:

Valdiviezo Castillo, Krissia del Fátima

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0717-6370>

PIURA – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024 / 10 / 11

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Mejoramiento del servicio de la transitabilidad vial en las urbanizaciones
Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura –
Piura.

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes
Sub Línea de Investigación: Transportes

Autores:

Rodríguez Gonzales, Juan Sebastian

Sullón Ubillus, Everth Edinson

Jurado Evaluador:

Presidente : Príncipe Reyes, Roger Alberto
Secretario : Alzamora Román, Hermer Ernesto
Vocal : Novoa Castillo, Óscar Walther

Asesor:

Valdiviezo Castillo, Krissia del Fátima

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0717-6370>

PIURA – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024 / 10 / 11

Mejoramiento del servicio de la transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura..pdf

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unp.edu.pe Internet Source	1%
2	www.innovaingenieria.uagro.mx Internet Source	1%
3	hdl.handle.net Internet Source	1%
4	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Student Paper	1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

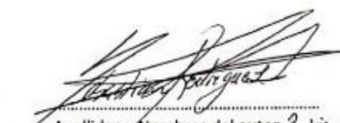

KISSIA WARDIÑEZO PASTHO
CIP 108587

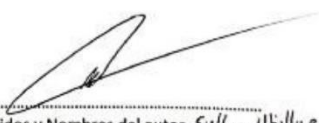
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Valdiviezo Castillo Krissia del Fátima, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura”, del los autores Rodríguez Gonzales Juan Sebastian y Sullon Ubillus Everth Edinson, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del **3%**. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 24 de setiembre del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura”, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Piura, 24 de septiembre del 2024


Apellidos y Nombres del autor *Rodriguez Gonzales Juan Sebastian*
DNI: *73.10.6136*


Apellidos y Nombres del autor *Sullon Ubillus Everth*
DNI: *72.42.2374*


Apellidos y Nombres del asesor *Krissia valdiviezo castillo*
DNI: *4.2834528*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0717-6370>



Dedicatoria

A Dios por habernos permitido desarrollar esta tesis con salud y dando también salud a nuestras familias y a la Virgen de las Mercedes, por acompañarnos y darnos la fé de que todo saldrá como lo esperado.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional y siempre creer en nosotros, para poder lograr y ser buenos profesionales y honrados ciudadanos. Además de habernos enseñado también a nunca rendirnos a permanecer de pie ante las adversidades y cumplir paso a paso este logro.

A nuestra familia que a pesar de todo nos han apoyado por muy poca que haya sido, con unas palabras de motivación siempre han estado, gracias por su apoyo constante para ser mejor día a día y a todos aquellos familiares que ya no están con nosotros, que nos cuidan y nos miran desde el cielo y que sabemos que siempre van a estar ahí en las buenas y en las malas, siempre agradecidos con todos.

Rodríguez Gonzales Juan Sebastián
Sullon Ubillus Everth Edinson

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme brindado las capacidades y la salud necesarias para poder cumplir esta meta, este enorme paso en mi vida como profesional.

A mi madre Karina Ubillus León, por haber creído en mí desde el primer día, por nunca cansarse de apoyarme siempre y nunca haber renunciado a este sueño que es y para los dos.

A mis abuelos, Víctor y María por siempre haber estado ahí para mí, por haberme criado y educado desde pequeño, por convertirme en el gran profesional que está dando un paso más en este enorme camino profesional.

A mi tía Maribel Ubillus, por haberme siempre apoyado en muchas ocasiones, por haber estado allí siempre y ser un apoyo más en este camino maravilloso.

A mi Mgt. Ing. Krissia del Fátima Valdiviezo Castillo, por habernos guiado en el camino correcto, por ser un apoyo incondicional en esta aventura, por su asesoría y enseñanza a través de su experiencia y conocimiento.

Sullon Ubillus Everth Edinson

Agradezco a mi madre, Lourdes Gonzales, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, por darme un apoyo incondicional y nunca rendirse, por tomarme de la mano en este camino y nunca soltarme, por ser siempre mi pilar fundamental y hacer todo ese sacrificio para que yo pueda ser un gran profesional.

A mi familia por ser piezas fundamentales en todo este proyecto, por su apoyo desmedido conmigo y sus palabras de aliento que día a día se necesitaban.

A mis amigos, en especial a Eva León, Grace Tume, Víctor Ramos; por ser siempre un apoyo dentro de la universidad, dentro del campus, gracias por siempre estar ahí y nunca rendirse conmigo, siendo ya unos profesionales

A mi Mgt. Ing. Krissia del Fátima Valdiviezo Castillo, por habernos guiado, por su asesoría y enseñanza a través de su conocimiento y experiencia durante toda esta travesía.

Rodríguez Gonzales, Juan Sebastián

Resumen

La presente tesis que ha sido escogida en el área de transportes, específicamente de carreteras, da a conocer cuáles son los requisitos mínimos que debe de tener una zona para poder construir una carretera y poder así facilitar la comunicación de las zonas aledañas. Tenemos como objetivo poder mejorar la transitabilidad vial de las zonas mediante el diseño y construcción de un pavimento flexible en las urbanizaciones Los Cedros, Nueva Providencia y Los Abogados de la ciudad de Piura – Piura.

Esta investigación es de tipo aplicada, de acuerdo a la contrastación es descriptiva. También durante el proceso se realizaron diferentes estudios, como el estudio de mecánica de suelos, el estudio de tráfico, etc. Gracias al estudio de mecánica de suelos y a la colocación de calicatas (4) en distintos puntos de la zona, dando a lugar las siguientes conclusiones, el suelo de la zona de estudio es clasificado como arena pobremente graduada (SP), y cuenta con un CBR al 95% de 8.76; posterior a eso al realizar el estudio de tráfico con distintos puntos de conteo vehicular (3), se determinó que el punto de ingreso de mayor afluencia es el ubicado en la calle 3, con un IMDa 3842, dando a partir de este los siguiente resultados: Total E.E. de 10017.868 y ESAL de 126227.83, considerando que el diseño contará con una vía de 2 calzadas, siendo 1 calzada por sentido. Al calcular los espesores del pavimento, se planteó 3 propuestas, otorgadas por el MTC, RNE y considerando diseños de otros expedientes y fichas técnicas; siendo que estas 3 cumplen con la validación con el numero estructural (SN) de valor 1.86; para determinar la propuesta a contemplar en el diseño, se hizo un análisis económico, siendo la propuesta seleccionada otorgada por el MTC (5 cm de espesor de pavimento y 25 cm de capa base). Con respecto al diseño geométrico, en lo que se refiere a los elementos de la vía y anchos mínimos de estos, se basó en la norma GH.020 del RNE, y las consideraciones de drenaje pluvial, se basaron en lo planteado en el manual de “Diseño geométrico” del MTC, de esa forma el diseño planteado de las vías provistas en la zona del proyecto, cumplirán con lo indicado en las distintas normas relacionadas al tema.

Palabras Claves: CBR, ejes equivalentes, conformación del pavimento, diseño geométrico

Abstract

This thesis, which has been chosen in the area of transportation, specifically roads, reveals the minimum requirements that an area must have in order to build a road and thus facilitate communication in the surrounding areas. Our objective is to improve the road trafficability of the areas through the design and construction of a flexible pavement in the Los Cedros, Nueva Providencia and Los Abogados urbanizations of the city of Piura – Piura.

This research is of an applied type, according to the contrast it is descriptive. Also during the process, different studies were carried out, such as the soil mechanics study, the traffic study, etc. Thanks to the study of soil mechanics and the placement of pits (4) in different points of the area, giving rise to the following conclusions, the soil in the study area is classified as poorly graded sand (SP), and has a CBR at 95% of 8.76; After that, when carrying out the traffic study with different vehicle counting points (3), it was determined that the entry point with the greatest influx is the one located on street 3, with an IMDa 3842, giving the following results from this : Total E.E. of 10017.868 and ESAL of 126227.83, considering that the design will have a 2-lane road, with 1 lane in each direction. When calculating the thickness of the pavement, 3 proposals were proposed, granted by the MTC, RNE and considering designs from other files and technical sheets; being that these 3 comply with the validation with the structural number (SN) of value 1.86; To determine the proposal to be considered in the design, an economic analysis was carried out, with the selected proposal being granted by the MTC (5 cm pavement thickness and 25 cm base layer). With respect to the geometric design, with regard to the elements of the road and their minimum widths, it was based on the RNE standard GH.020, and the storm drainage considerations were based on what was stated in the road manual. “Geometric design” of the MTC, in this way the proposed design of the roads provided in the project area will comply with what is indicated in the different standards related to the subject.

Keywords: CBR, equivalent axles, pavement conformation, geometric design.

Presentación

Señores miembros del jurado:

Nos dirigimos a ustedes para comunicarles que se han cumplido y aprobado los requisitos presentados mediante el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, por consecuente pongo a su disposición la revisión de la siguiente tesis, que se titula:

**MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN LAS
URBANIZACIONES LOS CEDROS, LOS ABOGADOS Y NUEVA PROVIDENCIA;
DE LA PROVINCIA DE PIURA – PIURA**

Todo esto se llevó a cabo bajo la supervisión y guía de nuestra asesora la ING Valdivieso Castillo Krissia del Fátima.

Atentamente

Br Rodríguez Gonzales Juan Sebastián

Br Sullon Ubillus Everth Edinson

Piura, 05 de julio del 2024

Índice

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Presentación	viii
Índice	ix
Índice de ilustraciones y tablas	xi
I INTRODUCCIÓN	15
1.1. Problema de la investigación	15
1.1.1 Realidad problemática	15
1.1.2. Descripción del problema	16
1.1.3. Formulación del problema	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Justificaciones del estudio	17
1.3.1. Justificación teórica	17
1.3.2. Justificación práctica	17
1.3.3. Justificación social	17
1.3.4. Justificación económica	17
1.3.5. Justificación metodológica	17
II MARCO DE REFERENCIA	18
2.1. Antecedentes del estudio	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	19
2.1.3. Antecedentes regionales	20
2.2. Marco teórico	20
2.2.1. Estudios preliminares	20
2.2.2. Diseño geométrico	27
2.2.3. Diseño estructural	31
2.2.4. Diseño de drenaje pluvial	34
2.2.5. Señalización	34
2.3. Marco conceptual	35

2.3.1. Análisis granulométrico	35
2.3.2. Análisis de plasticidad	35
2.3.3. Nivel de rasante	35
2.3.4. CBR	36
2.3.5. Perfil estratigráfico	36
2.3.6. Sectorización.....	36
2.3.7. Bases tratadas	37
2.3.8. Suelos estabilizados.....	37
2.3.9. Calzada	37
2.3.10. Trocha o carril	37
2.4. Hipótesis.....	37
2.4.1. Cuadro de operalización de variable.....	38
III METODOLOGÍA EMPLEADA	39
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	39
3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad.....	39
3.1.2. De acuerdo a técnica de contrastación	39
3.2. Población y muestra del estudio.....	39
3.2.1. Población.....	39
3.2.2. Muestra	39
3.3. Diseño de investigación.....	39
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	39
3.5. Procesamiento y análisis de datos	40
IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.1. Toma de datos en campo y estudios básicos.....	41
4.1.1. Visita de campo y realización de entrevistas	41
4.1.2. Levantamiento topográfico	44
4.1.3. Estudio de mecánica de suelos	45
4.1.4. Estudio de Tráfico	55
4.2. Diseño geométrico y configuración estructural	62
4.2.1. Configuración estructural de pavimento flexible	62
4.2.2. Consideraciones al diseño geométrico	70
4.3. Señalización vertical y horizontal.....	72
4.3.1. Señalización vertical	72
V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	81
CONCLUSIONES	81

RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS.....	83
1. Instrumento de recolección de datos.....	84
2. Evidencias de la ejecución de la propuesta.....	86
3. R.D. que aprueba el proyecto de investigación.....	129
4. Constancia de desarrollo de la propuesta de investigación.....	132
5. Constancia de asesora.....	134

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Anchos recomendados por RNE	31
Ilustración 2: Captura de interfaz del ministerio de defensa	44
Ilustración 3: Realización de la calicata 1 (Urb. Los Cedros)	45
Ilustración 4: Realización de calicata 2 (Urb. Los Abogados)	46
Ilustración 5: Realización de calicata 3 (Urb. Nueva Providencia)	47
Ilustración 6: Realización de calicata 6 (Urb. Nueva Providencia)	47
Ilustración 7: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-1)	48
Ilustración 8: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-2)	49
Ilustración 9: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-3)	50
Ilustración 10: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-4)	51
Ilustración 11: Resultados obtenidos de los ensayos de límite líquido y límite plástico	52
Ilustración 12: Resultados obtenidos en el ensayo de compactación por proctor modificado.....	52
Ilustración 13: Resultados obtenidos en el ensayo de CBR	53
Ilustración 14: Categorización de suelo para sub rasante	55
Ilustración 15: Vista satelital de ubicación de los lugares de conteo vehicular.....	55
Ilustración 16: Formato para conteo vehicular en campo	57
Ilustración 17: Nivel de confiabilidad (R)	63
Ilustración 18: Coeficiente estático de la desviación estándar normal (Zr).....	63
Ilustración 19: Índice de serviciabilidad inicial (Pi).....	64
Ilustración 20: Índice de serviciabilidad final (Pt).....	64
Ilustración 21: Coeficiente de drenaje (mi)	66
Ilustración 22: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento (ai)	66
Ilustración 23: Catálogo de estructuras de pavimento flexible.....	67
Ilustración 24: Sustento de precios de partidas de movimiento de tierras.....	69

Ilustración 25: Sustento de precios de partidas de base y subbase	69
Ilustración 26: Sustento de precios de partidas de pistas	70
Ilustración 27: Anchos mínimos de componentes de vía urbana	70
Ilustración 28: Pendientes máximas.....	72
Ilustración 29: Señal de pare.....	73
Ilustración 30: Ubicación de señales de pare	73
Ilustración 31: Señal ceda el paso.....	74
Ilustración 32: Ubicación de señales ceda el paso.....	74
Ilustración 33: Señal de no camine por la pista	75
Ilustración 34: Ubicación de señales no camine por la pista	75
Ilustración 35: Señal de velocidad máxima y mínima.....	76
Ilustración 36: Ubicación de señal de velocidad máxima y mínima	76

Índice de tablas

Tabla 1: Periodo de análisis - diseño	26
Tabla 2: Anchos mínimos	29
Tabla 3: Procesamiento de resultados obtenidos por ensayo de CBR	54
Tabla 4: Datos generales de los puntos de conteo vehicular	56
Tabla 5: Criterios de consideración para elección de puntos de conteo vehicular	56
Tabla 6: Resultados obtenidos por conteo vehicular.....	59
Tabla 7: Cálculo de ejes equivalentes.....	60
Tabla 8: Cálculo de número estructural (SN)	65
Tabla 9: Verificación de cumplimiento de propuestas vs.SN.....	68
Tabla 10: Análisis económico de las propuestas.....	68

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Realidad problemática

Se debe tener en cuenta, que el desarrollo de una adecuada red vial, mejora de forma directa e indirecta distintos factores, desde el desarrollo económico, cuidado ambiental, calidad de vida, entre otros; tal como lo menciona Mg. Julián Rivera (2015), catedrático de la escuela de posgrado de la Universidad de Piura, “La infraestructura vial es un medio por el cual un país provee mayor desarrollo a sus regiones”; señalando también, que una red de carreteras otorga la satisfacción de necesidades básicas como educación, trabajo, alimentación y salud. No obstante, según el último informe emitido por el Ministerio de transportes y comunicaciones – MTC, bajo el nombre “Cierre de brechas – 2022”, expone que a inicios del año mencionado, faltaban un aproximado de 50.44% de vías vecinales a nivel nacional por pavimentar y solo se ha reducido hasta 50.18%, este poco progreso, se puede apreciar en otros casos como en “red vial vecinal no pavimentada con inadecuado nivel de servicio” (de 31.67% a 30.49%), “red departamental por pavimentar” (de 18.38% a 18.23%), y “red vial nacional por pavimentar” (de 79% a 78.997%). Por lo que podemos apreciar el poco financiamiento e interés que se le ha dado al desarrollo vial el anterior año. Y no es de sorprender, puesto que, mediante el mismo informe, se muestra que en lo que respecta a las regiones de Piura y Tumbes, se han hecho solamente mejoramientos de 12 puentes. Siendo más precisos, según el MTC, indica que para el 2020, el departamento de Piura, en red vial vecinal abarca un aproximado de 6608.5 Km, de lo cual solamente 170.6 Km se encuentran pavimentadas, mostrando así que en la actualidad la región aún le falta muchos kilómetros por pavimentar para poder cerrar la brecha en desarrollo vial.

1.1.2. Descripción del problema

Mediante observación in situ, se logró apreciar la realidad vial que hay en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia, la cual era de un estado de abandono del estado de sus calles, estando sin asfaltar y algunas siendo solamente afirmado sin compactar, generando molestias a la hora de manejo por estas vías; no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, a pesar de contar puntos críticos donde se empoza el agua de lluvia, generando puntos infecciosos de enfermedades para la población residente de la zona; y no cuenta con una correcta señalización para el control de tránsito vehicular en horas pico, por lo que se podría ocasionar algún accidente.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cómo sería el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura - Piura?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Mejorar el servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Realizar toma de datos en campo y estudios básicos necesarios para realizar un diseño que mejore el servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.
- b) Plantear el diseño geométrico y la configuración estructural del pavimento flexible en el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.
- c) Sugerir la señalización vertical y horizontal en el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.

1.3. Justificaciones del estudio

1.3.1. Justificación teórica

Se justifica teóricamente, porque se realizará una búsqueda de y análisis de información tanto en investigaciones pasadas como en normas y reglamentos vigentes, relacionados al tema, para comprender y tener en cuenta los requerimientos, indicaciones y recomendaciones que mencionen.

1.3.2. Justificación práctica

El proyecto tiene un enfoque práctico, dado que se tomará en cuenta circunstancias reales para la realización del diseño geométrico y estructural del pavimento, generando así una solución viable para las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia.

1.3.3. Justificación social

Se justifica bajo este ámbito, tal como lo menciona distintos profesionales, por ejemplo Mg. Julián Rivera, el desarrollo de un sector poblacional está estrechamente ligada al desarrollo vial que presente, por lo que acerca a la población a obtener mejores servicios ya sea en alimentos, salud, educación, etc., por lo que es necesario realizar una implementación de mejora sobre la realidad situacional aplicada en este proyecto.

1.3.4. Justificación económica

La investigación presentada tiene una visión económica, porque se evaluará distintas propuestas para la solución de la problemática, dando una importancia en este apartado para la elección de la resolución, tomando un enfoque “económico – eficiencia”.

1.3.5. Justificación metodológica

En la tesis se apreciará la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera universitaria, como en el análisis documental realizado en la investigación, mostrándose de forma sistematizada las distintas etapas que se deben seguir para poder efectuar un correcto diseño vial.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Birche M. (2021), en su presente tesis, dice que para los distintos escenarios en los que se encuentra la infraestructura de los espacios viales, estos en las ciudades aún se encuentran casi al 100% hacia los autos, la zona escogida en argentina no es una excepción, en esta también se presenta una constante muy interesante, la cual es el contraste entre las áreas urbanas planificadas de la zona y las áreas urbanas que han aumentado según la expansión residencial. La ciudad de la plata, es un ejemplo muy claro de que la red viaria es el eje principal de la estructura del territorio, en la actualidad gracias al relevamiento y a la sistematización se puede realizar un análisis de diagnóstico de usos y diseños. Se pudo comprobar mediante esta investigación que, en la zona escogida de argentina hay un 67,9 % del área urbana que no cuenta con veredas que cuenten con una accesibilidad hacia las personas, la morfología del espacio vial cuenta con una minoría de calles con paseos comparadas con otras donde si cuentan con la mayoría de calles con paseos, lo cual hace más difícil la adición de corredores y de áreas verdes, teniendo en cuenta que un 51,9 % de la vía que se analizaron no poseen el umbral mínimo de 10 árboles cada 100 metros. Beltrán A. (2023), dijo en su tesis que en Ecuador desde el 2003 el sector correspondiente en ecuador aprobó la ley de MOP 2003. El procedimiento que se realizó para el presente proyecto, comenzó con la investigación de la actual realidad del fichero AASHTO del Civil 3D, se pudo observar la estructura del mismo para poder analizar del debido funcionamiento para poder realizar un diseño estructural de una vía, asimismo se indagó sobre la normativa a cambiar, en regla para el correcto diseño estructural en ecuador. Una vez realizado el correcto análisis, también se observaron aquellas alternativas que pueden cambiar los parámetros del fichero vigente. Luego se cambió sobre el ya existente. Los cálculos se realizaron mediante la obtención de los datos: (ecuación para el cálculo de fricción de la calzada), (ecuación para el cálculo mínimo de radio de curvatura).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vega S. (2021), dijo en su tesis que de manera globalizada una infraestructura vial es lo más esencial ya que es el pilar principal tanto de la economía como en el avance de cierto país, además de que las carreteras son la conexión de las diferentes áreas de producción de un país, pero estas se tienen que encontrar en buen estado además de economizar los gastos. En el caso de Perú los pavimentos todavía se encuentran en desarrollo debido, debido a una gestión mediocre de procesos y una mala planificación, adicionando a todo esto también está el factor de poca inversión privada, en el distrito de Lurín, existen áreas rurales como urbanas, existe una increíble deficiencia vial, además de que la geografía de los terrenos no es la adecuada porque es muy agresiva, dando como resultado la desarticulación de las ciudades. Los resultados de la correcta investigación son que la organización presente del pavimento es de 7.5 cm de carpeta asfáltica, 20 cm de base y 15 de subbase, dando como resultado que la construcción del pavimento flexible dará una mejor transitabilidad vehicular. La investigación de carga realizada con 6 calicatas arrojó como resultado un CBR de 32.50. Arteaga, W. y Díaz, S. (2021). En su tesis "Diseño de infraestructura vial tramo Chiguirip – caserío Cruz Conga, distrito Chiguirip – Chota – Cajamarca", dicen que para la construcción de una infraestructura vial en esa zona podrá obtener algunos beneficios como la disminución de estancamiento de los líquidos de origen pluvial, un mantenimiento adecuado además de la correcta señalización. También dicen que el Perú al ser un país no tan desarrollado, el cual necesita y busca poder desarrollarse a futuro con las importaciones y exportaciones (comercio), necesitan poder quitarse ciertas barreras como la falta de atención al pueblo y la falta de información para poder gestionar mejor los recursos que posee el Perú, los principales elementos donde una población entra en cuestión de pobreza son varios, pero siendo los principales la falta de accesibilidad a recursos importantes, además de un buen empleo. Para poder realizar este estudio se necesitó de un proceso el cual es: un adecuado conteo de vehículos, un estudio de mecánica de suelos, obtención de altitudes.

2.1.3. Antecedentes regionales

Flores, H. (2021), en su tesis denominada “Diseño de obras de arte en la infraestructura vial del centro poblado Andurco-La Cebada, distrito de Ayabaca – Piura, 2021”, se dieron varias propuestas para poder diseñar las obras entre las avenidas (Andurco-la cebada), lo que puede permitir darle a la zona una mejor transitabilidad, además de poder aumentar la vida útil del pavimento, es por eso que en su proyecto de investigación hubo un conteo regresivo de 30 años. Se recopilaron los siguientes datos: microcuenca 1.150 m³/s, en la segunda microcuenca 1.313 m³/s, en la tercera microcuenca 1.961, en la cuarta microcuenca 2.258 m³/s, en la quinta microcuenca 3.286 m³/s y en la sexta microcuenca 2.041 m³/s. Al realizar el levantamiento topográfico, se determinó que se debe usar 20 cm para la base, sub base y pavimento rígido. Juárez y Benavente (2022) realizaron una investigación denominada “Diseño de obras de arte en la infraestructura vial de las calles: los Pinos y las Begonias del A.H. Villa Primavera – Sullana.2021”, en la que determinaron que las vías en estudio requieren de un obras complementarias en vista que durante los periodos lluviosos, el problema de evacuación de aguas se presenta con mayor intensidad, además identificaron que se necesita la instalación de una capa que podría poseer relleno como obras de arte (sumideros, y buzones) que se interconecten a través de una tubería y evacue las aguas hasta el Rio Chira. Finalmente, de acuerdo al estudio fluvial, se identificó que posee más precipitaciones se produjo en el 1983 con 148.1 mm/día.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Estudios preliminares

2.2.1.1. Levantamiento topográfico

Según la normativa de diseño geométrico del MTC (capítulo 2, artículo 6), es un estudio especializado en la examinación de un terreno o superficie y en este se pueden sacar las características tanto físicas, como geográficas y geológicas del terreno a cuestión, además que también podemos ver las alteraciones de la misma. Los cuales mayormente los instrumentos que se usan son: el teodolito (para la obtención de ciertos ángulos), el GPS (para

poder tener con exactitud ciertos puntos, brújula (para facilitarnos en las orientaciones), etc. La correcta presentación de un informe (en el tema del contenido), es que la persona que realizó dicho estudio pueda expresar abiertamente que tipo de metodología ha empleado, además de mencionar todo el instrumental utilizado. Cuando en el caso de haberse utilizado las respectivas mediciones con el método GNSS, se debe recalcar que procedimiento del cálculo se ha realizado y las respectivas planillas que sirven como respaldo para los cambios de UTM a topográficas, hay diferentes tipos de levantamiento.

a) Levantamientos a escala 1/200

Para este tipo de levantamiento, el cual se realiza con unas curvas de nivel cada 0.2 metros, se obtienen unos resultados con una alta precisión, esto se debe a que los planos generados requieren que el tema de los errores máximos no sobrepase los 0.7 metros, ya sea por planimetría como altimetría al momento que se revisa el terreno.

b) Levantamientos a escala 1/500

Para este tipo de levantamiento, el cual se realiza con unas curvas de nivel cada 0.5 metros, se obtienen unos resultados con una alta precisión, esto se debe a que los planos generados requieren que el tema de los errores máximos no sobrepase los 0.17 metros, ya sea por planimetría como altimetría al momento que se revisa el terreno.

c) Levantamientos a escala 1/1000

Para este tipo de levantamiento, el cual se realiza con unas curvas de nivel cada 1.0 metros, se obtienen unos resultados con una alta precisión, esto se debe a que los planos generados requieren que el tema de los errores máximos no sobrepase los 0.33 metros, ya sea por planimetría como altimetría al momento que se revisa el terreno.

d) Levantamientos a escala 1/2000

Para este tipo de levantamiento, el cual se realiza con unas curvas de nivel cada 2.0 metros, se obtienen unos resultados con una alta precisión, esto se debe a que los planos generados requieren que el tema de los errores máximos no sobrepase los 0.67 metros, ya sea por planimetría como altimetría al momento que se revisa el terreno.

e) Levantamientos a escala 1/5000

Para este tipo de levantamiento, el cual se realiza con unas curvas de nivel cada 5.0 metros, se obtienen unos resultados con una alta precisión, esto se debe a que los planos generados requieren que el tema de los errores máximos no sobrepase los 1.67 metros, ya sea por planimetría como altimetría al momento que se revisa el terreno.

2.2.1.2. Estudio de mecánica de suelos

Un estudio de mecánica de suelos se puede efectuar con el fin de conocer las especificaciones de las propiedades tanto físicas, químicas y mecánicas del terreno en cuestión, poder recaudar información sobre la factibilidad técnica del alineamiento horizontal y vertical. según la normativa de diseño geométrico del MTC, para poder efectuar de la mejor manera un estudio de mecánica de suelos, se tienen que realizar trabajos en campo (análisis granulométrico, análisis de plasticidad (límite líquido, plástico y de contracción), equivalente de arena, índice de grupo, humedad natural, clasificación de suelos, CBR, ensayo de módulo resiliente), además de poder realizar el ensayo correspondiente para obtener la densidad y el peso unitario. Para el proyecto a efectuar se tomaron muchas condiciones en cuenta, como la condición climática, según un reporte del SENAMHI, Piura posee un clima bastante variado, es templado, árido y con amplitud térmica moderada, Piura se ve realmente afectado cuando ocurren ciertos cambios climáticos, especialmente cuando se produce el “fenómeno del niño”.

Realizar el correcto estudio de mecánica de suelos es vital para la construcción de carreteras, tanto para poder determinar las características del suelo como para el correcto diseño estructural del pavimento. El estudio de mecánica de suelos está entrelazado con el estudio de tráfico y el estudio topográfico. Por lo que se indica realizar las siguientes actividades:

- A) Reconocimiento del terreno
- B) Reconocimiento geológico de las áreas adyacentes del proyecto
- C) Trabajos de excavación, descripción de calicatas y muestreos de suelos alterados e inalterados.
- D) Ensayos de laboratorio y obtención de parámetros físico-mecánicos del suelo

a) Análisis granulométrico

Según el instructivo otorgado por el MTC, indica que dicho estudio, es realizado por el pase de material de muestra sobre unos filtros de distintos diámetros de abertura, con la finalidad de calcular de forma porcentual el material retenido en cada uno de estos tamices, y mediante criterios ya establecidos, comprender la composición geológica de la muestra del suelo, siendo de los tamices con mayor importancia el tamiz N°4 (d= 4.75 mm), lo retenido en esta etapa es considerado roca o piedra; el tamiz N°20 (d= 805 µm), lo que se retiene en el tamiz se determina como arena gruesa; y el tamiz N°200 (d= 0.074 mm), lo retenido, es considerado como arena gruesa, en cambio lo que pasa por la malla, se clasifica como limo o arcilla, esto último se determinará por el ensayo de plasticidad realizado posteriormente.

b) Límites de consistencia

• Límite líquido

Es un porcentaje de contenido de humedad que puede hacer que el suelo cambie según las circunstancias, cuando disminuye la humedad cambia la consistencia líquida a la plástica, o al aumentar su humedad, de la consistencia plástica a la líquida.

• Límite plástico

Es el porcentaje de contenido de humedad que puede cambiar al suelo al disminuir la humedad, cambia de plástica a semisólida o al aumentar la humedad cambia de plástica a la líquida. Se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{límite plástico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

• Índice de plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, además:

- a) Cuando el límite plástico o el límite líquido no puedan determinarse, el índice de plasticidad se clasificará como NP (no plástico)
- b) Cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se clasificará como NP (no plástico)

c) Módulo resiliente (CBR)

Con la finalidad de determinar la capacidad portante de los diferentes tipos de suelos de las sub rasantes a lo largo de un tramo, se usaron pistones de 1 y 2 pulgadas de penetración, golpeando de 12, 25 y 56 veces para determinar el grado de compacidad por distintas fuerzas y de esa manera de forma gráfica interpretar la relación grado compacidad con la altura de penetración.

Para hallar el CBR también será necesario hacer distintos cálculos:

- a) Cálculo de esfuerzo – penetración: Se necesitará calcular el esfuerzo de penetración por cada incremento de penetración, es necesario dibujar la curva de esfuerzo vs penetración para cada incremento de penetración como se muestra en la figura anterior.
- b) Relación de soporte: de la curva corregida se tomarán los esfuerzos de valores de esfuerzos de penetraciones de 2,54 mm (0,100”) y 5,08 mm (0,200”) y a su vez calculemos las relaciones que hay en cada uno de los esfuerzos que han sido analizados por los esfuerzos de referencia de 6,9 MPa (1000 lb/pulg²) y 10,3 MPa (1500 lb/pulg²), respectivamente y multiplíquese por 100.

2.2.1.3. Estudio de tráfico vehicular

Según la normativa de diseño geométrico del MTC, artículo 2.2, sección 203, sirve para poder diseñar soluciones acordes a los problemas que presente la zona en específico en las ciudades. Con este estudio es totalmente posible conocer datos importantes acerca de la circulación de la zona de estudio, así podemos obtener la información necesaria para saber si debemos mejorar algo sobre el pavimento, las características, en este caso, fisiológicas y la relación de transportes que poseen diferentes tamaños que transitan por los pavimentos son componentes claves para el correcto diseño geométrico, por ello es necesario este estudio, gracias a este se pueden analizar diferentes variables (como examinar los diferentes tipos de vehículos, poder separarlos en diferentes conjuntos y poder elegir el tamaño dentro de cada agrupación para su correcto uso en el proyecto, dependiendo del tipo de carretera, generalmente se suele observar cómo es el comportamiento de los vehículos para poder determinar si es obligatorio o necesario poder ampliar o reducir carriles, restringir ciertas zonas para impedir el paso de ciertos vehículos o reducir de forma segura su velocidad.

En el caso de la llamada movilidad urbana, las intersecciones son los puntos clave para poder analizar y poder dar soluciones que ayuden a ordenar la movilidad urbana.

Según la normativa de diseño geométrico del MTC, sección 202.01, los rasgos distintivos de los vehículos, determinan los factores del dimensionamiento geométrico y de parte de la estructura de la carretera.

Por otro lado, se ha establecido una tipología respecto a vehículos, los ligeros entran en la clase L (corresponde a los vehículos menos de 4 ruedas) y la clase M1 (corresponde a los vehículos de cuatro ruedas, diseñados especialmente para transporte de pasajeros con 8 asientos o menos). Para los vehículos pesados serán la clase M (vehículos de 4 ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, exceptuando a la clase M1), la clase N (vehículos de 4 ruedas o más fabricados estrictamente para el transporte de mercancía), O (remolques y semirremolques) y S (son mezclas especiales de las clases anteriores).

Para poder realizar un correcto estudio de tráfico se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- a) Poder localizar un punto medio donde el tráfico sea abundante y convertirlo en un punto de observación
- b) Seguir con los formatos de fichas técnicas otorgadas por el ministerio, para llevar un orden en el conteo vehicular
- c) Separar y reconocer los diferentes tipos de vehículos según su categoría mencionados anteriormente
- d) El conteo debe realizarse durante 7 días no interrumpidos, con la finalidad de limitar el margen de error en el proceso, como también de no poder realizar una contabilización de 24 horas seguidas, realizar al menos un estudio previo en campo, para determinar las “horas punta” y de esa manera, en esos lapsos de tiempo, realizar el conteo durante los 7 días del estudio

a) Cálculo de ESAL ($\text{Log}W_{18}$)

Para poder calcular la ESAL se requieren de varios factores:

- a) El periodo de diseño: un pavimento debe ser diseñado para poder soportar las distintas cargas del tránsito a lo largo de diferentes periodos de tiempo, a este periodo se le llama “periodo de diseño”. La vida útil del pavimento o “periodo de análisis” puede ser extendida con los correctos mantenimientos hasta que esta sea 100% inservible por ciertos cambios de gran relevancia en sus pendientes, alineamiento geométrico u otros factores. El método AASHTO 1993, indica que se evalúen los pavimentos para un periodo de comportamiento mayor (ver Tabla 1), ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de ciertas alternativas a largo plazo basadas en un intervalo de costo – tiempo.

Tabla 1: Periodo de análisis - diseño

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE ANÁLISIS	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 – 50 (años)	15 – 20 (30) (años)
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 – 50 (años)	15 – 20 (30) (años)
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 – 25 (años)	5 – 12 (años)
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 – 20 (años)	5 – 8 (años)

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993.

- b) Transito: para el cálculo, el método actual que se aplica toma en cuenta los ejes equivalentes sencillos de 18 000 lb (8.2 ton) que se van acumulando poco a poco durante el periodo de diseño.

Se recomienda que para los fines de diseño en etapas o fases se haga una gráfica donde se coloquen los datos de ESAL vs el tiempo en años hasta llegar al punto donde termina o se acaba la vida útil del pavimento.

La ecuación para el cálculo de la ESAL es la siguiente:

$$ESAL = ESALa * DD * DL$$

Donde:

- ESAL = Tránsito que se ha acumulado durante 1 año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton.
- ESALa = Ejes acumulados en el período de diseño considerado el tráfico en ambos sentidos de circulación.
- DD = Factor de distribución direccional; se recomienda 0.5 para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.
- DL = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido.

2.2.2. Diseño geométrico

2.2.2.1. Lineamiento de faja

Según el manual de diseño geométrico del MTC, es la alineación de la sección transversal de una carretera o acera, es una parte esencial del proceso de diseño de carreteras y aceras, ya que afecta directamente la seguridad, eficiencia y comodidad de los vehículos. Para poder realizar esto se necesita de la maquinaria especializada como compactadoras, niveladoras y rodillos, todo esto para poder obtener el pavimento con las condiciones deseadas. La cual se encuentra comprendida por obras complementarias, servicios, áreas previstas, para futuras obras y por último zonas de seguridad para el usuario, la faja del terreno el cual se encuentra conformado el derecho de vía es un bien público inalienable e imprescriptible.

2.2.2.2. Curvas verticales

Según la normativa de diseño geométrico del MTC, capítulo 3, sección 304, aparecen curvas verticales entre dos taludes continuos de diferente amplitud y dirección, consiguiendo una transición gradual entre taludes. Son importantes para poder obtener una correcta adaptación del terreno, poder dar consciencia sobre la velocidad, aumentar la seguridad vial, mejorar el drenaje y una mejora en el aspecto del paisaje de la vía). Los tramos seguidos de la rasante, serán enlazados por las curvas verticales parabólicas, estas son explicadas por su parámetro de curvatura k , que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, y se expresa de la siguiente manera:

$$K=L/A$$

Donde:

- K = Perímetro de curvatura
- L = Longitud de la curvatura
- A = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Hay dos tipos de curvaturas verticales:

a) Curvas verticales asimétricas convexas: son representaciones de dos arcos que poseen un punto de intersección común, con distintos parámetros característicos, estas poseen dos ecuaciones según el tipo de parámetro de su curvatura:

- $r_1 = \frac{AL_2}{L L_1}$
- $r_2 = \frac{AL_1}{L L_2}$

Donde:

- r_1 : Parámetro de curvatura del primer arco (m)
- r_2 : Parámetro de curvatura del segundo arco (m)
- A : Ángulo de deflexión (%)
- L_1 : Largo de desarrollo del primer arco de la curva (m)
- L_2 : Largo de desarrollo del segundo arco de la curva (m)
- L : Largo de desarrollo de la curva (m)

b) Curvas verticales asimétricas cóncavas: La geometría es similar a la anterior solo que para este caso uno de los parámetros es la distancia de visibilidad por medio de la luz del automóvil en cuestión, se presentan las siguientes ecuaciones:

- $R = L^2/L$
- $r1 = (A / L)R / (1 - R)$
- $r2 = (A / L)(1 - R) / R$

2.2.2.3. Sección típica

Según la normativa de diseño geométrico del MTC, capítulo 3, sección 304, incluye la descripción de los distintos elementos de la vía en la sección vertical normal con la alineación en planta, lo que ayuda a describir la disposición y tamaño de dichos elementos, además de ser un corte vertical paralelo al alineamiento horizontal y pueden crear una conexión entre cada sección y el terreno natural.

a) Derecho de vía

Según el manual de diseño geométrico, se denomina derecho de vía a la faja que posee el terreno destinado a una construcción en específico (en este caso carreteras), además de agregarle el correcto mantenimiento, la seguridad, los servicios auxiliares y los anchos que posee una vía.

Los anchos de las vías dependen del tipo de vía, además de las características del terreno, los rangos son los siguientes:

Tabla 2: Anchos mínimos

Clasificación	Anchos mínimos (m)
<i>Autopistas de primera clase</i>	40
<i>Autopistas de segunda clase</i>	30
<i>Carretera primera clase</i>	25
<i>Carretera segunda clase</i>	20
<i>Carretera tercera clase</i>	16

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

b) Calzada o superficie de rodadura

Según el manual de carreteras, esta es la parte de la carretera que tiene como finalidad poder permitir de una mejor manera la circulación de vehículos que están compuestos por uno o más carriles, sin incluir la berma. El número de carriles de cada calzada será bajo el yugo, las previsiones y composición del tráfico, de acuerdo con el IMDA de diseño, así como el nivel del servicio que se desea obtener.

c) Bermas

Según el manual de diseño geométrico, es una franja longitudinal, paralela y adyacente, ya sea a la calzada o a la superficie de rodadura que posee la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como una especie de zona de seguridad para que los vehículos se puedan estacionar en casos extremos.

En autopistas, se contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras en ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben poseer anchos iguales.

d) Bombeo

En casos de tramos en tangente o en curvas contra peralte, las calzadas deben poseer una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con el único objetivo de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

2.2.2.4. Indicaciones del reglamento nacional de edificaciones (RNE)

Para el diseño de vías de una habilitación urbana, se deben respetar siempre las vías existentes; las secciones de las vías locales principales y secundarias, se diseñarán de acuerdo a lo indicado según el tipo de habilitación de la zona.

Ilustración 1: Anchos recomendados por RNE

	TIPO DE HABILITACIÓN					
	VIVIENDA			COMERCIAL	INDUSTRIAL	USOS ESPECIALES
VIAS LOCALES PRINCIPALES						
ACERAS O VEREDAS	1.80	2.40	3.00	3.00	2.40	3.00
ESTACIONAMIENTO	2.40	2.40	3.00	3.00 - 6.00	3.00	3.00 - 6.00
CALZADAS O PISTAS (modulo)	3.60 sin separador central	3.00 ó 3.30 con separador central		3.60	3.60	3.00 - 6.00
VIAS LOCALES SECUNDARIAS						
ACERAS O VEREDAS	1.20			2.40	1.80	1.8 - 2.4
ESTACIONAMIENTO	1.80			5.40	3.00	2.2-5 - 40
CALZADAS O PISTAS (modulo)	2.70			3.00	3.60	3.00
Notas: Las medidas indicadas están indicadas en metros						

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2021.

2.2.2.5. Volúmenes de corte y relleno

Según lo nombrado en el reglamento del Ministerio de Transportes y comunicaciones, indican que el cálculo de los volúmenes en movimiento de tierra, excavación (corte) y relleno, se aprecian en los planos de sección longitudinal de la vía y en secciones transversales; dichos metrados serán calculados siguiendo como línea base el nivel de rasante de la vía, y por medio de una cuantificación por tramos, recomendable cada 10 o 20 metros, para alcanzar una mayor afinidad a la realidad.

2.2.3. Diseño estructural

Según el manual de carreteras capítulo 3, artículo 5, el pavimento es una estructura hecha de distintos mantos, hecha sobre la sub rasante, con el máximo de resistencia, capaz de distribuir esfuerzos, los cuales son generados por los vehículos que transitan dicho pavimento, además de hacer conexión entre ciudades; de los cuales existen distintos tipos de pavimento.

2.2.3.1. Pavimento flexible

Según el manual de carreteras, en el capítulo 3.5 nos dicen que los pavimentos flexibles son estructuras compuestas por una serie de capas mayormente granulares y por un manto de rodamiento constituida por diferentes materiales (aglomerantes, etc.); Este tipo de pavimento se puede considerar como una capa de rodadura de asfalto sobre las capas granulares, mortero asfáltico, etc.

a) Pavimento flexible en frío

En esta sección se localizan los procedimientos insustanciales tales como (bicapa, mortero asfáltico o lechada asfáltica, micro pavimentos en frío, macadam asfáltico y también las llamadas mantas de asfalto en frío). Tienen que cumplir estos materiales con ciertos requisitos, instaurados en el capítulo 4: pavimento asfáltico, de la normativa actualizada.

b) Pavimento flexible en caliente

Para los materiales de los agregados, pero en caliente, deben efectuarse con ciertas condiciones previamente instaurados en el capítulo 4 (pavimento asfáltico) de la normativa actualizada.

2.2.3.2. Pavimento semi – rígido

Según el manual de carreteras, en el capítulo 3.5 es una estructura compuesta por capas asfálticas con un espesor total bituminoso. Los materiales utilizados varían, también se utilizan los adoquines, estos tipos de materiales también deberán efectuarse bajo la norma instaurada en el capítulo 4 (pavimento de concreto hidráulico), de forma más precisa en la sección 438, del manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción, actualizada.

2.2.3.3. Pavimento rígido

Es una estructura compuesta por un manto de subbase tipo granulado, pero a la vez puede ser también de base granular estabilizada mayormente por distintos materiales como (cemento, asfalto o cal). Los materiales utilizados para una mezcla de concreto hidráulico previamente instaurados en el capítulo 4 (pavimento de concreto hidráulico), de forma más precisa localizado en la sección 438 del manual de carreteras, que esté actualizado hasta la fecha.

2.2.3.4. Diseño de pavimento flexible

Según el método AASHTO-93, para poder realizar el diseño del pavimento flexible se nos da una herramienta la cual es una ecuación con la cual obtenemos el número estructural (SN) cuyo valor además de ser el espesor total requerido del pavimento, es la de dar función del tránsito y la confiabilidad entre otros. Además de la ecuación para poder determinar este parámetro se utiliza otra herramienta la cual es un ábaco donde se ingresa el valor de la confiabilidad además de ya haber calculado otros valores como:

el tránsito, la desviación estándar y el índice de serviciabilidad, tras todo eso se obtiene el SN, el cual es un valor fundamental para poder determinar los espesores finales de las diferentes capas que conforman el pavimento.

El método AASHTO-93 para diseño de pavimentos flexibles emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(W) = ZR \cdot So + 9,36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{42-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \text{Log}(MR) - 8,07$$

Donde:

- W = Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño
- ZR = Desviación estándar normal
- So = Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural
- ΔPSI = Diferencia entre índice de servicio inicial y final
- MR = Módulo resiliente (en libras/pulgada²)
- SN: Número estructural

Según la normativa presente por el MTC, los parámetros como ZR, So, ΔPSI, se encuentran relacionados bajo el factor de serviciabilidad a criterio del proyectista; en cambio, el MR, se encuentra en relación al resultado del CBR. Todos estos factores, ya se encuentran estandarizados en la normativa para un cálculo más rápido.

Luego de resolver la ecuación, para obtener SN, se puede deducir los espesores de los componentes de la estructura del pavimento (carpeta asfáltica, base y sub – base), y se logra mediante la siguiente formula:

$$SN = a1 \cdot D1 + a2 \cdot m2 \cdot D2 + a3 \cdot m3 \cdot D3$$

Donde:

- a1, a2, a3 = Coeficiente estructural de la capa (1, carpeta asfáltica; 2, capa base; 3, capa sub – base)
- m2, m3 = Coeficiente de drenaje de la capa (2, capa base; 3, capa sub – base)
- D1, D2, D3 = Espesor de la capa (1, carpeta asfáltica; 2, capa base; 3, capa sub – base)

Dichos coeficientes, a_i y m_i , están ya estandarizados y normados, por lo que, a través del criterio del proyectista, se determinan sus valores, y mediante interacción se pueden lograr determinar varias posibles soluciones, el cual, mediante una evaluación estandarizado por la institución o empresa a cargo, se determina los espesores de diseño definitivos.

2.2.4. Diseño de drenaje pluvial

Según la normativa de hidrología, drenaje e hidráulica, capítulo 4, sección 4.2.4, se refiere al proceso de planificación y creación de sistemas para gestionar y controlar la filtración de aguas pluviales en áreas urbanas y rurales. Los propósitos principales del diseño del drenaje de aguas pluviales son prevenir inundaciones, minimizar la erosión del suelo, mantener la condición del agua y proteger la infraestructura y las propiedades cercanas.

2.2.5. Señalización

2.2.5.1. Señalización vertical

Según la normativa de dispositivos de señalización, capítulo 2, es un conjunto de elementos visuales colocados en la vía pública o en espacios privados para transmitir información y orientar a conductores y peatones. Estos letreros, generalmente de forma vertical, se utilizan para anunciar las normas de tránsito, advertir sobre peligros, brindar instrucciones y proporcionar otra información importante para una navegación segura y efectiva en carreteras, calles y otros espacios públicos.

La uniformidad en el diseño referente a ciertos aspectos ya sea forma, colores, etc. Es específicamente para que el mensaje sea captado de la forma más fácil posible por el usuario, ubicado siempre en el lateral derecho.

2.2.5.2. Señalización horizontal

Según la normativa de dispositivos de señalización, capítulo 2, se refiere a señales y líneas pintadas directamente en las carreteras o en otros espacios públicos para transmitir información, guiar a los peatones y mejorar la seguridad del tránsito. Estas marcas y líneas son esenciales para guiar a los conductores y peatones, delinear carriles, indicar zonas prohibidas, marcar los cruces de peatones y brindar señales visuales.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Análisis granulométrico

Según el manual de ensayos de materiales del MTC, indica que dicho ensayo, es aquel de necesidad general para cualquier tipo de proyecto que se quiera realizar, ya sea para el ámbito hidráulico, estructural o de carreteras, puesto que su finalidad principal es determinar el tipo de suelo que se está muestreando, como también comprender de que se encuentra conformado y deducir sus propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo; por otro lado, es requisito como aspecto inicial para realizar otros ensayos más específicos según la finalidad del proyecto. Este procedimiento se realizará con el correcto uso de una muestra seca, la cual pasa por una serie de tamices que comprenden entre las 3 pulgadas hasta tamices de 0.0074 mm.

2.3.2. Análisis de plasticidad

Según el manual de ensayos de materiales, es aquel ensayo que nos permite determinar las propiedades plásticas de la muestra de suelo estudiada, las cuales nos determina el límite plástico y líquido del material trabajado; esto a su vez nos sirve para evidenciar la presencia de arcilla en el material como para la correcta clasificación de suelos en el sistema de clasificación ASSTO, tal como lo refiere el manual de ensayos de materiales del MTC. La fórmula para poder determinar el límite plástico es:

$$LP = (W/PS) * 100$$

2.3.3. Nivel de rasante

Según el manual de especificaciones técnicas del MTC, es aquel nivel topográfico que sirve de referencia para determinar el inicio de las capas estructurales del pavimento, de esta manera se puede obtener las medidas exactas en el replanteo de cotas de terreno en la ejecución del proyecto constructivo, como también nos ayuda a determinar las áreas y volúmenes de corte y relleno que se ejecutaran ya sea a nivel de perfil longitudinal o de sección transversal; todo ello mencionado en el manual de especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC.

2.3.4. CBR

Según el manual de diseño geométrico del MTC, tras haber catalogado los suelos o terrenos mediante el sistema AASHTO y SUCS, para caminos considerados en el presente manual, se tendrá que efectuar un perfil de estratos para cada zona ya sea homogénea o cualquier zona de estudio y a partir de eso se podrá determinar el programa de ensayos para poder determinar el CBR (es la máxima resistencia del terreno), teniendo como referencia al 95% de la MDS (máxima densidad seca) y una perforación de carga de 2.54 mm.

Este método de ensayo se usa mayormente para poder evaluar la resistencia máxima de subrasante, subbase y el material de base, también se podría incluir materiales reciclables en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje.

2.3.5. Perfil estratigráfico

Según el manual de diseño geométrico del MTC, el perfil estratigráfico se puede obtener a través de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio, obteniendo una descripción formal de qué tipo de suelo se encontraron en las calicatas o pozos, después de realizar el perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo, se podrá intuir que tipo de suelos controlarán el diseño.

2.3.6. Sectorización

Según el manual de diseño geométrico del MTC, para poder realizar el diseño estructural del pavimento se tendrán que definir ciertos sectores homogéneos, a través del largo de ellos poder revisar el tipo de material del suelo o de la capa de la sub rasante para poder identificarlo como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base de las características físico-mecánicas del terreno. Para poder identificar que los sectores de características homogéneas se necesitará realizar ciertos ensayos primero como una estrategia para efectuar correctamente un programa exploratorio.

2.3.7. Bases tratadas

Según el manual de diseño geométrico del MTC, son bases granulares a las cuales se les ha adicionado, asfalto, cal o cemento, para darles un mayor soporte en la parte estructural y poder bajar el nivel de espesor del pavimento.

2.3.8. Suelos estabilizados

Según el manual de diseño geométrico del MTC, son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario agregarles aditivos como cal, cemento, etc.

2.3.9. Calzada

Según el manual de diseño geométrico del MTC, es una franja que está de manera superficial, destinada a la circulación de los vehículos.

2.3.10. Trocha o carril

Según el manual de diseño geométrico del MTC, es una faja de la calzada que tiene de fin la circulación, pero esta vez de un sentido, de una única fila de vehículos y esto vendría a ser igual a la suma de los anchos de las trochas la cual la componen.

2.4. Hipótesis

El mejoramiento planteado, podría solucionar el problema referido al servicio de transitabilidad de las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia, cumpliendo con las demandas de la zona de estudio y las normas como también los requerimientos establecidos por el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), y las que figuran en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.4.1. Cuadro de operalización de variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Servicio de transitabilidad vial	El servicio de transitabilidad, es aquel conjunto de componentes como la configuración estructural de pavimento, radios de giro y maniobra, señalización, entre otros, que permite el correcto y eficiente recorrido de un punto a otro, otorgando comodidad y seguridad a los usuarios. (Mamani R. y Nina R., 2021).	Se propondrá una propuesta al mejoramiento del servicio de transitabilidad vial, considerando la normatividad vigente dada por el MTC, siendo estas acorde al diseño geométrico, diseño estructural vial, diseño de drenaje y señalización.	<i>Toma de datos en campo y estudios básicos</i>	Levantamiento topográfico	Nominal
				Estudio de tráfico vehicular	nominal y ordinal
				Estudio de mecánica de suelos	Ordinal e intervalo
			<i>Diseño geométrico y configuración estructural</i>	Alineamiento	Nominal
				Vista longitudinal	Nominal
				Sección transversal	Nominal
<i>Señalización vertical y horizontal</i>	Dimensionamiento de capas del pavimento	nominal			
	Elección y ubicación de señalización vertical y horizontal	Nominal			

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

Aplicada.

3.1.2. De acuerdo a técnica de contrastación

Descriptiva.

3.2. Población y muestra del estudio

3.2.1. Población

Provincia de Piura – Piura.

3.2.2. Muestra

Urbanizaciones Los Cedros, Los abogados y Nueva Providencia.

3.3. Diseño de investigación

Se utilizó el diseño de investigación no experimental transeccional o transversal. De tipo descriptivo comenzando del estudio que se realizó para decretar los distintos requerimientos necesarios realizar el diseño geométrico y estructural de las vías comprendidas en la zona de estudio; como también se desarrollará bajo ese mismo enfoque para el diseño de drenaje pluvial y el aspecto de señalización que comprende el proyecto.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Objetivo	Técnicas	Instrumentos
OE1: Realizar toma de datos en campo y estudios básicos necesarios para realizar un diseño que mejore el servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.	Visitas en campo Encuestas Entrevistas Análisis documental	Cuestionarios Fichas técnicas Equipo GPS Celular Laptop
OE2: Plantear el diseño geométrico y la configuración estructural del pavimento flexible en el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.	Análisis documental Uso de software para análisis de datos y diseño	Fichas técnicas Laptop

OE3: Sugerir la señalización vertical y horizontal en el mejoramiento del servicio de transitabilidad vial en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia; de la provincia de Piura – Piura.	Análisis documentario	Fichas técnicas
	Uso de software para análisis de datos y diseño	Laptop

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento y análisis de datos

El encausamiento de los datos recogidos en campo, es mediante métodos de observación, sondeos, entrevistas y revisión de documentación, con sus respectivos instrumentos (formularios, cuestionarios y fichas técnicas). Estas técnicas se utilizaron para el desarrollo del acopio de datos en campo. Como primera acción para poder realizar la investigación se debe realizar una vista en campo en la zona involucrada de la tesis, este caso en las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados y Nueva Providencia, con el fin de observar el escenario actual, y gracias a ello plantear las soluciones a los problemas que se hayan encontrado; luego de ello, se realizará trabajos en campo, comenzando con una encuesta realizada a los pobladores, con el fin de verificar y corroborar las inconformidades que presentan en relación con el tema del proyecto, seguido a ello, se hará los estudios básicos que dicta la norma como necesarios para obtener el diseño vial, los cuales son el estudio de tráfico y el estudio de mecánica de suelos, principalmente. El estudio de tráfico, se realiza para el conteo de tráfico vehicular en un punto de control durante las 24 horas del día, en los 7 días de la semana, como también se pueden obtener datos adicionales como la velocidad de manejo en un tramo o dirección hacia dónde van los usuarios. Por otro lado, el estudio de mecánica de suelos, primeramente, se deberá tomar muestras de suelo, de distintos puntos en la zona involucrada, y de esta manera realizar en laboratorio los ensayos demandados por el manual de ensayos de materiales por MTC, como son el ensayo granulométrico, ensayo de límites de Atterberg, ensayo de humedad, ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR. Al finalizar los estudios, se obtendrán todos los datos necesarios para que,

por medio de lo indicado en las normas proporcionadas por el MTC, se podrá realizar el diseño geométrico, diseño estructural del pavimento, diseño de drenaje y señalización de las vías comprendidas en el área de estudio.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Toma de datos en campo y estudios básicos

4.1.1. Visita de campo y realización de entrevistas

4.1.1.1. Observación propia de realidad situacional de la zona

La visita en campo se realizó con la finalidad de realizar fotografías a la zona del proyecto y ver la situación en el que se encuentra las urbanizaciones contempladas en la tesis, a lo que podríamos apreciar lo siguiente:

Primeramente, que las urbanizaciones Los Cedros y Los abogados, presentan las calles correctamente delimitadas y ya poseen las veredas construidas, en cambio en la urbanización de Nueva Esperanza, no cuentan con calles definidas, sino que al ser una zona que empezó como “invasión”, las rutas de tránsito vehicular, las han generado de forma empírica y algunas no cuentan ni con el mínimo permitido como ancho de calzada.

El área contemplada en el proyecto presenta varios puntos de empozamiento de agua, lo que en temporadas de lluvia afecta a los residentes de la zona en comodidad y salud; como también carecen de señales de tránsito para mejorar la seguridad vial en la zona, a pesar de que hay presencia de tiendas, restaurantes y colegios donde se percibe una afluencia de peatones considerable, en determinadas horas del día.

Y otra circunstancia vista en campo, es que en las urbanizaciones Los Cedros y Los Abogados, presentan en la zona de berma, áreas verdes con árboles frutales y/o ornamentales; en cambio, en la urbanización Nueva Esperanza, no cuenta con áreas verdes definidas, pero si han respetado las plantaciones de árboles longevos que se encuentran en la zona.

4.1.1.2. Entrevista a los integrantes de las juntas vecinales de las urbanizaciones contempladas

Es de considerar que las entrevistas que se realizaron, no se han hecho de forma técnica o formal, sino, que de forma de conversación con cada uno de los involucrados se ha ido recabando la información necesaria y pertinente a considerar en el planteamiento del diseño de las vías y comprender de mejor manera la realidad de la zona con respecto al problema del servicio de transitabilidad.

Las conversaciones, a pesar de que no fueron técnicas, se plantearon preguntas previamente a estas, con la finalidad de llevar un orden y que las conversaciones durante su desarrollo nos permitan responder dichas preguntas y de esa forma ser más aprovechable la información recabada.

Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

- a) ¿Qué consideraciones da a tomar en cuenta para el proyecto de mejoramiento de la transitabilidad vial?
- b) ¿Ha sufrido usted por las intensas lluvias generadas por el fenómeno del niño?, ¿Cómo cree que esa situación ha repercutido en la transitabilidad vial y peatonal de la zona?
- c) ¿Qué piensa al respecto de la posibilidad de que el proyecto de mejoramiento de la transitabilidad vial, repercuta en las áreas verdes presentes actualmente en su zona?, ¿Se es posible un reacomodo o delimitación de estas?
- d) En el caso de Nueva Providencia, ¿Usted ha contemplado que, en su zona, hay ciertas calles que no se encuentran con el ancho mínimo permitido, tiene alguna comentario o recomendación a tomar en cuenta para el diseño de las vías en su zona, con respecto a esta observación?

Los elegidos para realizar las entrevistas, serán miembros de las juntas vecinales de las zonas involucradas, entre presidentes y secretarios, ya que ellos recogen las opiniones y molestias de sus vecinos, dichos entrevistados son:

- a) Karina Ubillus (secretaria – Urb. Los Abogados)
- b) Carlo Gutiérrez (presidente – Urb. Los Abogados)
- c) Gerardo Gómez (presidente – Urb. Los Cedros)

d) Francisco Neyra (presidente – Urb. Nueva Providencia)

Los encuestados nos dieron las siguientes respuestas:

- a) Con respecto a la primera pregunta, los miembros nos mencionaron un mismo interés, que era darle prioridad a la seguridad del peatón y delimitar bien los espacios para evitar malos usos en cada uno de estos (calzadas, espacios de estacionamiento, áreas verdes y veredas). Por otro lado, los miembros de la JU.VE.CO. de las urbanizaciones Los Abogados y Nueva Providencia, mencionan que se debe considerar pendientes u otra forma efectiva, para evitar el empozamiento de agua pluvial en las calles, ya que, en época de lluvias, adolecen de ese problema.
- b) Con relación a la segunda pregunta, todos los encuestados, indican que, en sus respectivas zonas, hay problemas de empozamientos de agua, donde esto genera incomodidad para los residentes, peatones y conductores que transitan por sus calles, por la dificultad que se tiene al circular, ya sea caminando o en un vehículo. Indican que este problema principalmente se ve reflejado en las intercepciones de la avenida A con calle 3 y calle F, en la calle 1 con calle 3, calle 4 y calle 5, y calle H con calle I; siendo los más preocupantes los que se involucran la avenida A y calle 3, puesto que son consideradas como calles principales, ya que sirven de conexión a las demás calles de las zonas involucradas, en especial el cruce entre la avenida A y calle 3, porque tal como lo menciona la Sra. Karina Ubillus, “ese punto se llega empozar tanto el agua, que parece una piscina y así está en todo el periodo de lluvias, estando empozada el agua por semanas y generando malestares y proliferación de insectos y animales que pueden transmitir enfermedades”.
- c) Acerca de la tercera pregunta, los encuestados piden que se trate de respetar las áreas verdes presentes, todo lo posible, puesto que varios árboles presentes en la zona son de edad muy longeva y sirven de hogar de pájaros, lechuzas, murciélagos, ardillas, etc.; adicionalmente, el Sr. Gerardo Gómez, nos solicita que cuidemos de las áreas verdes, cuidadas y hechas, por sus vecinos, para mantener el “confort” que se ha ganado, gracias a estas, puesto que

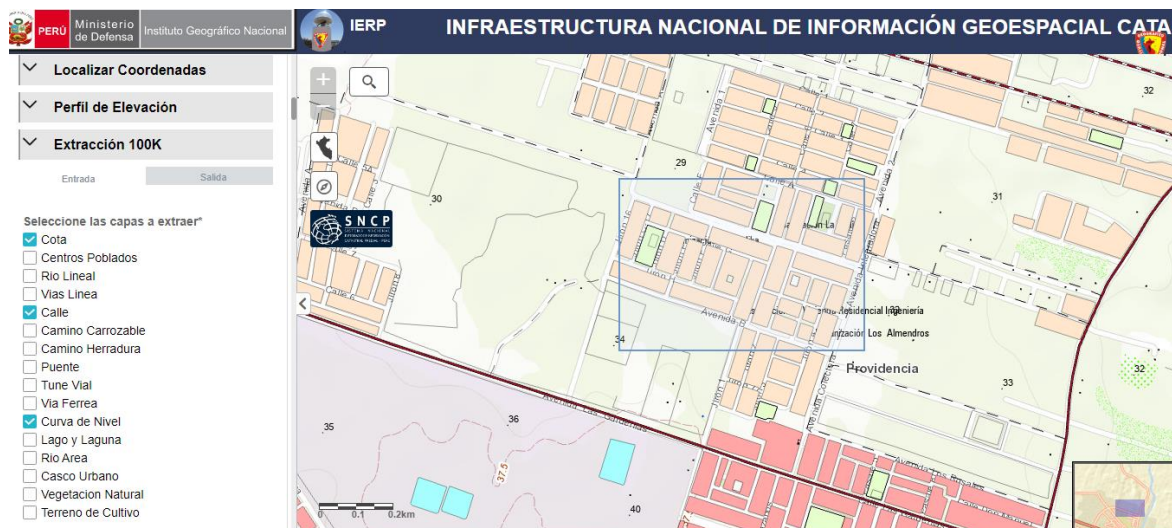
al ser una zona muy árida y seca suele hacer mucho calor cuando se transita por la zona.

d) Finalmente, con respecto a la última pregunta, el Sr. Francisco Neyra, indica que se priorice el tránsito peatonal, en lo posible, ya que es consciente que no se ha provisto de veredas en su sector, por otro lado, menciona que es consciente que en algunos tramos de calles puede llegar a resultar que no haya espacio suficiente para la habilitación de dos calzadas, como normalmente se realiza, así que pide, que al menos se prevea de una, para que sus vecinos puedan ingresar y salir de sus viviendas.

4.1.2. Levantamiento topográfico

Por la practicidad a la realización del proyecto, se ha utilizado la data topográfica, que se encuentra de forma pública, otorgada en la página del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Defensa, que se permite extraer la información mediante archivo de formato “shp.”, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 2: Captura de interfaz del ministerio de defensa



Fuente: Instituto Geográfico Nacional – Ministerio de Defensa

De esta forma, obtenemos datos oficiales de la topografía en la que se encuentra el proyecto y por medio del programa Global Mapper, se puede realizar la conversión de “shp.” a “DWG”, que es el formato que es usado por el programa Civil 3D, el cual se usará para el modelado de las pistas y veredas; el plano topográfico obtenido, se podrá visualizar en la sección de anexos de este informe.

4.1.3. Estudio de mecánica de suelos

4.1.3.1. Toma de datos en campo

Por la practicidad y recabar un conjunto representativo de muestras de suelo, se ha decidido realizar cuatro calicatas, donde serán distribuidas de la siguiente forma: dos en la urbanización Nueva Providencia, siendo la zona con mayor extensión dentro del proyecto, y una calicata en cada una de las urbanizaciones Los Cedros y Los Abogados. Estas 4 calicatas, contarán con una sección de 0.80 x 0.80 m, y una profundidad de 1.50 m; dando así las siguientes observaciones:

a) Calicata C-01 (ubicada en la Urb. Los Cedros)

Dentro de los primeros 25 cm. de excavación, se encuentra material de afirmado contaminado; no obstante, pasada esa primera capa, hasta el culmino de la excavación, se visualiza un suelo arenoso de color beige claro, poco compacto y con baja humedad; y hasta ese punto no se visualiza ninguna presencia de capa freática.

Ilustración 3: Realización de la calicata 1 (Urb. Los Cedros)



Fuente: Toma fotográfica realizada en campo (propia)

b) Calicata C-02 (ubicada en la Urb. Los Abogados)

Durante la excavación, los primeros 25 cm. de profundidad, se encuentra material afirmado contaminado; caso contrario, al ir excavando a mayor profundidad, se encuentra arena fina de color beige con baja humedad; y hasta el punto más bajo de excavación (1.50 m) no se encuentra inicios de capa freática.

Ilustración 4: Realización de calicata 2 (Urb. Los Abogados)



Fuente: Toma fotográfica realizada en campo (propia)

c) Calicata C-03 (ubicada en la Urb. Nueva Providencia)

Al igual que las anteriores calicatas mencionadas, los primeros 25 cm. excavados, se encuentra un suelo constituido por material afirmado contaminado; y luego hasta 1.50 m. de profundidad, se visualiza un suelo arenoso de color beige con baja humedad. A la profundidad que se llegó excavar, no se vio presencia de capa freática.

Ilustración 5: Realización de calicata 3 (Urb. Nueva Providencia)



Fuente: Toma fotográfica realizada en campo (propia)

d) Calicata C-04 (ubicada en la urb. Nueva Providencia)

En este caso, en los primeros 25 cm. excavados se observa material de relleno mal graduado y contaminado; y pasando esa primera capa, se llega a apreciar un suelo arenoso de color beige con poca humedad, tal como se aprecia en las anteriores calicatas. Al final de la excavación, no se aprecia inicios de capa freática.

Ilustración 6: Realización de calicata 6 (Urb. Nueva Providencia)



Fuente: Toma fotográfica realizada en campo (propia)

4.1.3.2. Análisis granulométrico

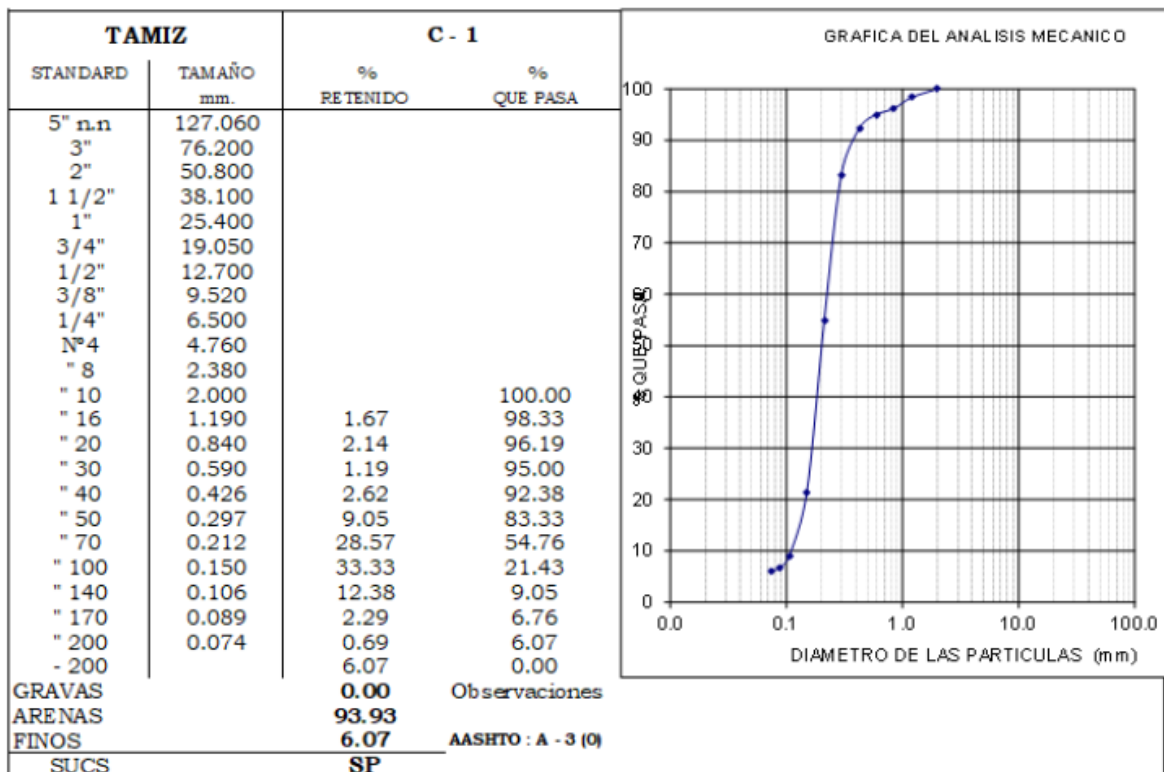
Según lo mencionado por la norma técnica peruana (NTP) 339.128 – “Análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos”, define como su objetivo en determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de los suelos.

Al realizarse el proceso de ensayo por tamizado en las 4 muestras representativas de cada una de las calicatas obtenidas en campo, se llegan a los siguientes resultados:

a) Calicata C-1

Como se llega a visualizar en la presentación de resultados, los mayores porcentajes de retención se encuentran en los tamices N° 70 (0.212 mm) y N° 100 (0.150 mm), con 28.57% y 33.33% respectivamente, siendo esto mayor al 50% de la muestra; como también se muestra que solo el 6.07% logró pasar por el tamiz N°200, dando como un resultado de 93.93% de arenas y un 6.07% de finos, clasificándolo según SUCS como SP (arena pobremente graduada) y en AASHTO como A-3(0).

Ilustración 7: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-1)

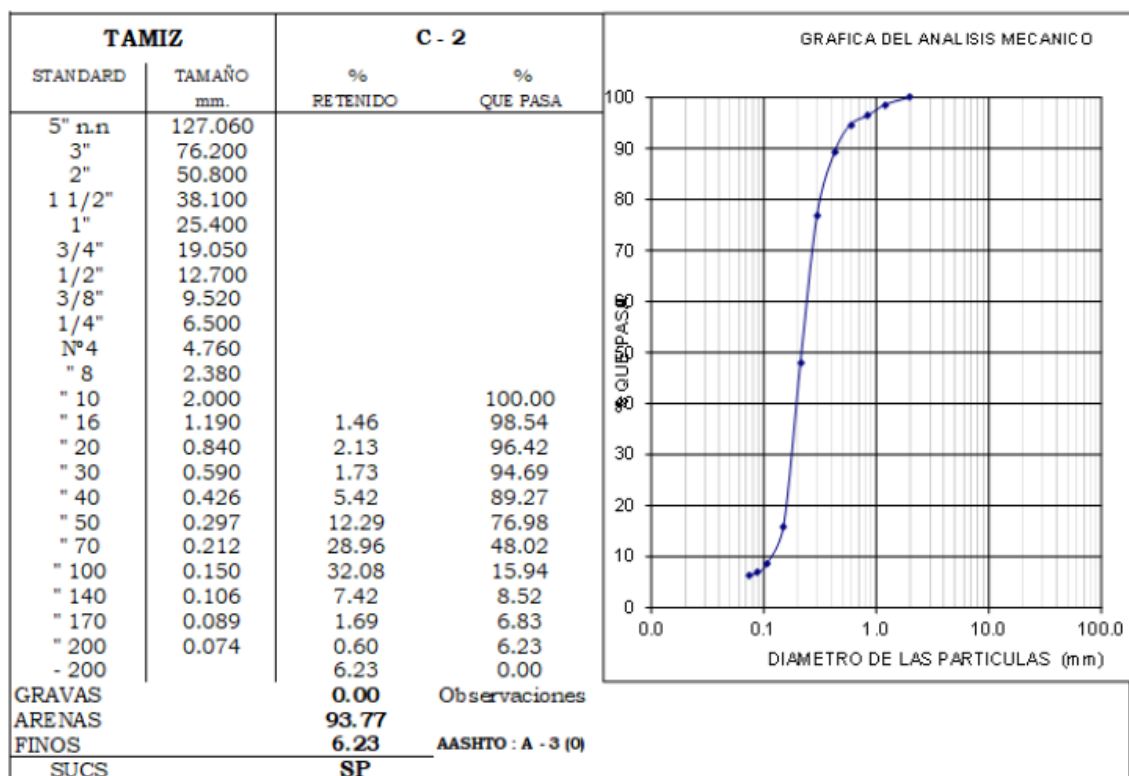


Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

b) Calicata C-2

Según el procesamiento de datos, se visualiza que los tamices con mayor porcentaje de retención son los N° 70 (0.212 mm) y N° 100 (0.150 mm) con 28.96% y 32.08% respectivamente, siendo entre ellos mayor que el 50%; y solamente 6.23% del total de la muestra ha logrado pasar por la malla N° 200, dando de esta manera como resultado 93.77% de arenas y 6.23% en finos, clasificándolo como SP (arena pobremente graduada) según SUCS y en AASHTO como A-3(0).

Ilustración 8: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-2)

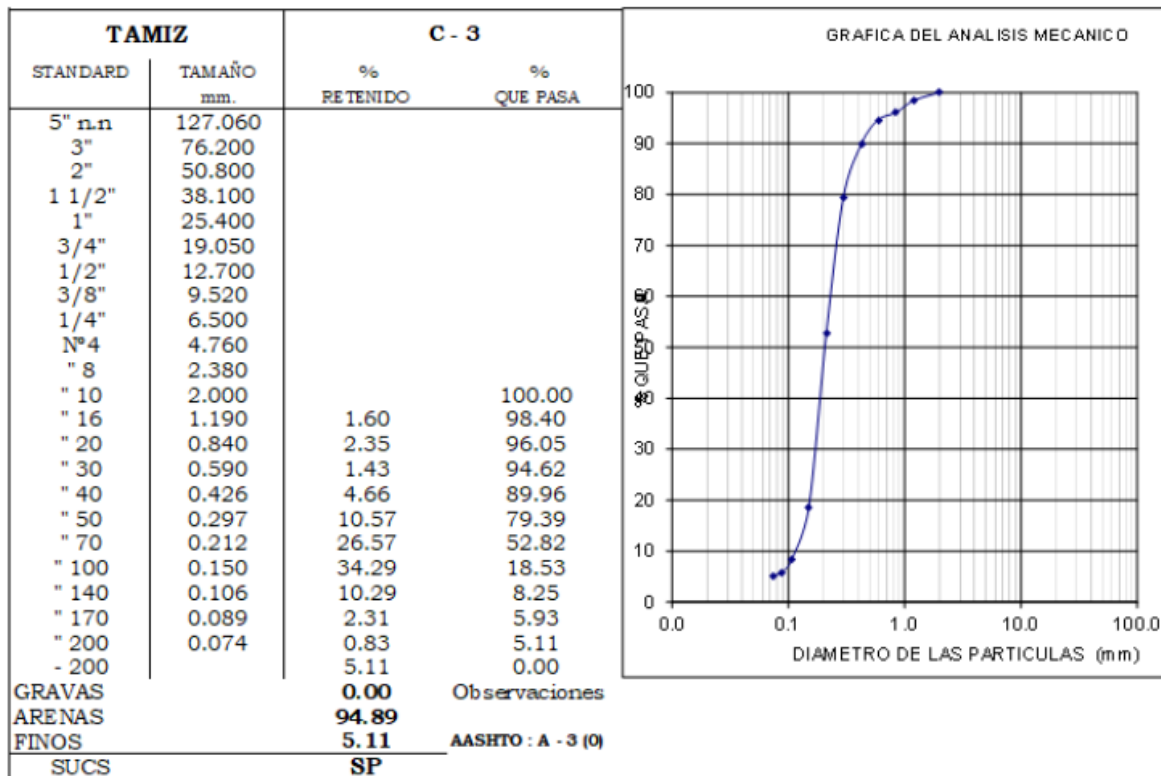


Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

c) Calicata C-3

Revisando el cuadro de procesamiento de datos del ensayo, muestra que los tamices N° 70 (0.212 mm) y N° 100 (0.150 mm), son los con mayor porcentaje retenido, con 26.57% y 34.29%, siendo que entre ellos sea mayor del 50% de la muestra; además, se observa que solo 5.11% ha logrado pasar por el tamiz N° 200, dejando así una composición de 94.89% en arenas y 5.11% de finos; clasificando a la muestra según SUCS como SP (arena pobremente graduada) y en AASHTO como A-3(0).

Ilustración 9: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-3)

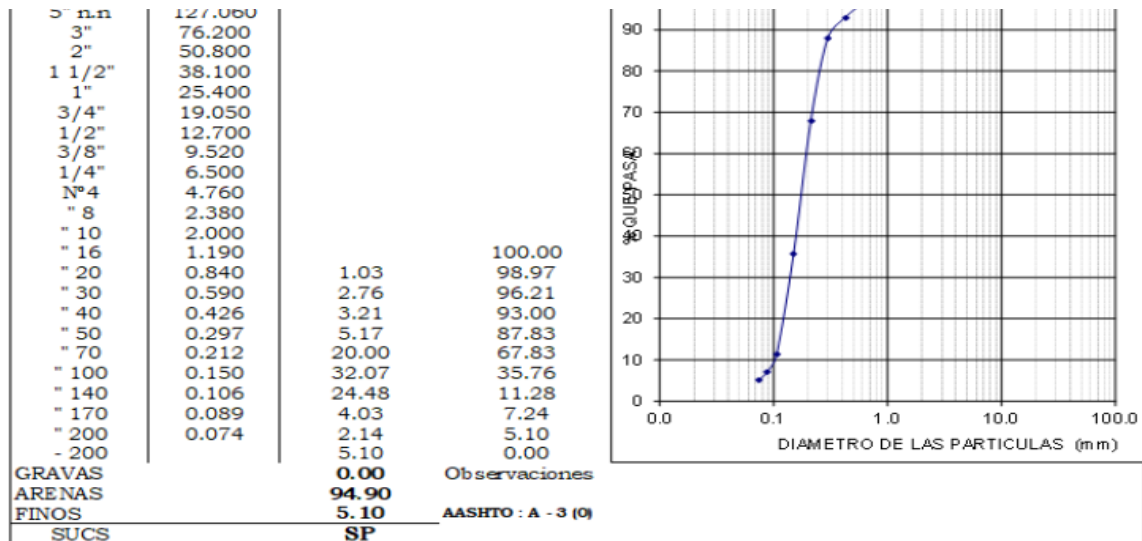


Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

d) Calicata C-4

Observando el procesamiento de los datos, se aprecia que los tamices con mayor porcentaje de retención son N° 70 (0.212 mm), N° 100 (0.150 mm) y N° 140 (0.106 mm), con 20%, 32.07% y 24.48% respectivamente; adicionalmente se observa que solo el 5.10% de la muestra logra pasar por la malla N° 200, dejando la composición de la muestra como en 94.90% de arenas y 5.10% en finos; clasificándolo según SUCS como SP (arena pobremente graduada) y en AASHTO como A-3(0).

Ilustración 10: Procesamiento de datos de ensayo granulométrico (C-4)



Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

4.1.3.3. Límite líquido y plástico

Según la norma técnica peruana (NTP) 339.129 – “Análisis de límites de Atterberg”, define lo siguiente:

a) Límite líquido (LL)

Es el contenido de humedad, en el cual el suelo se encontraría entre los estados líquido y plástico, el cual dicho contenido se expresa en porcentaje.

b) Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad, en el cual el suelo se encuentra entre los estados plástico y semisólido, el cual dicho contenido se expresa en porcentaje.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente en el ensayo de granulometría, el cual el suelo de las 4 calicatas es arenas pobremente graduadas (SP), y en base a su índice de plasticidad (IP), se han clasificado como no plásticas, tal como se muestra en la siguiente tabla, otorgada por el estudio de suelos:

Ilustración 11: Resultados obtenidos de los ensayos de límite líquido y límite plástico

CALICATA / MUESTRA	C-1	C-2	C-3	C-4
% Límite Líquido	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
% límite plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
% Índice de Plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

4.1.3.4. Contenido de humedad natural

De acuerdo a los ensayos realizados, se ha podido establecer los rangos de humedad natural, para las muestras de las calicatas, cuya clasificación es de arena pobremente graduada (SP), y estos valores oscilan entre 3.20% y 3.58%

4.1.3.5. Densidad máxima y humedad óptima

Estas propiedades del suelo, de las 4 calicatas, se han llegado a obtener dentro del desarrollo del ensayo “Compactación por Proctor modificado”, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla otorgada por el estudio de mecánica de suelos:

Ilustración 12: Resultados obtenidos en el ensayo de compactación por proctor modificado

RELACION DENSIDAD HUMEDAD (ASTM D1557) PROCTOR MODIFICADO		
MUESTRA	DENSIDAD MÁXIMA	HUMEDAD ÓPTIMA
C-1	1.690 gr/cm ³	11.20 %
C-2	1.690 gr/cm ³	9.56 %
C-3	1.650 gr/cm ³	11.42 %
C-4	1.660 gr/cm ³	11.38 %

Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

4.1.3.6. Resistencia por método California Bearing Ratio (CBR)

Según la norma técnica peruana (NTP) 339.145 – “Método de ensayo CBR de suelos compactados en el laboratorio”; indica que el ensayo tiene como finalidad evaluar principalmente la resistencia de materiales cohesivos, de tamaño máximo de particular menores a 19.0 mm (3/4”), sin embargo, dicho método no se limita a este requerimiento mencionado.

En este caso, para el proyecto se realizó para cada muestra de calicata 2 pruebas, de 1” y 2” de CBR, impartiendo bajo 3 moldes dispuestos a 12, 25 y 56 golpes cada uno, y en los 3 casos mencionados, armados en 5 capas con una humedad de 7%, adicionalmente se debe saber que cada molde contaba con un volumen de 1950.30 cm³. Los resultados de este ensayo se mostrarán en la siguiente tabla otorgada por el estudio de mecánica de suelos:

Ilustración 13: Resultados obtenidos en el ensayo de CBR

Tipo de Suelo	Calicata		Nº de golpes		
			12	25	56
SP	C - 01	01”	6.14	9.85	14.21
		02”	8.43	11.95	17.19
SP	C - 02	01”	6.18	9.92	14.55
		02”	8.50	12.11	17.87
SP	C - 03	01”	6.05	9.11	13.96
		02”	8.39	11.40	16.88
SP	C - 04	01”	6.24	9.96	14.60
		02”	8.61	12.45	17.93

Fuente: Elaborada en el estudio de mecánica de suelos - laboratorio

No obstante, para poder realizar el diseño de las capas que componen al pavimento (base y subbase), se necesita obtener el CBR de diseño, el cual se obtiene realizando un cálculo adicional, basándose en los siguientes resultados mostrados anteriormente, siguiendo los siguientes pasos:

- i. Se obtiene un CBR promedio entre CBR a 1" y 2" por cada muestra, y cada calicata analizada.
- ii. Por medio del análisis de tendencia generada por los datos "Densidad seca del molde Vs. CBR promedio", se obtiene el CBR al 100%, y de este se obtiene el CBR al 95%, el cual se considera como CBR de diseño.
- iii. Si son varias calicatas analizándose en el ensayo, se obtiene el CBR de diseño, por medio del promedio de los valores obtenidos con los CBR al 95% de cada calicata.

Dicho procedimiento y resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Procesamiento de resultados obtenidos por ensayo de CBR

Calicatas	N° de molde	CBR promedio	CBR al 100%	CBR al 95% considerado para diseño
C-01	12 golpes	7.29	13.90	8.76
	25 golpes	10.90		
	56 golpes	15.70		
C-02	12 golpes	7.34	14.27	8.85
	25 golpes	11.02		
	56 golpes	16.21		
C-03	12 golpes	7.22	13.52	8.48
	25 golpes	10.26		
	56 golpes	15.42		
C-04	12 golpes	7.43	14.37	8.97
	25 golpes	11.21		
	56 golpes	16.27		
Promedio de CBR al 95% (CBR de diseño)				8.76

Fuente: *Elaboración propia*

Concluyendo, luego de finalizar dicho cálculo, el CBR de diseño que se usará para el proyecto será de 8.76; adicionalmente según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, menciona que, para un suelo de estos valores, no será necesario la mejora total o parcial de la subrasante, clasificándola como subrasante regular, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 14: Categorización de suelo para sub rasante

Cuadro 4.11
Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

4.1.4. Estudio de Tráfico

4.1.4.1. Datos iniciales para realizar conteo vehicular

Primero para poder realizar un correcto estudio vehicular, se debe identificar los puntos principales de ingreso a la zona afectada por el proyecto; que, en nuestro caso, al realizar la visita en campo, se ha podido identificar 3 principales accesos, los cuales los hemos señalado como punto A, punto B y punto C; cuyas características de cada uno se mostraran en las siguientes tablas:

Ilustración 15: Vista satelital de ubicación de los lugares de conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Datos generales de los puntos de conteo vehicular

Datos generales					
Denominación de puntos	Coordenadas de localización		Sentido de evaluación	Fechas de realización	
	Este	Norte		Inicio	Culminó
<i>Punto A</i>	540556.00 m E	9429079.00 m S	Entrada y Salida	04/09/2023	10/09/2023
<i>Punto B</i>	540858.00 m E	9429218.00 m S	Entrada y Salida	04/09/2023	10/09/2023
<i>Punto C</i>	540816.00 m E	9429090.00 m S	Entrada y Salida	11/09/2023	17/09/2023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Criterios de consideración para elección de puntos de conteo vehicular

Comentarios de estudio	
<i>Punto A</i>	Es el ingreso a la zona de estudio, con mayor incidencia de vehículos, ya que es única que permite el paso directo o más cercano hacia la urbanización Los Abogados, Los Cedros y Nueva providencia, sectores afectados directamente del proyecto; como también se presenta como vía más concurrida para el ingreso de las urbanizaciones aledañas a los sectores afectados por el proyecto.
<i>Punto B</i>	Se provee, que al ser pavimentado la Av. A permitirá el paso vehicular de toda la zona involucrada por los sectores de: Urb. Lourdes, Urb. Los Cedros, Urb. Los Abogados, Nueva Providencia, entre otros; convirtiéndose así en la vía con mayor tránsito de la zona afectada por el proyecto.
<i>Punto C</i>	Se estima que, al ser pavimentado, sea una de las calles más empleadas para el ingreso y egreso de las zonas afectadas por el proyecto, puesto es que pase directo para el sector Nueva Providencia y la Calle 3, que este permite el pase a las urbanizaciones Los Cedros, Los Abogados, Lourdes, entre otros.

Fuente: Elaboración propia

c) Cantidad de años para el culmino de ejecución del proyecto (Cant. Ce)

Es la cantidad de años que transcurrirá desde el momento que se está realizando el estudio de tránsito hasta la culminación y apertura a uso de la obra.

d) Cantidad de años de vida útil del proyecto (Cant. Vu)

La duración en años, que se espera que tendrá el pavimento, bajo la condición de buen estado para uso, partiendo desde el momento que se apertura su uso.

De esta manera se definen los valores de los factores antes mencionados de la siguiente manera:

- a) Factor de corrección de vehículos ligeros: 1.002
- b) Factor de corrección de vehículos pesados: 0.995
- c) Tasa de crecimiento de vehículos ligeros: 2.377%
- d) Tasa de crecimiento de vehículos pesados: 2.365%
- e) Cantidad de años para el culmino de ejecución del proyecto: 5
- f) Cantidad de años de vida útil del proyecto: 20

Luego, se procede a obtener el IMDs (índice medio semanal), que es el total de vehículos, por categoría, que han pasado por los 7 días, es decir se suman todas las cantidades diarias, y a este resultado se le divide entre 7. Después de ello, se puede obtener el IMDa (índice medio anual), y esto se hace mediante un reajuste al año futuro que se proyecta que culminará la obra de ejecutarse, dichos cálculos se realizan mediante las siguientes formulas, las cuales serán aplicadas para cada categoría de vehículo.

- a) $IMDa(vl) = IMDs \times [Fc(vl)]$
- b) $IMDa(vp) = IMDs \times [Fc(vp)]$
- c) $IMDa(vl) \text{ a futuro termino de obra} = IMDa(vl) \times [Tc(vl)]^{(Cant. Ce) - 1}$
- d) $IMDa(vp) \text{ a futuro termino de obra} = IMDa(vp) \times [Tc(vp)]^{(Cant. Ce) - 1}$

Obteniendo estos resultados, se suman las cantidades de cada una de las categorías de vehículos, dando como resultado el IMDa total, tomando en cuenta que si son varios puntos de recojo de datos, como en el caso de este proyecto, el proceso se realiza en cada uno de estos, y se considerará

el mayor resultado o caso más desfavorable, como resultado a tener en cuenta para los siguientes cálculos, como la obtención de la ESAL.

En este proyecto, como ya mencionado anteriormente, se ha realizado el estudio en 3 puntos de observación, lo cual su procesamiento de datos se ve reflejado en las tablas adjuntadas en el apartado de anexos, no obstante, se presenta previamente la siguiente tabla, que muestra los resultados IMDa finales de cada punto de observación:

Tabla 6: Resultados obtenidos por conteo vehicular

Puntos de observación	IMDa Total
Punto A	3842
Punto B	226
Punto C	70

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.3. Observaciones adicionales al conteo vehicular

Según las tablas de conteo vehicular, que se llegan a visualizar en el apartado de anexos, se puede concluir con lo siguiente:

- a) Los automóviles, son el tipo de vehículo que más transitan por la zona, seguido de las pickups, tal como se muestra en los cuadros de conteo vehicular insertados en la sección de anexos.
- b) En lo que respecta a vehículos pesados que transcurren por la zona del estudio, el de mayor presencia son los tipos camiones de 2 ejes (2E).
- c) “Las horas punta” de los vehículos ligeros, en lo que se observa de lunes a viernes, por las horas de la mañana, entre las 7:00 y 12:00 p.m. se presenta un movimiento vehicular considerable por la zona, aunque ya se puede apreciar un inicio de este desde las 5:00 a.m. normalmente; y en lo que respecta a las horas de la tarde – noche, se aprecia un mayor tránsito entre las 3:00 y 6:00 p.m. y desde las 9:00 p.m. hasta las 11:00 p.m.; tal como se puede apreciar en el análisis horario de tráfico, insertado en el apartado de anexos.
- d) Las horas más transitadas con respecto a los fines de semana, para los vehículos ligeros, sería normalmente por la madrugada entre las 0:00 a.m. y 3:00 a.m.; y en el caso de las horas de la mañana, en lo que concierne al día sábado, se visualiza movimiento desde las 5:00

a.m., pero siendo considerado como “horas punta”, sería desde las 9:00 a.m. hasta 11:00 a.m.; y en el caso de los días domingo, sus “horas punta” serían desde las 6:00 a.m. hasta las 8:00 a.m.

- e) De referirse a los vehículos pesados, las “horas punta” entre los días lunes a viernes, durante la mañana, sería entre las 6:00 a.m. a 12:00 p.m.; y por las tardes, de 3:00 p.m. a 6:00 p.m.
- f) En el caso de días de fines de semana, de los vehículos pesados, solo los días sábados se puede registrar un movimiento considerable de estos entre las 8:00 a.m. a 10:00 a.m.

4.1.4.4. Cálculo de ESAL para pavimento flexible

Para el cálculo de la ESAL, primeramente, se debe obtener el total de “Ejes equivalentes” (EE), el cual este se obtiene multiplicando el IMDa de cada vehículo con un factor de ejes equivalentes, que va relacionado al tipo de vehículo, la configuración de ejes que posee y el peso de estos, dichos factores ya son otorgados por MTC, en su manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”; dicho calculo para nuestro proyecto, lo presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 7: Cálculo de ejes equivalentes

Tipo de Veh.	Tipo de eje		# llantas	Peso (tn)	Factor E.E.	Total E.E.	IMDa (proy.)	E.E. Acum.
Automóvil	D	Simple	2	7	1.265	2.531	3010	7618.149
	T	Simple	2	7	1.265			
Station Wagon	D	Simple	2	7	1.265	2.531	113	286.088
	T	Simple	2	7	1.265			
Pickup	D	Simple	2	7	1.265	2.531	459	1161.065
	T	Simple	2	7	1.265			
Panel	D	Simple	2	7	1.265	2.531	39	98.281
	T	Simple	2	7	1.265			
Combi	D	Simple	2	7	1.265	2.531	45	114.595
	T	Simple	2	7	1.265			
Micro	D	Simple	2	7	1.265	2.531	47	120.110
	T	Simple	2	7	1.265			
Bus 2E	D	Simple	2	7	1.265	4.504	0	0.000
	T	Simple	4	11	3.238			
Bus 3E	D	Simple	2	7	1.265	2.631	0	0.000
	T	Tandem	6	16	1.366			

Bus 4E	D	Simple	2	7	1.265	3.897	0	0.000
	M	Simple	2	7	1.265			
	T	Tandem	6	16	1.366			
Camión 2E	D	Simple	2	7	1.265	4.504	34	152.525
	T	Simple	4	11	3.238			
Camión 3E	D	Simple	2	7	1.265	3.285	37	122.516
	T	Tandem	8	18	2.019			
Camión 4E	D	Simple	2	7	1.265	2.774	12	33.763
	T	Tridem	10	23	1.508			
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	D	Simple	2	7	1.265	7.742	22	173.991
	M	Simple	4	11	3.238			
	T	Simple	4	11	3.238			
Semitrayler (T2S3)	D	Simple	2	7	1.265	6.210	13	79.469
	M	Simple	4	11	3.238			
	T	Tridem	12	25	1.706			
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	D	Simple	2	7	1.265	6.523	6	41.739
	M	Tandem	8	18	2.019			
	T	Simple	4	11	3.238			
Semitrayler (T3S3)	D	Simple	2	7	1.265	4.991	3	15.578
	M	Tandem	8	18	2.019			
	T	Tridem	12	25	1.706			
Tráiler (C2R2)	D	Simple	2	7	1.265	10.980	0	0.000
	M1	Simple	4	11	3.238			
	M2	Simple	4	11	3.238			
	T	Simple	4	11	3.238			
Tráiler (C2R3)	D	Simple	2	7	1.265	9.761	0	0.000
	M1	Simple	4	11	3.238			
	M2	Simple	4	11	3.238			
	T	Tandem	8	18	2.019			
Tráiler (C3R2)	D	Simple	2	7	1.265	9.761	0	0.000
	M1	Tandem	8	18	2.019			
	M2	Simple	4	11	3.238			
	T	Simple	4	11	3.238			
Tráiler (C3R3)	D	Simple	2	7	1.265	8.542	0	0.000
	M1	Tandem	8	18	2.019			
	M2	Simple	4	11	3.238			
	T	Tandem	8	18	2.019			
Total E.E. Acumulados							0	10017.868

Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener el valor total de ejes equivalentes (EE), se puede lograr calcular el valor de ESAL, siendo este el producto de ejes equivalentes y ciertos factores indicados a posterior:

- i. $F_{ca} = ((1 + [Tc(vp)])^{Cant. vu} - 1) / [Tc(vp)]$
siendo en este caso 25.201.
- ii. F_c y F_d ; son coeficientes otorgados por MTC, que dependen del número de calzadas, número de sentidos y número de carril - sentido; siendo para este caso sus valores 0.5 y 1, respectivamente.

Al haber determinado los factores su valor, y calcular el producto entre estas, da un valor de ESAL de 126227.83; teniendo estos valores se puede concluir adicionalmente según la clasificación de tipos de tráfico pesado expresado en EE., que se muestra en el manual "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del MTC, indica que, por el valor obtenido en ejes equivalentes, sería de tipo Tp0.

4.2. Diseño geométrico y configuración estructural

4.2.1. Configuración estructural de pavimento flexible

Para poder determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento (carpeta asfáltica, base y subbase), en primer lugar, se debe obtener el número estructural (SN) del pavimento, por medio de la

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{1094} + 2.32 \cdot \text{Log}M_R - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

siguiente formula:

Siendo cada uno de los términos, lo siguiente:

a) $\text{Log}(W_{18}) = \text{Log}(ESAL)$

Donde ESAL, se obtiene su valor en el estudio de tránsito.

b) Z_r , es el factor de desviación normal, la cual depende del nivel de confiabilidad (R), dado por el MTC, mostrado en los recuadros 17 y 18.

c) $M_r = 2555 \times (CBR)^{0.64}$

Donde CBR, el cual es el CBR de diseño, se obtiene en el estudio de mecánica de suelos.

- d) So, Desviación estándar combinada, el MTC en su manual de carreteras, “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, indica que el valor de este factor se recomienda en 0.45.
- e) Pi, Índice de serviciabilidad inicial, se encuentra relacionado al tipo de tráfico que se tiene, siguiendo al recuadro 19, para obtener su valor.
- f) Pt, Índice de serviciabilidad final, se encuentra relacionado al tipo de tráfico que se tiene, siendo su valor determinado por el recuadro 20.
- g) Δ PSI, es la diferencia de los índices de serviciabilidad hallados.

Ilustración 18: Coeficiente estático de la desviación estándar normal (Z_R)

Cuadro 12.9
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R)
Para dos etapas de diseño de 10 años cada una
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.878
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.994
	T _{P2}	300,001	500,000	-1.126
	T _{P3}	500,001	750,000	-1.227
	T _{P4}	750 001	1,000,000	-1.227
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.405
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.405
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.405
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.645
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.645
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.645
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.645
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.881
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.881
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.881
	T _{P15}	>30'000,000		-1.881

Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

Ilustración 17: Nivel de confiabilidad (R)

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

Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

Ilustración 19: Índice de serviciabilidad inicial (Pi)

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,00	150,000	3.80
	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}		>30'000,000	4.20

Fuente: Manual "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del MTC

Ilustración 20: Índice de serviciabilidad final (Pt)

Cuadro 12.11
Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	2.00
	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}		>30'000,000	3.00

Al determinar todos los valores de los factores necesarios para hallar el SN, se obtiene el siguiente proceso y resultado:

Tabla 8: Cálculo de número estructural (SN)

Factores	Valor de fact.
ESAL (W18)	126227.83
CBR de diseño (%)	8.76
Módulo de resiliencia (psi)	10250.239
Tipo de tráfico	Tp0
Número de etapas	1
Años de vida útil	20
Nivel de confiabilidad	65%
Cof. Desviación estándar normal	-0.385
Cof. Desviación estándar combinado	0.45
Índice de serviciabilidad inicial	3.8
Índice de serviciabilidad final	2
Diferencia de serviciabilidad	1.8
Cálculo de número estructural	
Log (ESAL)	5.101
<i>Verificación de ESAL</i>	5.100928
SN	1.86

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo el valor del número estructural (SN) del pavimento, con los factores requeridos, se puede determinar los espesores de las capas del pavimento, mediante la siguiente formula:

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

Donde:

- a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente
- d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente
- m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Fuente: Manual "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del MTC

Los coeficientes, obtendrán un valor ya establecido por el MTC, presentado en su manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, bajo las siguientes tablas:

Ilustración 21: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento (a_i)

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Máximo y de utilizarse como tal, El expediente de Ingeniería debe ser explícito en cuanto a psutas de cumplimiento obligatorio como realizar : - Un control de calidad riguroso - Indicar un valor de Estabilidad Marshall, superior a 1000 kf-1 - Alertar sobre la susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO 1993)
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% , y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80% , compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100% , compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2a}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2a}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SubBASE			
Subbase Granular CBR 40% , compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40% , para todos los tipos de Tráfico

Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

Ilustración 22: Coeficiente de drenaje (m_i)

Cuadro 12.15
Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_i
Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Insuficiente	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Insuficiente	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40


Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

Al tener los valores definidos de los distintos coeficientes, podemos determinar los espesores de las capas del pavimento, suponiendo estos como propuestas de diseño, verificando que cumplan con el requerimiento mínimo, el cual es el número estructural; luego de ello, se realizará una comparación de incidencia económica, considerando precios otorgados en la revista “Costos” del año 2020, gracias a estos, se puede realizar una decisión de cual propuesta sería la más rentable de aplicar en nuestro diseño. Para el proyecto, se ha creído conveniente comparar entre tres propuestas:

A) Propuesta N° 1: Planteamiento otorgado por el MTC, dentro de su manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 23: Catálogo de estructuras de pavimento flexible

Figura N° 12.8
CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE
PERÍODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7	Figura N° 12.8
		75.001-150.000	150.001-300.000	300.001-500.000	500.001-750.000	750.001-1000.000	100.001-1500.000	1500.001-3000.000	3000.001-5000.000	
CBR %	$M_{10} = 2555 \times \text{CBR}^{0.44}$	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm	 Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)
CBR < 6%	$\leq 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa)	25 cm (*)	28 cm (*)	20 cm (*)	20 cm (*)	20 cm (*)	25 cm (*)	25 cm (*)	30 cm (*)	
$\geq 6\%$ CBR < 10%	$> 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa) $\leq 11,150 \text{ psi}$ (76.9 MPa)	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm	
		25 cm	28 cm	20 cm	20 cm	20 cm	25 cm	25 cm	30 cm	
		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	
		5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm	
		25 cm	28 cm	20 cm	20 cm	20 cm	25 cm	25 cm	30 cm	
				15 cm	16 cm	16 cm	17 cm	23 cm	24 cm	

Fuente: Manual “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” del MTC

- B) Propuesta N° 2: Recomendación dada por el reglamento nacional de edificaciones, dentro de la norma CE. 010 "Pavimentos urbanos".
- C) Propuesta N° 3: Planteamiento propio, considerando propuestas de diseños, vistas en expedientes técnicos nacionales.

Tabla 9: Verificación de cumplimiento de propuestas vs.SN

Determinar composición de sección			
Estudio de propuestas	N° 1	N° 2	N° 3
Coeficientes de estudio			
a1	0.170	0.170	0.170
a2	0.052	0.052	0.052
a3	0.047	0.047	0.047
d1 (cm)	5	5	5
d2 (cm)	25	15	10
d3 (cm)		25	15
m2	1.00	1.00	1.00
m3	1.00	1.00	1.00
SN propuesto	2.15	2.805	2.075
<i>Verificación de cumplimiento</i>	<i>cumple</i>	<i>cumple</i>	<i>cumple</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Análisis económico de las propuestas

Análisis económico			
Área total del proyecto (m ²)	14235.6		
<i>Descripción de partida</i>	<i>N°1</i>	<i>N°2</i>	<i>N°3</i>
Excavación masiva a nivel sub rasante (S/. 9.86 m ³)	42108.905	63163.36	42108.9
Eliminación de desmonte a 10 km (S/. 35.14 m ³)	150071.7	225107.5	150071.7
Nivelación y compactación de la sub rasante (S/. 3.28 m ²)	46692.768	46692.77	46692.77
Conformación de la sub base granular (precio varía por espesor) m ²		329981.2	197732.5
Conformación de la base granular (precio varía por espesor) m ²	442727.16	350338.1	240866.4
Imprimación asfáltica sobre la base (S/. 3.92 m ²)	55803.552	55803.55	55803.55

Conformación de carpeta asfáltica en caliente de espesor de 2" (S/. 29.06 m ²)	20684.327	20684.33	20684.33
Evaluación superficial y estructural final del pavimento (S/. 0.50 m ²)	7117.8	7117.8	7117.8
TOTAL	765206.21	1098889	761077.9

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 25: Sustento de precios de partidas de movimiento de tierras

HU.2 PISTASYVEREDAS						
HU.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS						
HU.2.1.1 CORTE CON ELIMINACIÓN LATERAL						
HU.2.1.1.11*	EXCAVACION HASTA SUBRASANTE MAT.SUELTO C/ TRACTOR 140-160 HP	M3	9,86	1,53	0,00	8,33
HU.2.1.1.12*	EXCAVACION HASTA SUBRASANTE R.S. S/EXPL. C/ TRACTOR 190-240 HP	M3	55,47	23,10	0,00	32,37
HU.2.1.1.13*	EXCAVACION HASTA SUBRASANTE R.F. S/EXPL. CARG.S/ LL 100-115HP	M3	218,22	107,03	0,00	111,19
HU.2.1.3 TERRAPLENES						
HU.2.1.3.11*	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/ EQUIPO (EN PISTAS R=250 M3/D0)	M3	26,39	4,60	0,00	21,79
HU.2.1.3.21*	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PRESTAMO C/ EQ.(AGR. ADQUIRIDO) R=250M3/D EN PISTAS)	M3	65,39	4,60	39,00	21,79
HU.2.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE						
HU.2.1.4.11*	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ.10 M3 D=10 KM.	M3	35,14	0,30	0,00	34,84
HU.2.1.4.12*	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ.10 M3 D=25 KM.	M3	63,02	0,58	0,00	62,44
HU.2.1.5 REFINE DEL TERRAPLÉN						
HU.2.1.5.11*	CONFORMACION Y COMPACTACION SUBRASANTE C/ MOTONIV. 125HP	M2	3,28	0,60	0,00	2,68
HU.2.1.5.21*	CONFORMACION DE SUBRASANTE PARA VEREDAS	M2	16,83	11,11	0,00	5,72
HU.2.1.5.31*	SUBRASANTE MEJORADA E=0.050 M (INCORPORANDO 0.0650 M3/M2)	M2	10,17	0,76	3,24	6,17
HU.2.1.5.32*	SUBRASANTE MEJORADA E=0.075 M (INCORPORANDO 0.0975 M3/M2)	M2	15,85	1,26	4,85	9,74

Fuente: Revista costos (Mayo, 2020)

Ilustración 24: Sustento de precios de partidas de base y subbase

HU.2.2 SUB-BASEYBASE						
HU.2.2.1 SUB-BASE						
HU.2.2.1.11*	SUB-BASE GRANULAR E=0.10 M.(AGREGADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	9,93	0,80	0,39	8,74
HU.2.2.1.12*	SUB-BASE GRANULAR E=0.15 M.(AGREGADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	13,89	1,02	0,59	12,28
HU.2.2.1.13*	SUB-BASE GRANULAR E=0.20 M.(AGREGADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	18,63	1,39	0,78	16,46
HU.2.2.1.14*	SUB-BASE GRANULAR E=0.25 M.(AGREGADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	23,18	1,73	0,98	20,47
HU.2.2.2 BASE O AFIRMADO						
HU.2.2.2.11*	BASE GRANULAR E=0.10 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	16,92	0,95	6,47	9,50
HU.2.2.2.12*	BASE GRANULAR E=0.15 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	24,61	1,28	9,71	13,62
HU.2.2.2.13*	BASE GRANULAR E=0.20 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	32,79	1,71	12,94	18,14
HU.2.2.2.14*	BASE GRANULAR E=0.25 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/EQUIPO	M2	41,10	2,17	16,17	22,76
HU.2.2.2.21*	BASE GRANULAR PARA VEREDAS E=0.10 M	M2	35,94	15,17	6,47	14,30

Fuente: Revista costos (Mayo, 2020)

Ilustración 26: Sustento de precios de partidas de pistas

HU.2.4 PISTAS						
HU.2.4.1 CAPA DE IMPRIMACIÓN						
HU.2.4.1.11*	RIEGO DE LIGA C/COCINA ASFALTICA 320 GAL	M2	2,72	0,48	0,90	1,34
HU.2.4.1.21*	IMPRIMACION ASFALTICA MANUAL	M2	8,34	2,96	3,58	1,80
HU.2.4.1.22*	IMPRIMACION ASFALTICA (DOSIF.0.40 GL/M2-TANQUE 1800 GL)	M2	3,92	0,19	3,18	0,55
HU.2.4.2 CARPETA ASFÁLTICA						
HU.2.4.2.11*	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=1" C/EQUIPO, MEZCLA ADQ.	M2	14,52	0,65	11,05	2,82
HU.2.4.2.12*	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=1 1/2" C/EQUIPO, MEZCLA ADQ.	M2	21,82	0,97	16,59	4,26
HU.2.4.2.13*	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2" C/EQUIPO, MEZCLA ADQ.	M2	29,06	1,30	22,10	5,66
HU.2.4.2.14*	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=3" C/EQUIPO, MEZCLA ADQ.	M2	43,67	1,97	33,15	8,55
HU.2.4.2.21*	CARPETA ASFALTICA NIVELANTE EN CALIENTE	M3	447,67	20,20	340,00	87,47

Fuente: Revista costos (Mayo, 2020)

Al haber realizado el análisis comparativo, damos por definido la estructuración planteada en la propuesta N°1, por cumplir con las especificaciones demandadas, el reglamento del MTC y ser relativamente más económica que la propuesta dada por el RNE.

4.2.2. Consideraciones al diseño geométrico

Tal lo muestra reglamento nacional de edificaciones (RNE), en la norma GH. 020, las secciones de vías locales deben considerar lo siguiente:

Ilustración 27: Anchos mínimos de componentes de vía urbana

	TIPO DE HABILITACIÓN					
	VIVIENDA			COMERCIAL	INDUSTRIAL	USOS ESPECIALES
VÍAS LOCALES PRINCIPALES						
ACERAS O VEREDAS	1.80	2.40	3.00	3.00	2.40	3.00
ESTACIONAMIENTO	2.40	2.40	3.00	3.00 - 6.00	3.00	3.00 - 6.00
CALZADAS O PISTAS (modulo)	3.60 sin separador central	3.00 ó 3.30 con separador central		3.60	3.60	3.00 - 6.00
VÍAS LOCALES SECUNDARIAS						
ACERAS O VEREDAS	1.20			2.40	1.80	1.8 - 2.4
ESTACIONAMIENTO	1.80			5.40	3.00	2.2-5 - 40
CALZADAS O PISTAS (modulo)	2.70			3.00	3.60	3.00

Notas: Las medidas indicadas están indicadas en metros

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – norma GH.020

Adicionalmente la norma menciona los siguientes criterios, que se deben tomar en cuenta:

- a. Las vías locales principales urbanas, deberán tener como mínimo, veredas y espacio de estacionamiento en cada frente que se habilite lotes.
- b. Las vías locales secundarias urbanas, que se constituyan como acceso exclusivo a las viviendas o egreso de estas, deberán tener como mínimo un ancho de 7.20 metros para la circulación vehicular y peatonal.
- c. Las veredas deberán diferenciarse en relación a la berma o calzada, mediante un desnivel o algún elemento que permita distinguir la zona de paso peatonal con vehicular, de esta forma, asegurar la circulación de personas; se recomienda, en el caso de usar un desnivel, que este tenga una diferencia mínima entre 0.15 a 0.20 metros a referencia del nivel de berma o calzada.
- d. Las bermas de estacionamiento, que en su composición sea sin pavimento o un material distinto a la de la calzada, en el extremo adyacente a la calzada deberá ir un sardinel enterrado con una profundidad no menor que el nivel de la subrasante.
- e. La superficie de las calzadas, tendrán una pendiente hacia los lados, se recomienda una pendiente aproximada al 2%, cuya finalidad de esta es asegurar el escurrimiento de las aguas pluviales y estas no se estanquen en el medio de la calzada.
- f. El radio de giro mínimo que deberá ser planteado en el cruce de vías, donde al menos una de estas es definida como vía principal, deberá ser de 5 metros; y no debe ser menor a 3 metros en el caso sea el cruce entre vías secundarias.

Por otro lado, el manual de diseño geométrico del MTC, nos indica lo siguiente:

- a. Bajo la vista de sección longitudinal, se debe prever que el nivel de rasante tenga una pendiente mínima de 0.5%, esto con el fin, de asegurar el escurrimiento de las aguas pluviales y conducción de estas a un punto de desfogue o vertedero.

- b. Según el siguiente recuadro de pendientes máximas, el manual nos indica que la pendiente máxima aceptable para nuestro proyecto esta entre 5% a 6%.
- c. Se debe emplear curvas “verticales” al diseño planteado, cuando la diferencia algebraica de las pendientes continuas del nivel rasante es mayor a 1%.

Ilustración 28: Pendientes máximas

**Tabla 303.01
Pendientes máximas (%)**

Demanda	Autopistas				Carretera				Carretera				Carretera								
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase				
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño: 30 km/h																				10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00		
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00		
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00			
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00			
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00			
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00			
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00								
110 km/h	4.00	4.00			4.00																
120 km/h	4.00	4.00			4.00																
130 km/h	3.50																				

Fuente: Manual “Diseño geométrico” del MTC

El resultado del diseño planteado por nosotros (los tesisistas), será mostrado en el apartado de anexos, en lo cual se ha considerado los cálculos, sugerencias de los representantes de las JU.VE.CO. de las urbanizaciones consideradas en el proyecto y las recomendaciones y normativas entregadas por el MTC y RNE.

4.3. Señalización vertical y horizontal

4.3.1. Señalización vertical

4.3.1.1. Señales reguladoras o de reglamentación

Según el manual de “Dispositivos de control” del MTC, los define como dispositivos diseñados para el objetivo del control de tránsito además en ciertos casos como guía informativa para los conductores.

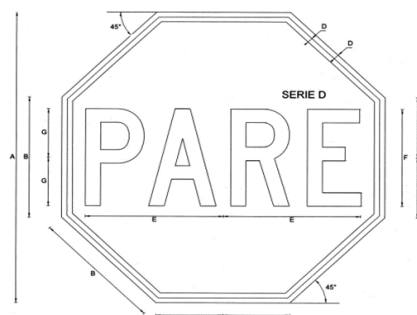
La forma de señal de tránsito suele ser circular, no obstante, se encuentran excepciones; Con respecto al color reglamentario de las señales de tránsito están regidas bajo las tonalidades impuestas en “Standard Federal 595” de los Estados Unidos de Norte América.

La ubicación de las señaléticas, según lo indica el manual, si o sí deben estar en el extremo derecho del tránsito de la autopista, aunque en casos excepcionales, como señales auxiliares o adicionales, pueden estar colocados al extremo izquierdo.

a) Señal de pare

Son de forma octogonal, e indica que el conductor debe frenar, ya sea por motivos de desvíos, cruces de vía “cerrados” o de prevención al accidente por cruce peatonal.

Ilustración 29: Señal de pare



Fuente: Manual “Dispositivos de control” del MTC

Ilustración 30: Ubicación de señales de pare

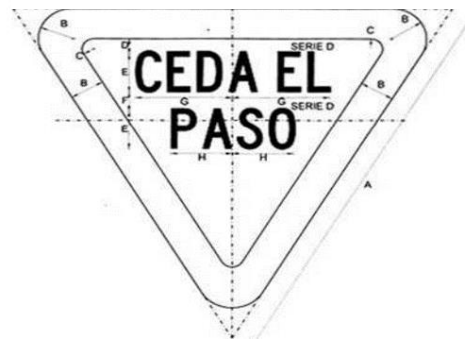


Fuente: Elaboración propia

b) Señal de ceda el paso

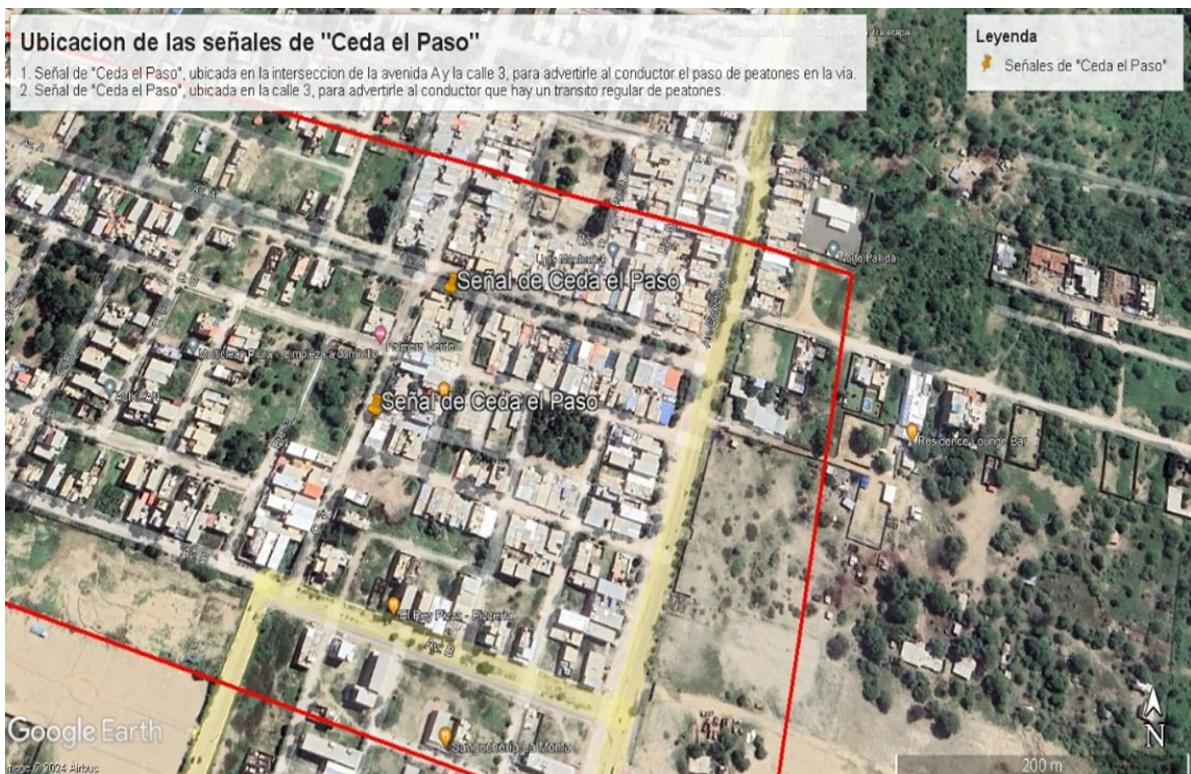
Es de forma triangular con el vértice hacia abajo, y su uso es informativo, bajo la finalidad de hacer tomar conciencia al conductor de la presencia de peatones y vehículos que salen de las viviendas ubicadas en la zona.

Ilustración 31: Señal ceda el paso



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

Ilustración 32: Ubicación de señales ceda el paso



Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2. Señales prohibitivas o restrictivas

Según el manual de "Dispositivos de control" del MTC, las define como señaléticas que tienen como objetivo dar indicaciones ya sea al conductor o al peatón para salvaguardar la seguridad de los mismos o evitar alguna

acción no permitida en la zona que se está transitando.

Normalmente son de forma rectangular, con simbología inscrita en formato circular, con el uso de un fondo color blanco, letras de color negro y la simbología usada en colores rojo y negro.

a) Señal de prohibido el paso de peatones

Es de forma rectangular, donde su uso está enfocado a la exhortación del peatón que evite caminar o transitar por la pista, ya sea por presencia de tráfico pesado o considerable paso de vehículos por la vía.

Ilustración 33: Señal de no camine por la pista



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

Ilustración 34: Ubicación de señales no camine por la pista



Fuente: Elaboración propia

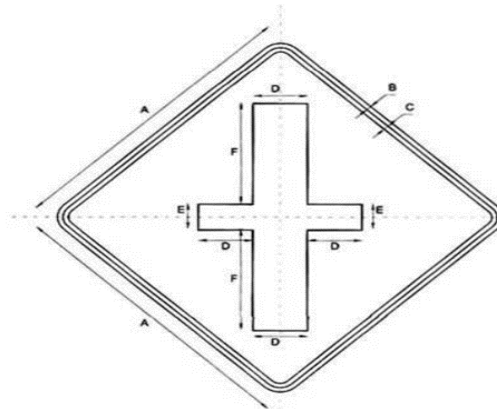
implican un peligro o riesgo para los que transitan.

Su forma, normalmente es de una figura romboide, como también su color suele ser amarillo, y simbología y letras de color negro.

a) Señal de intersección en ángulo recto

Se emplea para indicar una proximidad en un cruce de ángulo recto con la vía que se esta recorriendo, normalmente señalan intersecciones que se dan entre vías principales con vías secundarias, con la finalidad que los conductores bajen velocidad en dichos puntos de intersección y puedan maniobrar en caso de impertinencia de los conductores en vías secundarias.

Ilustración 37: Señal de intersección en ángulo recto



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

Ilustración 38: Ubicación de señal de intersección en ángulo recto con vía secundaria

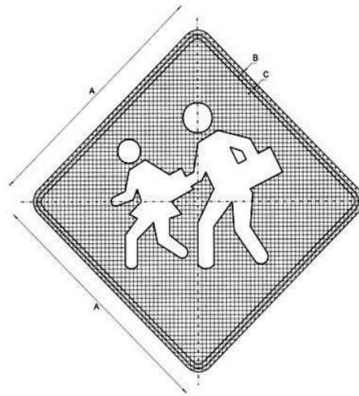


Fuente: Elaboración propia

b) Señal de zona escolar

Se utiliza para dar a entender al conductor que se está acercando a una zona donde hay un complejo educativo o por donde va encontrar transitar es una donde circulan escolares, de esa manera indicarle que tome las medidas pertinentes mientras conduce dicha zona.

Ilustración 39: Señal de zona escolar



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

Ilustración 40: Ubicación de señal de zona escolar



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Señalización horizontal

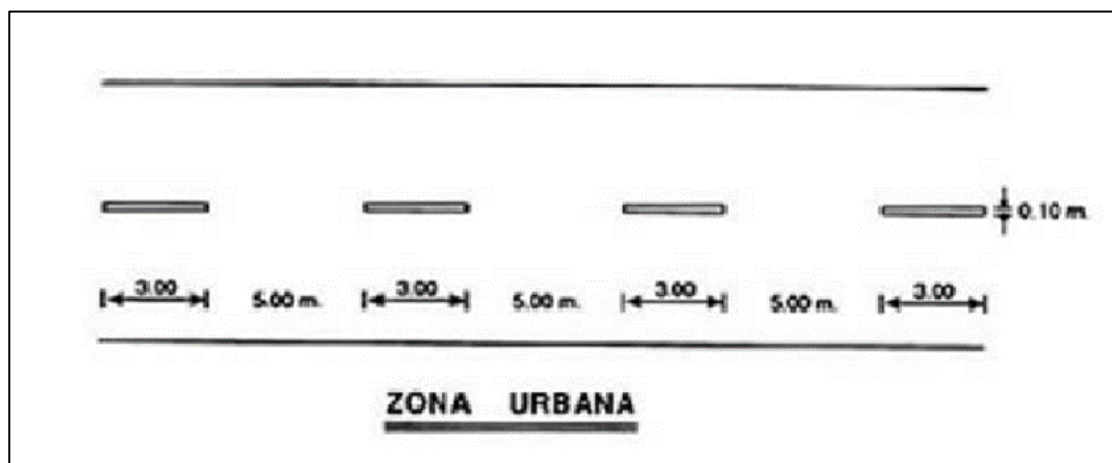
Bajo el manual "Dispositivos de control" del MTC, define a este tipo de señalización como marcas realizadas en el pavimento o en

algunos elementos de la vía, con el objetivo de reglamentar la circulación vehicular y peatonal como así preservar la seguridad vial, y en algunos casos sirven como complemento a las señales verticales y semáforos en el control de tránsito.

4.3.2.1. Línea central

Según el manual dispuesto por el MTC, se colocan en el caso que haya una calzada con 2 carriles, y se hace con el objetivo de distinguir los márgenes de ambos y evitar interferencias entre ellos.

Ilustración 41: Línea central



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

4.3.2.2. Línea de borde de calzada

Se utiliza para poder resaltar el borde de la calzada, bajo el objetivo de distinguir sus límites ante otros elementos de la vía, y evitar interferencias entre estas, como en caso de no haber correcta iluminación en la vía, indicarle al conductor los límites que tiene como área para recorrer y evitar accidentes por despiste.

Ilustración 42: Líneas de borde de calzada



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

4.3.2.3. Línea de pare

Se emplea para indicar al conductor el límite máximo que tiene para estacionar, en el caso de zonas urbanas, se emplean en conjunto con las líneas de cruces peatonales, donde allí cumplen la función de salvaguardar a los peatones en los cruces de vía estableciendo un límite máximo de donde se pueden estacionar los vehículos.

4.3.2.4. Línea de pasos peatonales

Se emplea para indicar a los peatones el área que tienen designada para cruzar la calzada; por lo general, se utilizan en los cruces de vía o en casos donde, en vías, que no presente en un cruce de vías en una distancia considerable, mayor a 100 metros), se puede plantear un cruce peatonal a mitad del largo del tramo que se está transitando.

Ilustración 43: Línea de pare y pasos peatonales



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

4.3.2.5. Línea de demarcación de espacios de estacionamiento

Tienen como finalidad indicar en secciones de la vía, cuando esta permitido o no, estacionarse, y de esta manera generar un orden en la vía y permitir que al menos una de las calzadas o parte de ella, en caso que sea solo una, se encuentre libre para el paso vehicular. En las zonas residenciales suelen colocarse en el sardinel de la vereda, identificando con pintura color blanco, cuando se es permitido estacionar, y de amarillo cuando está prohibido estacionar el vehículo.

Ilustración 44: Líneas de zona de estacionamiento



Fuente: Manual "Dispositivos de control" del MTC

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

CONCLUSIONES

- Mediante la observación en campo, se visualizó las problemáticas generadas por la falta de pavimentación como desorden e inseguridad vehicular, falta de ordenamiento de espacios tales como de estacionamiento y áreas verdes, y problemas ocasionados por el empozamiento de aguas pluviales. Por otro lado, por los estudios de mecánica de suelos, se determinó que el terreno posee un suelo de clasificación según SUCCS, de tipo SP (arena pobremente graduada) con nula plasticidad y un CBR al 95% de 8.76, clasificándolo según lo señalado por el MTC, como un suelo regular; Además, con el análisis del estudio de tráfico, se determina que la ESAL para diseño es de 126227.83, clasificándolo el MTC, como tráfico tipo Tp0.
- Se determinó los espesores de las capas que conforman el pavimento, mediante la metodología propuesta en el manual "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del MTC, dando como resultados, para la carpeta asfáltica que será de 5 cm. y para la capa base de 25 cm.; En lo que respecta al diseño geométrico, se ha seguido lo indicado en el manual "Diseño geométrico" del MTC y lo presentado en la norma GH. 020 del reglamento nacional de edificaciones; concluyendo como pendientes máximas y mínimas en vista longitudinal de la rasante, de 6% y 0.5% respectivamente; como también a nivel transversal se empleó una pendiente de 2% tanto en

la calzada como en las veredas, todo ello para asegurar un correcto escurrimiento de las aguas pluviales y ayudar en el drenaje pluvial. Por otro lado, se decidió emplear como anchos mínimos, en lo respecta a veredas, para la Avenida A será de 2.40 metros y para las calles contempladas en las urbanizaciones serán de 1.05 a 1.20 metros; y en el caso de las calzadas, para la Avenida A, será de 3.30 metros y para el resto de las calles de 2.70 metros.

- Con el uso del manual “Dispositivos de control” del MTC, se pudo determinar qué señales de tránsito se emplearán en el proyecto, las cuales fueron: “Señal de pare”, “señal de ceda el paso”, “señal de no camine por la pista”, “señal de velocidad máxima y mínima”, “señal de intercepción en ángulo recto” y “señal de zona escolar”, cada uno de estos se estipuló su ubicación considerando lo indicado en dicho manual y las circunstancias de la que se encuentra la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

- Para poder desarrollar un correcto estudio de tráfico se recomienda a futuras investigaciones del mismo tema de estudio, que se debe emplear varios puntos de observación, los cuales estos se hayan deducido como principales puntos de acceso y/o salida de la(s) zona(s) de estudio, tal como se ha realizado en la presente tesis, esto permitirá obtener resultados más aproximados a la realidad. Por otro lado, se recomienda realizar un estudio hidrológico, a futuros investigadores, para que a través de este, se complemente este proyecto de investigación con un diseño de sistema de drenaje pluvial; no obstante, en lo que respecta a esta tesis, se ha seguido con las recomendaciones dadas en los respectivos manuales y normas, para dar un correcto escurrimiento de aguas pluviales, mediante el uso de pendientes, pero se considera que por la complejidad de las circunstancias climáticas que últimamente se acontecen en la región, es necesario que de llegarse a desarrollar el proyecto de mejoramiento de servicio de transitabilidad en la zona de estudio como de sectores aledaños, la institución a cargo a realizar este tipo de proyectos, considere realizar un plan de drenaje pluvial.

- Para una correcta elección tanto de la conformación del pavimento como las medidas en diseño geométrico de las partes de las vías, se recomienda, a los investigadores y/o encargados de diseño de vías urbanas, que analicen varias propuestas en configuración de capas de pavimento, tanto a nivel técnico como económico, para dar una elección mediante una razón “costo – beneficio” y se encuentre argumentada la designación de esta, tal como se ha realizado en la presente tesis; Y en el caso del diseño geométrico se debe realizar previamente una correcta clasificación de las calles y avenidas que se intervengan en el diseño, y procurar una armonía entre la forma que se presente en la topografía como también en el ecosistema que se observe, dando de esta forma, que al diseñar se busque aminorar costos de ejecución de proyecto como de también en el impacto al medio ambiente.
- Para sugerir una correcta señalización, se recomienda a futuros investigadores del tema de estudio, iniciar con determinar la ubicación de servicios presentes tales como centros comerciales, tiendas, bancos, parques, centros culturales, entre otros; como también ya contar con un correcto diseño de vías, para que, de esta forma, la señalización propuesta guarde concordancia con estos factores y asegure una correcta movilización peatonal y vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

(1993). *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. Washington D. C.:

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Aguirre Beltrán, B. G., & Guerra Pozo, D. J. (2023). *Diseño vial preliminar de la calle s34w, en el barrio Buena Ventura, en la parroquia de Chillogallo, cantón Quito, provincia de Quito*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.

Arteaga Torres, W., & Díaz Bautista, S. (2021). *Diseño de infraestructura vial tramo Chiguirip, caserío Cruz Conga, distrito de Chiguirip, Chota - Cajamarca*. Chota: Universidad Cesar Vallejo.

- Birche , M. E. (2021). *Diagnóstico de diseño y uso del espacio de vía peatonal para aportes de paisaje para ala ciudad de La Plata*. La Plata: Universidad Nacional La Plata.
- Costos Soluciones. (2020). Suplemento técnico 2020. *Publicación mensual Revista Costos*.
- Flores Huaman, D. (2021). *Diseño de obras de arte en la infraestructura vial del centro poblado Andurco, La Cebada, distrito de Ayabaca - Piura*. Ayabaca: Universidad Nacional de Piura.
- Juarez Becerra , A. J., & Benavente Peña, E. E. (2021). *Diseño de obras de arte en la infraestructura vial de las calles Los Pinos y Las Begonias del asentamiento humano Villa Primavera - Sullana*. Sullana: Universidad Nacional de Piura .
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Especificaciones técnicas generales para la construcción*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Suelos, geología, geotécnía y pavimentos: sección suelos y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control del transito automotor de calles y carreteras*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de seguridad vial*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Diseño geométrico - DG 2018*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.
- Vega de la Cruz, S. A., & Paredes Cahuana, G. A. (2021). *Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejorar la transitabilidad de la avenida industrial Lurín - Lima*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.