

PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

por Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiaga

Fecha de entrega: 21-sep-2023 10:30a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2172664984

Nombre del archivo: Informe_de_Tesis_-_RODRIGUEZZ_URQUIAGA,_CLEMENTE_2.docx (29.7M)

Total de palabras: 39849

Total de caracteres: 198421

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el
Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022**

Línea De Investigación: Ingeniería de transportes

Sub Línea De Investigación: Transportes

Autor:

Rodríguez Urquilaga, Clemente Victor Raul

Jurado Evaluador:

Presidente : Henriquez Ulloa, Juan Paul Edward
Secretario : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro
Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

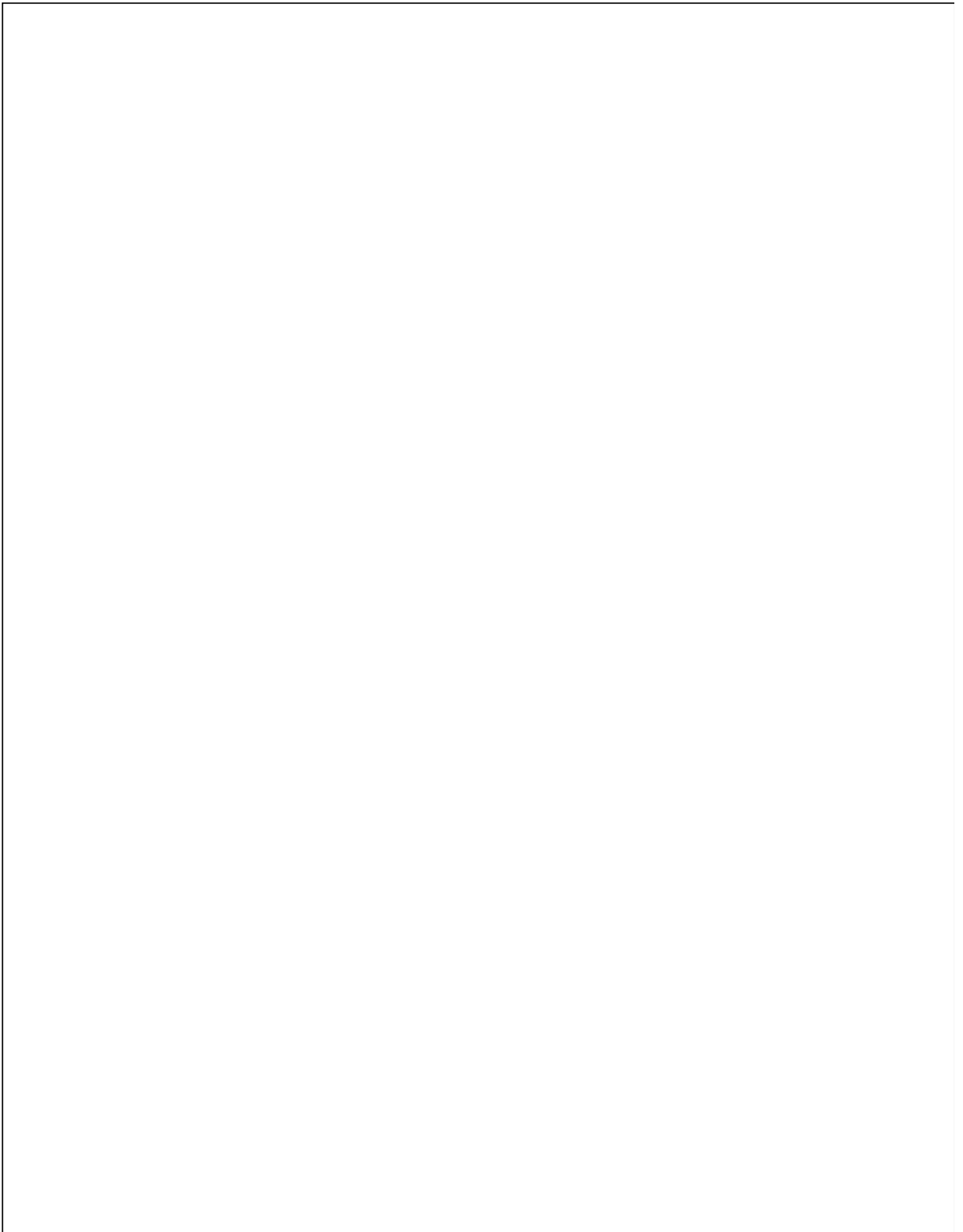
ASESOR:

Vargas López, Segundo Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

**TRUJILLO – PERÚ
2023**

Fecha de Sustentación: 2023 / 09 / 27



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



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el
Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022**

Línea De Investigación: Ingeniería de transportes

Sub Línea De Investigación: Transportes

Autor:

Rodríguez Urquilaga, Clemente Victor Raul

Jurado Evaluador:

Presidente : Henriquez Ulloa, Juan Paul Edward
Secretario : Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro
Vocal : Merino Martínez, Marcelo Edmundo

ASESOR:

Vargas López, Segundo Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>

TRUJILLO – PERÚ
2023


Fecha de Sustentación: 2023 / 09 / 27


Declaración de originalidad

Yo, Vargas López Segundo Alfredo, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022", autor(es) Rodríguez Urquiaga, Clemente Victor Raul, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 5%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 21 de Septiembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis "Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022", y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 21 de Setiembre del 2023


Rodríguez Urquiaga, Clemente Victor Raul
DNI: 70280731


Vargas López, Segundo Alfredo
DNI: 18180664
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7631-5226>



DEDICATORIA

A Dios, por protegerme y cuidar mi camino durante la pandemia y darme la oportunidad de salir adelante en mi vida.

A mi familia y mi hermano, Paúl, por su apoyo y amor infinito que me han dado en cada momento de mi vida.

A mis compañeros y a los docentes, por las buenas experiencias vividas durante la universidad, por cada risa y su apoyo mutuo, por motivarnos a culminar esta carrera con éxito.

Se los dedico para mis padres, María Rita y Félix Clemente, por su gran esfuerzo, amor y dedicación proporcionado a mi persona, por los consejos que me dan y por acompañarme siempre a mi lado, motivándome a ser una mejor persona. Les agradezco mucho, papás

AGRADECIMIENTO

A:

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Por brindarme formar parte de la familia orreguana, por proporcionarme una buena formación académica y los conocimientos para seguir aprendiendo y ser un profesional con ganas de salir adelante, aportar a la humanidad y contribuir a su mejora continua.

PADRES

Por su apoyo constante durante los momentos difíciles; por ser para mí, ustedes son mi motivo de continuar creciendo a nivel profesional y por brindarme su amor infinito durante mi vida.

DOCENTES

Por cada uno de los docentes, por brindar sus conocimientos a mi persona, por la paciencia y sus consejos que han aportado en mi formación académica.

Ing. SEGUNDO ALFREDO VARGAS LÓPEZ

Un saludo cordial y de manera especial al Ing. Segundo Alfredo Vargas López por permitir ser como su asesorado, por su valioso tiempo y por todos los conocimientos que ha brindado a mi persona, lo cual, para mí ha sido un gran apoyo para el desarrollo de la tesis.

Demuestro mi gratitud, estima y respeto para su persona.

RESUMEN

Esta investigación se desarrolla debido a que la población se encuentra en constante crecimiento y se requiere mantenimiento o mejorar sus vías, en la zona de estudio presenta 2 vías que necesitaron pavimentación y el resto de las vías pavimentadas presentaron un nivel de daño o estado del pavimento en malas condiciones. El objetivo principal de la investigación fue realizar la propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima, la cual primero se desarrolló los estudios previos y luego se realizó el diseño estructural del pavimento flexible y un presupuesto para cada una de las 2 vías. Se utilizó el método PCI para determinar el nivel de daño o estado del pavimento que presentan el resto de las vías en estudio. Se empleó un diseño del tipo descriptivo – propositivo. El desarrollo de la perspectiva teórica se basará en la revisión de documentación y observación como la recolección de datos, los instrumentos que se usaron fue hojas de fichas de datos como el manual PCI, ensayos de laboratorio de suelos, estudio de tráfico y la metodología AASHTO 93 para la propuesta del diseño estructural del pavimento flexible y se planteó un análisis técnico y económico como el presupuesto mediante el programa S10 Presupuestos 2005.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que el pavimento flexible y el análisis técnico y económico del presupuesto de las 2 vías (calle Luis Alberto Sánchez y Av. José Olaya) es la mejor propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima; con el método PCI se determinó que la mayoría de las vías pavimentadas se encuentran en un nivel de daño muy malo, la cual se propuso una alternativa de solución en cada vía de estudio, esto permitirá a los investigadores tener en cuenta en sus próximos estudios.

Palabras claves: Pavimento flexible, Método AASHTO 93, Metodología PCI, IMDA y diseño estructural.

ABSTRACT

This research is developed because the population is constantly growing and requires maintenance or improvement of its roads, in the study area has 2 roads that needed paving and the rest of the paved roads had a level of damage or pavement condition in poor condition. The main objective of the research was to develop a viable structural design proposal for optimal paving, which first developed the preliminary studies and then the structural design of the flexible pavement and a budget for each of the 2 roads. The PCI method was used to determine the level of damage or condition of the pavement of the rest of the roads under study. A descriptive-propositional design was used. The development of the theoretical perspective will be based on the review of documentation and observation as data collection, the instruments used were data sheets such as the PCI manual, soil laboratory tests, traffic study and the AASHTO 93 methodology for the structural design of the flexible pavement and a technical and economic analysis was proposed as the budget. According to the analysis performed, it is concluded that the flexible pavement and the technical and economic analysis of the budget of the 2 roads (Luis Alberto Sanchez Street and Jose Olaya Avenue) is the best viable proposal of structural design for optimal paving; with the PCI method it was determined that most of the paved roads are in a very bad level of damage, which was proposed an alternative solution in each study road, this will allow researchers to take into account in their next studies.

Keywords: Flexible pavement, AASHTO 93 Method, PCI Methodology, IMDA and structural design.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conformidad a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, se pone en atención el presente informe de tesis titulada **Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022**, con la persuasión de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Br. Rodríguez Urquiaga, Clemente Víctor Raul

Trujillo, 31 de agosto del 2023

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
PRESENTACIÓN	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación.....	1
1.1.1 Realidad problemática.....	3
1.1.2 Enunciado del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación del estudio.....	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1 Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1 Antecedente Internacional.....	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.3 Antecedentes Locales.....	8
2.2 Marco teórico.....	10
2.2.1 Pavimentos.....	10

	x
2.2.3 Tipos de pavimentos	10
2.2.4 Diferencia de los pavimentos: rígido y flexible	14
2.2.5 Factores de diseño en pavimentos	14
2.2.6 Daños presentes en los pavimentos flexibles	15
2.2.7 Método Pavement Condition Index (PCI)	17
2.2.8 Estudio de mecánica de suelos	21
2.2.9 Estudio de tráfico vial según MTC basada de la Guía AASHTO 93	31
2.2.10 Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles	42
2.3 Marco conceptual	61
2.3.1 AASHTO	61
2.3.2 Agregado	61
2.3.3 Base granular	61
2.3.4 Calicata	61
2.3.5 Calzada	61
2.3.6 Carretera	61
2.3.7 Carretera no pavimentada	62
2.3.8 Carretera pavimentada	62
2.3.9 Carril	62
2.3.10 Compactación	62
2.3.11 Pavimento	62
2.3.12 Pavimentación óptima	62
2.3.13 Diseño	63
2.3.14 Índice medio diario anual	63
2.3.15 Nivel de servicio	63
2.3.16 Coeficientes estructurales	63

2.3.17 ESAL.....	64
2.3.18 CBR.....	64
2.3.19 Mezcla asfáltica.....	64
2.3.20 Módulo de resiliencia.....	64
2.3.21 Análisis mecánico o granulométrico.....	64
2.3.22 SUCS.....	65
2.3.23 Límites de Atterberg.....	65
2.4 Sistema de hipótesis.....	65
2.4.2 Variables e indicadores. Se presenta lo siguiente:.....	65
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	67
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	67
3.1.1 De acuerdo al fin que se persigue.....	67
3.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación.....	67
3.2 Población y muestra de estudio.....	67
3.2.1 Población.....	67
3.2.2 Muestra de estudio.....	67
3.2.3 Tamaño de muestra.....	68
3.3 Diseño de investigación.....	68
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	70
3.4.1. Técnicas de investigación.....	70
3.4.2 Instrumentos de investigación.....	70
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	71
3.5.1 Instrumentos de análisis de datos.....	74

3.6 Procedimiento experimental.....	75
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	77
4.1 Análisis e interpretación de datos	77
4.1.1 Determinar el nivel de daño en zonas pavimentadas	77
4.1.2 Realizar el estudio de suelos.....	106
4.1.3 Determinar la carga vehicular para las vías en estudio aplicando el método de los conteos.....	117
4.1.4 Proponer el dimensionamiento del paquete estructural más óptimo que se adapte a la zona de estudio	131
4.2 Docimasia de hipótesis	143
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	143
CONCLUSIONES.....	145
RECOMENDACIONES	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
ANEXOS.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de tipos de daños para vías de concreto asfáltico.....	16
Tabla 2 Rangos de clasificación PCI gradualmente.....	18
Tabla 3 Rangos de calificación según el valor PCI y estado para una propuesta de alternativa de solución.....	18
Tabla 4 Longitudes de unidades.....	20
Tabla 5 Número mínimos de calicatas para exploración de suelos.....	23
Tabla 6 Tipo de carretera y número de ensayos CBR y MR.....	25
Tabla 7 Clasificación del material según el diámetro de sus partículas.....	28
Tabla 8 Clasificación de la subrasante según el CBR.....	31
Tabla 9 Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de Nrep. de EE.....	33
Tabla 10 Factores de distribución dirección y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.....	35
Tabla 11 Tipo de eje con su respectiva fórmula de Eje Equivalente (EE) dado a un pavimento flexible.....	37
Tabla 12 Computo del Fvp según ejemplo extraído de AASHTO 93.....	38
Tabla 13 Tabla de tipos de vehículos.....	39
Tabla 14 Factor de ajuste por presión de neumático.....	40
Tabla 15 Periodo análisis o diseño (años) en función del tipo de carretera.....	44
Tabla 16 Porcentaje del factor de distribución de carril considerando el número de carriles en cada dirección.....	45
Tabla 17 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para 10 años o 20 años según rango de tráfico.....	46
Tabla 18 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para 10 años según rango de tráfico.....	47

Tabla 19 Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal para un diseño de 10 o 20 años dependiendo el rango de tráfico	49
Tabla 20 Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal para un diseño de 10 años dependiendo el rango de tráfico	49
Tabla 21 Módulo Resiliente obtenido por correlación de CBR.....	51
Tabla 22 Índice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico	53
Tabla 23 Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico.....	54
Tabla 24 Diferencial de serviciabilidad final según rango de tráfico	55
Tabla 25 Coeficientes estructurales de las capas del pavimento (a_i)	58
Tabla 26 Valores recomendados para el coeficiente de drenaje	59
Tabla 27 Espesores recomendados por el Manual MTC.....	60
Tabla 28 Cuadro de operacionalización de la variable	66
Tabla 29 Muestra de estudio.....	68
Tabla 30 Técnicas de recolección de datos	71
Tabla 31 Sección V de las 11 vías en sentido vertical.....	77
Tabla 32 Sección H de las 12 vías en sentido horizontal.....	78
Tabla 33 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas para la sección V de las 11 vías en sentido vertical.....	78
Tabla 34 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas para la sección H de las 12 vías en sentido horizontal.....	79
Tabla 35 Resumen de las unidades de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical	80
Tabla 36 Resumen de las unidades de muestreo en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal	81
Tabla 37 Intervalos de selección de unidades de muestreo (i) en la sección V de las 11 vías en sentido vertical.....	82

Tabla 38 Intervalos de selección de unidades de muestreo (i) en la sección de H de las 12 vías en sentido horizontal.....	84
Tabla 39 Resumen del nivel de daño y propuesta de alternativa de solución en la sección V de las 11 vías en sentido vertical.....	86
Tabla 40 Resumen del nivel de daño y propuesta de alternativa de solución en la sección V de las 12 vías en sentido horizontal	88
Tabla 41 Porcentaje de daños en las unidades de muestreo (Sección V de las 11 vías en sentido vertical).....	90
Tabla 42 Porcentaje de daños en las unidades de muestreo (Sección H de las 12 vías en sentido horizontal)	92
Tabla 43 Exploración de campo.....	107
Tabla 44 Variables para el cálculo de Contenido de Humedad	108
Tabla 45 Contenido de humedad	109
Tabla 46 Análisis Granulométrico	110
Tabla 47 Datos obtenidos del Proctor Modificado.....	115
Tabla 48 Resultado del ensayo CBR	117
Tabla 49 Tabla de resumen del Factor E.E. (calle Luis Alberto Sánchez).....	129
Tabla 50 Tabla de resumen del Factor E.E. (Av. José Olaya)	129
Tabla 51 Coordenadas de los BMs sistema WGS 84 en la calle Luis Alberto Sánchez	134
Tabla 52 Coordenadas de los BMs sistema WGS 84 en la avenida José Olaya.....	134

1 INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Capas de la estructura de un pavimento asfáltico (flexible)	11
Figura 2 Capas de la estructura de un pavimento rígido	13
Figura 3 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica ..	19
Figura 4 Perfil de calicatas según clasificación AASHTO 93.....	26
Figura 5 Relación de perfil de calicatas – clasificación SUCS.....	27
Figura 6 Configuración de los ejes	36
Figura 7 Características de las secciones de prueba en los circuitos	43
Figura 8 Flujoograma en relación al procedimiento de diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93.....	52
Figura 9 Ábaco de diseño del método AASHTO 93 para pavimentos flexibles.....	55
Figura 10 Coeficientes estructurales para los pavimentos flexibles	57
Figura 11 Esquema del tipo de diseño de investigación.....	69
Figura 12 Esquema desarrollado del diseño de investigación.....	69
Figura 13 Esquema elaborado de diseño de contrastación.....	69
Figura 14 Esquema elaborado del tipo de investigación	73
Figura 15 Representación del gráfico estadístico.....	74
Figura 16 Esquema elaborado de Análisis de datos	74
Figura 17 Representación gráfica de tortas.....	75
Figura 18 Esquema de procedimiento general de la investigación	75
Figura 19 Esquema del procedimiento experimental de la metodología PCI	76
Figura 20 Esquema del procedimiento experimental del Diseño estructural.....	76
Figura 21 Ubicación de calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6.....	107
Figura 22 Primera prueba de 12 golpes para Límite Líquido.....	111
Figura 23 Segunda prueba de 14 golpes para Límite Líquido.....	112
Figura 24 Tercera prueba de 14 golpes para Límite Líquido.....	112

Figura 25 Primera prueba de 12 golpes para Limite Plástico.....	113
Figura 26 Segunda prueba de 14 golpes para Limite Plástico.....	114
Figura 27 Tercera prueba de 14 golpes para Limite Plástico.....	114
Figura 28 Formato de conteo vehicular en intervalos de 60 minutos a emplear	118
Figura 29 Puntos de control en la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya	119
Figura 30 Registro del conteo vehicular E-01 (ambos sentidos)	120
Figura 31 Registro del conteo vehicular E-02 (ambos sentidos)	121
Figura 32 Registro del conteo vehicular E-03 (ambos sentidos)	121
Figura 33 Registro del conteo vehicular E-04 (ambos sentidos)	122
Figura 34 Conteo vehicular total de la calle Luis Alberto Sánchez.....	122
Figura 35 Conteo vehicular total de la avenida José Olaya.....	123
Figura 36 Índice Medio Diario (IMD) en la calle Luis Alberto Sánchez	126
Figura 37 Índice Medio Diario (IMD) en la avenida José Olaya.....	126
Figura 38 Ortofoto obtenida de la Fotogrametría.....	132
Figura 39 Presentación respecto a la ecuación básica para el diseño del paquete estructural de un pavimento flexible	135
Figura 40 Presentación del nomograma de diseño para pavimento flexible (calle Luis Alberto Sánchez).....	138
Figura 41 Presentación del nomograma de diseño para pavimento flexible (Av. José Olaya)	139
Figura 42 Estructura del pavimento tipo flexible con carpeta asfáltica (calle Luis Alberto Sánchez).....	140
Figura 43 Estructura del pavimento tipo flexible con carpeta asfáltica (avenida José Olaya entre la carretera Panamericana Norte y la calle Salaverry).....	141
Figura 44 Hoja de cálculo del presupuesto para el pavimento flexible de la calle Luis Alberto Sánchez.....	141

Figura 45 Hoja de cálculo del presupuesto para el pavimento flexible de la avenida José Olaya (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Salaverry)	142
Figura 46 Plano de ubicación y localización.....	156
Figura 47 Plano de planta y perfil de la calle Luis Alberto Sánchez (A1)	159
Figura 48 Plano de planta y perfil de la avenida José Olaya (A1)	160
Figura 49 Plano de secciones transversales de la calle Luis Alberto Sánchez (A1)	161
Figura 50 Plano de secciones transversales de la calle Luis Alberto Sánchez (A1)	162
Figura 51 Plano de secciones transversales de la av. José Olaya (A1)	163
Figura 52 Plano de secciones transversales de la av. José Olaya (A1)	164
Figura 53 Instrumento de recolección de datos (Hoja de registro, formato método PCI)	165
Figura 54 Instrumento de recolección de datos (hoja de registro para el conteo de tráfico vehicular)	166
Figura 55 Análisis de precios unitarios del pavimento flexible de la calle Luis Alberto Sánchez.....	193
Figura 56 Análisis de precios unitarios del pavimento flexible de la avenida José Olaya ...	197
Figura 57 Paneles fotográficos de la exploración de calicatas C-1 y C-2 en la calle Luis Alberto Sánchez	205
Figura 58 Panel fotográfico de la exploración de calicata C-3 en la calle Luis Alberto Sánchez.....	206
Figura 59 Panel fotográfico de la exploración de calicata C-4 en la avenida José Olaya ...	206
Figura 60 Paneles fotográficos de la exploración de calicata C-5 y C-6 en la avenida José Olaya	207
Figura 61 Paneles fotográficos del conteo vehicular E-01 y E-02 en la calle Luis Alberto Sánchez.....	207
Figura 62 Panel fotográfico del conteo vehicular E-03 en la avenida José Olaya.....	208

Figura 63 Paneles fotográficos del conteo vehicular E-04 (ambos sentidos) en la avenida José Olaya.....	208
Figura 64 Las muestras obtenidas de las calicatas en el ensayo de Contenido de Humedad	209
Figura 65 Procedimiento del ensayo de Granulometría por Tamizado	209
Figura 66 Procedimiento del cuarteo en el ensayo de Límites de consistencia	210
Figura 67 Procedimiento de la curación de las muestras en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg	210
Figura 68 Procedimiento de la colocación de las muestras en la copa de Casagrande en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	211
Figura 69 Procedimiento de la división con un rotulador en el medio de la copa de Casagrande en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	211
Figura 70 Verificación del procedimiento de la primera prueba fue de 14 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	212
Figura 71 Verificación del procedimiento de la segunda prueba fue de 14 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	212
Figura 72 Verificación del procedimiento de la tercera prueba fue de 12 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	213
Figura 73 Verificación de las rupturas antes de llegar a los 3 mm (1/8") en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.....	213
Figura 74 Procedimiento del tamizado que se emplea según el método en el ensayo del Proctor modificado.....	214
Figura 75 Procedimiento de obtener el peso y mediciones del molde que exige el ensayo de Proctor modificado.....	214
Figura 76 Procedimiento de la mezcla de la muestra con el porcentaje de agua destilada en el ensayo de Proctor modificado	215

Figura 77 Procedimiento de la división de 5 capas para la compactación de las muestras en el molde del ensayo de Proctor modificado.....	215
Figura 78 Procedimiento de la compactación en 5 capas dentro del molde para las muestras en el ensayo de Proctor modificado	216
Figura 79 Procedimiento de la última compactación y enrasado sin el collarin del molde para las muestras en el ensayo de Proctor modificado	216
Figura 80 Procedimiento de obtener el peso de la muestra y el molde en el ensayo de Proctor modificado.....	217
Figura 81 Procedimiento de obtener la muestra del medio luego de la última compactación y el peso del molde con muestra obtenida en el ensayo de Proctor modificado.....	217
Figura 82 Procedimiento del peso del molde con muestra en el ensayo de CBR.....	218
Figura 83 Procedimiento del peso de molde y las mediciones del molde que exige el ensayo de CBR	218
Figura 84 Procedimiento de colocación del papel filtro sobre el disco espaciador dentro del molde en el ensayo de CBR.....	219
Figura 85 Procedimiento de la compactación de las 5 capas dentro del molde en el ensayo de CBR	219
Figura 86 Procedimiento de retiro del collarin y enrasado del molde en el ensayo de CBR.....	220
Figura 87 Procedimiento del peso del molde con la muestra compactada sin el recipiente y collarin en el ensayo CBR	220
Figura 88 Procedimiento del peso de obtener una parte de la muestra compactada para obtener el contenido de humedad en el ensayo de CBR	221
Figura 89 Procedimiento para calibrar el tripode dial encima de la placa perforada con vástago con sobrecargas antes de sumergirlo en agua para el ensayo de CBR.....	221
Figura 90 Procedimiento del ensayo de penetración que se sumerge el molde con la muestra compactada, forma parte del ensayo de CBR.....	222

Figura 91 Procedimiento de obtener el peso de la extracción de la muestra compactada luego de 96 horas sumergida en agua del ensayo de CBR	222
Figura 92 Panel fotográfico de la calle Luis Alberto Sánchez	223
Figura 93 Panel fotográfico de la avenida José Olaya	223
Figura 94 Paneles fotográficos ¹ de la situación actual de las calles y avenida de la sección V de las 11 vías en sentido vertical.....	224
Figura 95 Paneles fotográficos ¹ de la situación actual de las calles y pasajes de la sección H de 12 vías en sentido horizontal.....	224

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

De las primeras disposiciones para el ser humano es seguir creciendo constantemente y una de ellas es poder lograr habitar en un sector urbano y cubrir sus necesidades, debido a que los países se encuentran en constante desarrollo y crecimiento a nivel territorial, éstas requieren de una buena infraestructura para sus habitantes y así mismo, la calidad de vida sea próspera de las personas que lo habitan.

Según Global Infrastructure Hub (GIH, 2022) afirma que, en el 2020, se habría necesitado una inversión total equivalente al 5% del PIB mundial (público y privado) para cerrar la brecha existente en materia de infraestructuras. De hecho, la necesidad de ampliar la cobertura y la calidad de las infraestructuras a nivel internacional sigue siendo apremiantes, en especial en los países en desarrollo y de bajos ingresos.

En este sentido, las infraestructuras desempeñan un papel fundamental en la consecución de los objetivos de desarrollo mundiales. Su fomento y expansión tiene un impacto positivo en el 92% de las metas de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) directa e indirectamente. En consecuencia, las necesidades actuales y futuras de infraestructuras a nivel mundial son amplias (Corficolombiana, 2022, p. 5).

Dentro de las necesidades generales de infraestructura, la infraestructura vial en particular juega un papel trascendental, debido que, la construcción de carreteras ha aportado mayores niveles de competitividad y productividad, reducción de tiempos y costos de transporte, creación de empleo y crecimiento económico, entre otros impactos positivos. (Kulanthayan et al., 2019, p. 1)

Actualmente, cuando se menciona sobre construcción de carreteras, se considera el estado de las vías, tanto como pavimentadas y no pavimentadas, hacemos referencia a lo que vivimos hoy en el Perú, por consiguiente, en la Red Vial Nacional (RVN) afirma que, el 76.89% de vías se encuentran con pavimentación en buen estado, por la cual equivale al

17,377 km de vías interconectadas en el Perú de un total de 22,600 km. Si lo observamos, nos indicaría que el Perú cuenta con una buena infraestructura vial: sin embargo, si realizamos una visión minuciosa; de acuerdo, a la Red Vial Departamental (RVD) nos menciona que el 20.62% de las vías son las que interconectan los departamentos del país son vías pavimentadas, y éstas representan al 961.23 km de un total de 4,661 km (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2022).

Además, en la Red Vial Vecinal o Rural (RVV) afirma que, solo abarca el 1.61% de vías cuentan con pavimentación, por lo que representan al 602.3 km de un total de 37,463.2 km de vías vecinales en la macro región norte; sin embargo, la mayor parte de vías se encuentran en un grado de trocha representado por el 72.34% (MTC, 2022).

En relación a lo mencionado anteriormente, el gobierno del Estado Peruano está preocupado por seguir con los avances de infraestructura vial para el año 2022, por la cual, afirma que "el avance de inversiones en carreteras entre enero y julio del 2022, representa el 95% entre ellas, el 63.4% en puertos, vías férreas y líneas 1 y 2 del Metro de Lima 51.7%" (MTC, 2022).

Respecto a los conceptos mencionados, el estado de nuestras vías se han transformado en un problema desde la existencia de las anteriores, que tienen deficiencias como el mantenimiento adecuado, una buena infraestructura vial, el inadecuado sistema de drenaje para agua pluviales, por la cual el flujo de agua que se obtiene, no se dirigen a sus cauces naturales, esto provoca efectos contaminantes como el hidrocarburo y metano que son atraídos por las aguas e incrementando la contaminación y por consiguiente, afecta la población, por la que tienen el afán de conseguir un área que satisfagan sus necesidades sin concienciar el impacto que causan.

Sobre las publicaciones en las páginas web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y Wikipedia:

Hasta el mes de junio del 2022, según INEI, "El Perú cuenta con más de 33 millones 396 mil 700 pobladores. Siendo Lima, Piura, La Libertad, Arequipa y Cajamarca (5 de los 24 departamentos y una Provincia Constitucional del Perú), los territorios que albergan el 53% de la población total" (INEI, 2022, p. 1). Esto también se complementa en la página web de Wikipedia, haciendo referencia a INEI, donde afirman que "el Perú ocupa el puesto número 46 de población a nivel del mundo y el número 7 en América, por encima de Venezuela". (Wikipedia, 2022, p. 1)

En relación, a lo mencionado anteriormente, tanto como el distrito de Trujillo y el distrito de Salaverry, no son ajenos ante esta situación, debido que hemos vivido el "Fenómeno del Niño Costero del 2017", por la cual, casi en la totalidad de vías se encuentran deterioradas y en algunas situaciones, la mayor parte de la carpeta asfáltica se han desgastado, esto causa el incremento de accidentes y la contaminación afectando así directamente a la población.

1.1.1 Realidad problemática

El Asentamiento Humano Alto Salaverry tiene una población más de 7,156 habitantes (INEI – CENSO 2017) y un total de 22,717 habitantes en el distrito de Salaverry (INEI, 2020), ubicada en la Provincia de Trujillo, Región La Libertad, en esta zona presenta vías deterioradas y algunas vías sin pavimentar, como éstas vías están en estado de terreno natural, lo cual, implica cuando transitan los vehículos, estos generan contaminación directa que afecta a los pobladores y al parque motor, y especialmente a los niños, que son expuestos a obtener alergias y evita que se desarrollen de una forma apropiada sin alterar su integridad física.

Entonces, en la zona de estudio tiene buzones y cajas de agua y desagüe, además, se encuentra en constante crecimiento poblacional, y es necesario, mejorar las condiciones de las vías dando una propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima,

para beneficiar directamente a los pobladores del Asentamiento Humano Alto Salaverry y las zonas aledañas.

1.1.2 Enunciado del problema

¿Cuál es la mejor propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar la propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022.

1.2.2 Objetivos específicos

Oe1. Determinar el nivel de daño en zonas pavimentadas en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022 aplicando el método PCI.

Oe2. Realizar el estudio de suelos con fines de pavimentación.

Oe3. Determinar la carga vehicular para las vías en estudio aplicando el método de los conteos.

Oe4. Proponer el dimensionamiento del paquete estructural más óptimo que se adapte a la zona de estudio.

1.3 Justificación del estudio

En el aspecto teórico, dada en la investigación está orientado a usar la guía AASHTO 93 para cumplir los parámetros y requerimientos que exige el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) ya que permitirá realizar a propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022 empleando estudios de suelos, topográfico y tráfico vehicular; además, con el método PCI para pavimentos flexibles, es un manual que permite identificar el estado funcional del pavimento y el nivel de daño en las zonas pavimentadas del área de estudio.

En el aspecto académico, dada en la investigación permitirá brindar a los estudiantes en los próximos años el apoyo que les permita conocer los criterios de diseño y los diversos procesos de diseño de estructuras de pavimentos flexibles, pero también, considerar los procedimientos utilizados para llevar a cabo un registro y diagnóstico vial.

En el aspecto social, dada en la investigación se beneficiará a los pobladores directamente, quienes disfrutarán de mayor comodidad y seguridad al circular por la zona; de igual manera los beneficiarios de zonas aledañas, la cual aumentará su grado de negocio e interconexión, debido a la propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022.

En el aspecto ambiental, dada en la investigación permitirá mitigar el impacto ambiental, considerando las medidas necesarias que ayudará a disminuir la contaminación y se realizará los estudios adecuados para identificar los daños en la pavimentación para alcanzar un periodo de vida útil elevado.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedente Internacional

La tesis de Moreno y Marcillo (2022), titulada "Diseño estructural del pavimento flexible de la calle teniente Hugo Ortiz del Cantón de Portoviejo" tiene como objetivo principal es realizar el diseño estructural de los espesores del pavimento flexible usando la metodología AASHTO 93. Para poder concretarlo, efectuar ensayos geotécnicos para obtener las características del suelo de la vía en estudio, emplear el método de análisis del aforo vehicular para poder encontrar el valor del TPDA y determinar el diseño más óptimo para las dimensiones de los espesores del pavimento flexible con los resultados aplicando el método AASHTO 93, de tal sentido respondiendo al primer objetivo concluyó que el tipo de suelo es limoso con CBR de la subrasante del 0.94%. Para el segundo objetivo corresponde contrastar los datos obtenidos en campo, se obtuvo que el tipo de vía C1 describe que es

una carretera de 2 carrillos con proyección a 18 años de estudio y el tercer objetivo se concluyó los espesores del pavimento flexible, con una carpeta asfáltica de 10 cm, la base granular de 16cm y la sub base granular de 45 cm, dando así un total de 71 cm. Estos resultados concluyeron con las pautas para el diseño óptimo del pavimento en la calle Teniente Hugo Ortiz. El aporte del antecedente para la investigación es el diseño estructural de los espesores del pavimento flexible usando el método AASHTO 93, así como la determinación de las características del suelo mediante ensayos geotécnicos y el análisis del aforo vehicular para obtener el TPDA.

En el artículo científico de Rondón y Reyes (2007), titulada 'Metodologías de diseño de pavimento flexibles: tendencias, alcances y limitaciones' tiene como objetivo principal en evaluar la respuesta de materiales granulares utilizados en capas de base y subbase de pavimentos flexibles, bajo cargas cíclicas y condiciones ambientales similares a las que se presentan in situ. Se compararon métodos de diseño empíricos y analíticos, destacando los avances en los métodos analíticos, como los programas de elementos finitos y elementos discretos. Los métodos empíricos se basaron en observaciones y mediciones de campo, correlacionando el comportamiento in situ con los factores que causan la degradación de los pavimentos flexibles. Sin embargo, se encontraron limitaciones en la caracterización de la deformación permanente y en la determinación entre el CBR y el módulo resiliente. Los métodos analíticos consideran el estado de esfuerzo y deformación en las capas del pavimento, utilizando diversas tecnologías desarrolladas por instituciones de investigación. Se mencionan algunas desventajas en los cálculos de esfuerzos y deformaciones. Además, se presentaron programas de elementos finitos y discretos, con sus respectivos procedimientos y desventajas. El aporte del antecedente para la investigación ofrece una revisión de las metodologías de diseño de pavimentos flexibles, incluyendo tanto métodos

empíricos como analíticos, destaca los avances en los nuevos métodos analíticos y menciona algunas limitaciones de los enfoques empíricos.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

La tesis de Guerrero y Vásquez (2022), titulada "Propuesta de diseño estructural flexible en la carretera panamericana sur entre los tramos puente Montalvo y Camiara para el mejoramiento de la transitabilidad vial" tiene como objetivo principal es proponer el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad de la carretera panamericana sur entre los tramos Pte. Montalvo y Pte. Camiara. Para concretarlo, se evaluó el estado funcional del pavimento utilizando la metodología PCI. Se determinó la carga vehicular mediante conteos diarios y se determinaron los espesores del pavimento flexible siguiendo la metodología AASHTO 93. En cuanto al estado funcional del pavimento, se obtuvo un PCI de 13, lo cual les indicó una clasificación de muy malo. En relación a la carga vehicular, se produjo un IMDA de 4532.84 veh/día, observaron un aumento del flujo vehicular a partir de las 7:00 pm, siendo este el horario de mayor tránsito. Para el tercer objetivo, lograron tener resultados del estudio de tráfico y mecánica de suelos. Finalmente, cumpliendo los requisitos de la metodología AASHTO 93 determinaron los espesores recomendados: una carpeta asfáltica de 17 cm, una base de 40 cm y una subbase de 22 cm. El aporte del antecedente para la investigación son los estudios que emplearon para proponer el diseño del pavimento flexible, emplear una metodología PCI para identificar el estado funcional del pavimento y el nivel de daño que se encuentra, estudios de tráfico y de suelos; y así cómo aplicar el método AASHTO 93 para determinar los espesores recomendados de la estructura del pavimento.

En el artículo científico, De La Cruz y Paredes (2021), titulada "Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima" tiene como objetivo principal es determinar el diseño de pavimento flexible, para la mejora de transitabilidad vehicular. Para poder concretarlo, realizaron el

estudio vehicular, obtuvieron las características del suelo mediante la clasificación SUCS, el ensayo CBR y la determinación de MR, así mismo proponer un diseño para el paquete estructural del pavimento flexible, de tal sentido respondiendo al primer objetivo concluyeron que el ESALs fue de $1.22 \text{ E}+07$ que proyectaron para 20 años, respecto al segundo objetivo obtuvieron los resultados de las 6 calcatas con su clasificación SUCS y el % de CBR para la determinación de MR en general; finalmente, propusieron un diseño para el paquete estructural del pavimento flexible empleando la metodología AASHTO 93 dando como resultados las dimensiones de los espesores de la carpeta asfáltica de 7.5 cm, la base de 20 cm y la subbase de 15 cm. El aporte del antecedente para la investigación es la información valiosa sobre cómo la propuesta de diseño estructural de pavimento flexible empleando la metodología AASHTO 93 y su aplicación en la mejora en la transitabilidad vehicular llevando a cabo un estudio integral de análisis de tráfico y las características del suelo, la cual este artículo ofrece información práctica y resultados concretos sobre cómo abordar este tipo de investigación.

2.1.3 Antecedentes Locales

La tesis de Rodríguez (2023), titulada "Diseño estructural del pavimento flexible de la vía entre Kilómetro 22.5 Carretera Simbal y el Anexo CPM Ciudad de Dios, Trujillo, La Libertad" tiene como objetivo principal es realizar diseño estructural de la vía entre el km 22.5 de la Carretera Simbal y el Anexo CPM Ciudad de Dios, en Trujillo, La Libertad. Para lograrlo, se realizaron diferentes estudios, como el topográfico, el de tráfico y carga vehicular, y el de mecánica de suelos. El diseño de la estructura del pavimento y determinar los espesores se llevó a cabo utilizando la metodología AASHTO 93. El estudio topográfico reveló una longitud de 1,346 km de camino vecinal con una topografía llana y una pendiente moderada de 1% al 2%. El estudio de tráfico identificó un volumen máximo de 931 vehículos por día en el tramo estudiado, proyectándose a 824 vehículos por día en cuatro años. Se perderá que el mayor flujo vehicular ocurriría entre las 12:00 pm y la 1:00 pm, con 22

vehículos mixtos. En cuanto al estudio de mecánica de suelos, se obtuvieron los resultados de los ensayos correspondientes y se describieron en la investigación. Por último, utilizando el método AASHTO 93, se generaron cinco alternativas de espesores del estructural, concluyendo que la alternativa número uno era la más adecuada. El pavimento flexible fue seleccionado como opción debido a su menor costo inicial de construcción, el bajo volumen de tráfico vehicular y su aplicabilidad en la zona. El aporte del antecedente para la investigación radica en un caso de estudio detallado y completo de como proponer un diseño estructural de diseño de pavimento flexible con información relevante sobre el estudio topográfico, carga vehicular, características del suelo y la metodología AASHTO 93.

La tesis de Lujan (2022), titulada "Diseño estructural del pavimento flexible de las avenidas Alto Trujillo, sectores 1,2,3 y 4, Trujillo 2021" tiene como objetivo principal es determinar el diseño estructural del pavimento flexible en las avenidas de Alto Trujillo, sectores 1, 2, 3 y 4. Para concretarlo, se realizaron estudios topográficos y geotécnicos, se calculó el flujo de tránsito y se determinaron los parámetros de diseño del pavimento. El levantamiento topográfico reveló alturas máximas y mínimas de 242.00 msnm y 142.00 msnm respectivamente. Los ensayos geotécnicos mostraron que la subrasante es buena, perteneciendo a la categoría S3. En cuanto al flujo de tránsito, se obtuvieron resultados de IMDA igual a 1746 veh/día y un número ESAL's de 2'276,637.826 ejes equivalentes. Con base en estos datos, se determinaron los parámetros de diseño utilizando el Manual de Suelos y Pavimentos, considerando una confiabilidad del 75%, una serviciabilidad inicial de 3.8 y una serviciabilidad final de 2. El resultado del módulo resiliente fue de 13407.62 kg/cm². Finalmente, se determinó las dimensiones del paquete estructural del pavimento flexible cumpliendo la guía AASHTO 93 y MTC-2014. El aporte del antecedente para la investigación consiste en proporcionar un diseño estructural viable para lograr una pavimentación óptima, los estudios topográficos, geotécnicos y de tránsito permiten

determinar los parámetros de diseño necesarios, lo que contribuye al conocimiento y aplicación de técnicas de diseño estructural en el campo de la pavimentación.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Pavimentos

Definición. Se define como una estructura que presenta una variedad de espesores, y éstas están una encima de otra, tiene como finalidad de repartir los esfuerzos con los que puede aguantar cargas empleadas por vehículo; es decir, el pavimento proporciona confort y seguridad (MTC, 2013, p. 21). Además, es capaz de soportar tanto el tránsito vehicular como los factores climáticos. Además, tiene que tener una mayor durabilidad en el tiempo y económico, cómodo para los pasajeros y lo más seguro posible, por lo que en relación con el color del pavimento debe evitar el deslumbramiento. Entonces para aumentar su durabilidad, debe contar con un drenaje adecuado y estructuras adicionales para incrementar el periodo de tiempo. (Montejo Fonseca, 2002, p. 1)

2.2.2. Función de un pavimento

El propósito del pavimento se puede resumir en tres aspectos principales:

Proporcionar una superficie de rodadura que permita una circulación confiable y cómoda de vehículos en cualquier condición climática.

Distribuir las tensiones externas al contraerlo, reduciendo estas tensiones a niveles aceptables para las capas inferiores.

Ser lo suficientemente resistentes para soportar todas las cargas que se les apliquen sin sufrir deformaciones permanentes. (Collazos, 2014, p.7)

2.2.3 Tipos de pavimentos

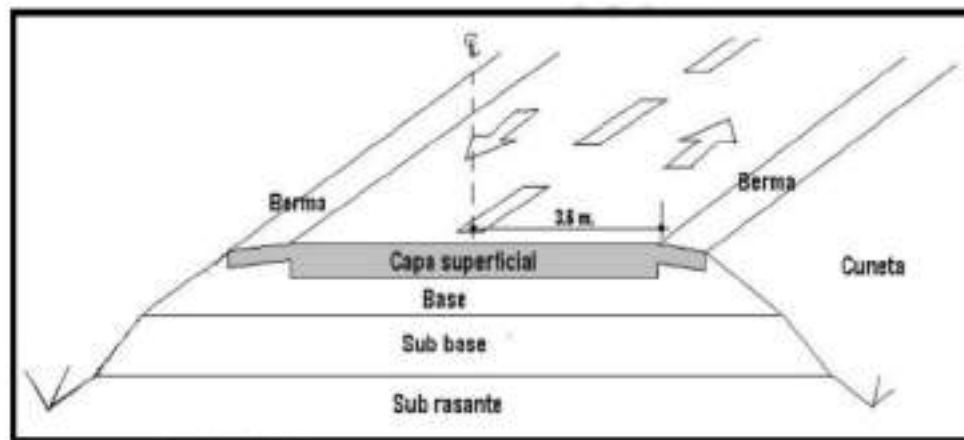
Pavimento de concreto asfáltico. Se le llama también como pavimento flexible, este es la formación de materiales granulares, es decir, una base y subbase en la que es una capa que mejora la rugosidad y el pavimento, sin embargo, respecto al sellado, es una capa de material bituminoso, la capa de rodadura es una solución asfáltica. (MTC, 2013, p. 469)

Se puede clasificar conforme al nivel de desempeño óptimo que muestran frente a las cargas, es decir tenemos un diseño de alta demanda o baja demanda, por ello, lo clasifican en tipo alto, medio y bajo (Rodríguez et al., 2005).

En pavimentos que son nivel alto tienen en su estructura, una resistencia apropiada por lo que, éstos resisten al cambio climático y al desgaste provocado debido al tránsito vehicular, entonces éstas tienen un costo elevado y mayor durabilidad; los pavimentos con nivel medio, éstos pavimentos tienen costo tolerable y algunas muestran como estructuras tratadas, éstas se presentan en grado menor que los pavimentos de alto grado, en general son transitadas moderadamente; y finalmente, los que son nivel bajo o tipo bajo utilizan primordialmente en carreteras o accesos con poco tráfico, por lo tanto, para este tipo de pavimento, el criterio más económico requerido es el acceso al suelo con tratamiento superficial.

Figura 1

Capas de la estructura de un pavimento asfáltico (flexible)



Nota. La figura muestra una sección transversal de vía típica acerca de las capas que la conforman. Fuente: Libro de Ingeniería de pavimentos para carreteras por Montejó (2002).

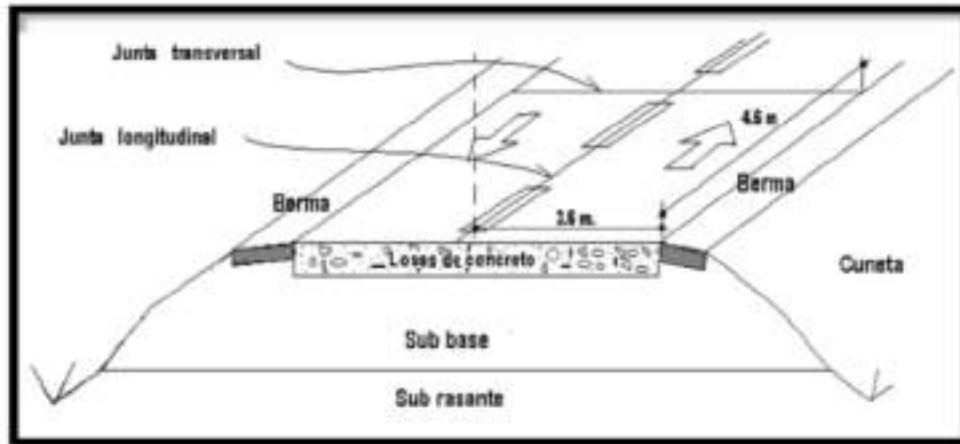
En una estructura del pavimento asfáltico se componen de 4 capas: capa superficial, base, sub base y subrasante. La capa superficial está conformada por una carpeta asfáltica

por la cual es el área donde circulan los vehículos, por consiguiente, debería exponer propiedades idóneas para promover la transitabilidad, una coloración adecuada, posee una rugosidad idónea que admita un tránsito más cómodo, ésta capa debería evadir el flujo de agua no pase, evitando que cause daño en la parte inferior de las capas. La Base, es la base granular que tiene 2 funciones importantes: la capacidad de resistencia y la funcionalidad económica; una funcionalidad resistente, es la que soporta cargas provenientes de la parte superior de las capas y las transfieren a la subbase y luego a la subrasante; en la subbase está conformado de un material granular, en la mayoría de los casos se pasa por una granulometría, si es la apropiada para conseguir una resistencia adecuada, esta capa cuenta con una funcionalidad ahorrativa, con mayor durabilidad y calidad en comparación a la subrasante; generalmente, en la subbase es de un material rentable, en cambio esta capa actúa como una transformación, evitando así, en el material de capa preeminente no se mezcle con la capa de la subrasante y viceversa, en la subbase reduce alteraciones que se presentan, retiene el flujo de agua y transfiere cargas que adquiere a la capa de subrasante; y finalmente, en la capa de subrasante es el terreno natural que se encuentra en su estado natural de la zona de estudio.

Pavimento de concreto hidráulico. "Es la formación de un sustrato granular y otra de base de rodadura compuesta de concreto de cemento hidráulico, por lo que se denomina como pavimento rígido" (MTC, 2013, p. 801). En la subbase puede estar compuesta por un material estable, es decir, es una capa base que resiste debajo de la losa de concreto. Entonces, existe 3 diferentes pavimentos según lleven algún tipo de refuerzo o junta. El pavimento sin juntas es un pavimento continuamente reforzado, éstos son suficiente armadas para prevenir posibles fisuraciones. En nuestro país, primordialmente usan los pavimentos hidráulicos reforzados con juntas, posteriormente, están los pavimentos hidráulicos simples con juntas.

Figura 2

Capas de la estructura de un pavimento rígido



Nota. La figura muestra una sección típica de un pavimento rígido, ésta tiene 2 capas sobre la subrasante. Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras por Montejo (2002).

Las capas de la estructura de un pavimento hidráulico se componen de 3 capas: losa de concreto, subbase y subrasante. Una losa de concreto se presenta en la capa de rodadura semejante al pavimento de concreto asfáltico, además obedece la funcionalidad estructural de aguante por las cargas causadas debido al movimiento de los automóviles, durante el diseño se menciona constantemente de conseguir un estándar tolerable que tiene que ser cómodo y seguro; en la subbase se entiende como un material granular que se presenta en la parte inferior de la losa de concreto, y su función es de eludir la fracasa del bombeo en el comité, además se ocupa de las cargas a partir de la losa de concreto en dirección a la subrasante, pues por ser primordialmente un material granular, y su función es disminuir la aglomeración del agua; y finalmente, en la subrasante tanto para el pavimento rígido como el pavimento flexible es el terreno natural que se encuentra en su estado natural de la zona de estudio.

2.2.4 Diferencia de los pavimentos: rígido y flexible

Pavimento rígido: Presenta óptimas propiedades para abstraer las cargas sometidas y repartirlas apropiadamente en la subbase. Presenta una mayor resistencia y necesita el menor grado de mantenimiento.

Pavimento flexible: trabaja repartiendo cargas a sus capas subalternas, la cual se logra dispersar **la energía en la subrasante. Se desarrollan mantenimientos periódicos y habituales, es decir, más relativos, lo cual genera el alto costo de mantenimiento.**

Debido que, en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, es un distrito de Salaverry, en la región La Libertad, en este sector el clima es cálido y no se estima climas tropicales lluviosos, sin embargo, en varias regiones de la sierra de La Libertad si pasa este tipo de clase de clima.

2.2.5 Factores de diseño en pavimentos

El tránsito. Es esencial considerar varios aspectos al dimensionar los pavimentos. Entre ellos, es importante determinar las cargas más pesadas por eje que transitan por el carril específico, ya que estas generan acumulación de deformaciones en el pavimento, lo que se conoce como fatiga. Además, es necesario tener en cuenta las solicitaciones tangenciales en tramos especiales, como curvas, zonas de frenado y aceleración. También se deben considerar las velocidades de operación de los vehículos. Todos estos factores son cruciales para un diseño adecuado del pavimento.

La subrasante. En relación a la capa subrasante, es fundamental que su espesor y buena composición sean adecuados, ya sea que se trate de una capa flexible o rígida, con el objetivo de asegurar su calidad. Al evaluar esta capa, se considera como criterio su capacidad y resistencia para soportar los esfuerzos generados por las cargas de los vehículos, impidiendo las alteraciones no deseadas. También es indispensable tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad.

En el caso de suelos que presenten esta sensibilidad, es recomendable implementar medidas adicionales en la estructura del pavimento, como la impermeabilización o la seguridad utilizando aditivos específicos. Estas medidas buscan contrarrestar los efectos negativos que la humedad puede tener en el suelo y asegurar una base sólida y duradera para el pavimento.

El clima. "El clima es uno de los aspectos que más perjudican al pavimento son las lluvias y su temperatura" (Risco, 2019, p. 25).

Las lluvias pueden provocar un aumento del nivel freático, lo que a su vez puede afectar la compresibilidad del suelo y generar alteraciones volumétricas. Este factor tiene un impacto significativo en el proceso constructivo del pavimento, y se deben considerar los siguientes:

- Movimientos de tierras.
- Colocación.
- Compresión de las capas asfálticas y granulares.

Es importante considerar que, en los pavimentos rígidos, los cambios de temperatura pueden ser mayores que las cargas del tráfico. Por otro lado, en los pavimentos asfálticos, las fluctuaciones de temperatura provocan variaciones en el módulo de elasticidad de las diferentes capas.

2.2.6 Daños presentes en los pavimentos flexibles

Los daños son la respuesta de complejas interacciones entre el diseño, los materiales, la construcción, el tráfico de vehículos y el entorno. Estos factores combinados son la causa del deterioro progresivo del pavimento; esta situación incrementa, si la carretera no se mantiene adecuadamente (Rodríguez Velásquez, 2009).

Se presenta los daños en pavimentos flexibles en 2 grupos:

Daño estructural. Se presenta imperfección en el pavimento, por la cual, es causa de un daño en la composición que lo conforma, reduciendo la adhesión existente en medio de las capas, provocando simplificación en la función de cargas externas.

Daño funcional. Se basa en deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocian claramente el índice de servicio, que están afectando en más grande o menor nivel la capacidad del camino en dar al cliente un tránsito práctico y seguro.

Se puede cuantificar mediante la severidad (baja, media, alta) y la cantidad (longitud, área, porcentaje, afectado número de veces)





















Se puede clasificar en 4 tipos de daños generales en los pavimentos flexibles, y son los siguientes:

1. Fisuras y grietas: piel de cocodrilo, fisuras en bloque, fisuras de borde, fisuras de reflexión de junta, fisuras longitudinales y transversales; y fisuras parabólicas o por deslizamiento.
2. Deformaciones superficiales: abultamientos y hundimientos; corrugación, depresión, ahuellamiento, desplazamiento y hinchamiento.
3. Desintegración de pavimentos o desprendimientos: baches; peladuras por intemperismo y desprendimiento de agregados.
4. Afloramientos y otros daños: exudación, agregado pulido, desnivel carril-berma, parches y cruce de vía férrea.

En relación a lo anterior, se destaca que los daños pueden estar categorizados según el tipo de pavimento. A continuación, se muestra la siguiente tabla que indica los daños más comunes correspondientes a cada tipo de pavimento.

Tabla 1

Resumen de tipos de daños para vías de concreto asfáltico

N°	Daño	N°	Daño	
1	Piel de cocodrilo (m2)	 11	Parqueo (m2)	
2	Exudación (m2)	 12	Pulimento de agregados (m2)	
3	Agrupamiento en bloque (m2)	 13	Huecos (und)	
4	Abultamientos y hundimientos (m)	 4	Cruce de vía férrea (m2)	
5	Corrugación (m2)	 15	Ahuellamiento (m2)	
6	Depresión (m2)	 16	Desplazamiento (m2)	
7	Grieta de borde (ml)	 17	Grieta parabólica (slippage – m2)	
8	Grieta de reflexión de junta (ml)	 18	Hinchamiento (m2)	
9	Desnivel carril-berma (ml)	 19	Desprendimiento de agregados o	
10	Grietas longitudinales y transversales (ml)	 Meteorización (m2)		

Nota. Extraído de Pavement Condition Index. Recapitulado por Vásquez Valera (2002)

2.2.7 Método Pavement Condition Index (PCI)

Definición. "Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE.UU por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978" (Leguía y Pacheco, 2016, p. 39).

Esta metodología realiza una inspección visual los daños encontrados en cada paño, de los cuales se puede cuantificar en términos del porcentaje que afecta al tramo de carretera, es decir, en la sección de evaluación. El nivel de daño (PCI) se obtiene el cálculo del porcentaje en relación a la cantidad total de paños que se van a evaluar (Vásquez, 2002).

Los daños en el pavimento flexible están determinados por su severidad, la fracción de deterioro presente en todas las secciones y su densidad relativa a la sección seleccionada. Para calcular el PCI proviene de una inspección visual; de lo cual, se refiere al inventario de severidad y de la fracción indicada relativa al número total de la vía, es decir,

representa la totalidad del pavimento, generalizado de un índice de rango 55 del PCI hasta arriba es de bueno a excelente; además, de 40 a 0 es un grado malo hasta que fracasa (Vásquez Valera, 2002).

Tabla 2

Rangos de clasificación PCI gradualmente

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Dañado

Nota. Extraído de Pavement Condition Index. Recapitulado por Vásquez Valera (2002)

Tabla 3

Rangos de calificación según el valor PCI y estado para una propuesta de alternativa de solución

PCI	ESTADO	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
85 – 100	Muy bueno - Excelente	Mantenimiento Rutinario
55 – 85	Regular – Muy Bueno	Mantenimiento Periódico
25 – 55	Muy malo – Regular	Rehabilitación
0 – 25	Dañado – Muy malo	Reconstrucción

Nota. Adaptación del Instituto de Desarrollo Urbano. Bogotá, 2008.

Desarrollo para determinar el índice de condición del pavimento. Es la etapa inicial se basa en realizar un trabajo de campo en el cual se accede a la zona de verificación y se documentan los desperfectos del pavimento, considerando su naturaleza con el fin de determinar su categoría, nivel de severidad y extensión. Estos datos se registran utilizando

formatos o plantillas para facilitar el proceso de inspección (Vásquez Valera, 2002).

Entonces, se muestra en la siguiente figura 3.

Figura 3

Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR			FECHA				
<input type="text"/>			<input type="text"/>				
No.	Daño		No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.		11	Parcheo.			
2	Exudación.		12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.		13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.		14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.		15	Ahuecamiento.			
6	Depresión.		16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.		17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.		18	Hinchariento.			
9	Desnivel carril / berma.		19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.						
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota. Extraído de Pavement Condition Index. Recapitulado por Vásquez Valera (2002)

Unidad de muestreo. Se divide la vía en secciones o "unidades de muestreo", la cual las dimensiones varían respecto al tipo de vía y cada capa de rodadura:

- Carreteras con carpeta asfáltica y ancho menor que 7.30 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.00 \pm 93.00 \text{ m}^2$.

La siguiente tabla 4 presentan algunas relaciones de la longitud y ancho de calzada pavimentada:

Tabla 4*Longitudes de unidades*

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Nota. Extraído de Pavement Condition Index. Recapitulado por Vásquez Valera (2002)

Análisis de la condición del pavimento asfáltico. Se realiza una inspección del pavimento según las directrices del manual para evaluar el tipo de superficie y determinar los daños, con el fin de obtener un índice de condición del pavimento (PCI) confiable. Este análisis de la condición del pavimento asfáltico abarca los siguientes aspectos:

Odómetro: Se utiliza manualmente este dispositivo para medir las longitudes y áreas de los daños en el pavimento.

Regla y cinta métrica: Se utiliza para determinar las profundidades de los huecos, hundimientos o depresiones.

Manual de daños del PCI: Se utiliza este manual como guía, junto con los formatos correspondientes, para registrar y documentar el estado superficial del pavimento.

Procedimiento. Se lleva a cabo una inspección de la unidad de prueba con el fin de determinar el tipo de daño presente en la superficie del pavimento, siguiendo los procedimientos establecidos en el manual correspondiente. Además, se consideran las definiciones establecidas y se registran los datos obtenidos en el formato adecuado.

Se emplea el formato o la plantilla diseñada para evaluar el estado de cada muestra, y en los espacios correspondientes se anotan detalles sobre el daño identificado, su extensión y su nivel de gravedad.

Para garantizar la seguridad vial, se utilizan medidas de protección, como conos de seguridad y dispositivos de señalización y advertencia tanto para el vehículo acompañante como para el personal presente en la vía, a fin de prevenir posibles accidentes de tránsito.

Factores para la evaluación de la condición de un pavimento. El proceso para evaluar los factores de un pavimento se lleva a cabo en dos etapas. En primer lugar, se realiza un trabajo de campo donde se identifican los daños presentes en el pavimento, especificando su tipo, nivel de gravedad y extensión en cada muestra. En la segunda fase, se realiza un cálculo para determinar el valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés).

La severidad se refiere al nivel de deterioro crítico de una infraestructura, ya medida que el daño sea más grave, se reforzarán medidas más importantes para corregirlo. El nivel de severidad del daño se establece teniendo en cuenta la calidad del tráfico, lo que resulta en tres niveles de severidad de daño distintos:

Bajo (Low): nivel donde se percibe las vibraciones del vehículo, pero en donde no es fundamental reducir la velocidad.

Medio (Medium): nivel en el cual las vibraciones del vehículo son significativas y por ello se requiere una reducción de la velocidad para mejorar la seguridad y comodidad.

Alto (High): nivel donde se presenta vibraciones de los vehículos que son extensivas, creando incomodidad o un alto índice de peligro a los vehículos, que comprende reducir la velocidad de manera considerable.

2.2.8 Estudio de mecánica de suelos

Antes de realizar el estudio de mecánica de suelos (parámetros para el estudio de suelos), es necesario el estudio topográfico (levantamiento topográfico, sistema de referencia

geodésico y georreferenciación) porque proporciona información detallada sobre la configuración en que se encuentra el terreno, incluyendo las elevaciones, pendientes, características geomorfológicas y otros elementos relevantes.

Estudio topográfico. Se presenta lo siguiente:

Levantamiento topográfico. El levantamiento topográfico posibilita la elaboración de mapas o planos en los cuales se representan características físicas como ríos, lagos, caminos, embalses y bosques, junto con las distintas altitudes de relieves variados como valles, colinas, llanuras y pendientes.

Sistema de referencia geodésico. El sistema de referencia geodésico es una herramienta matemática que nos permite obtener coordenadas en la superficie terrestre para lograr una correcta georreferenciación.

En Perú, empleamos el sistema geodésico mundial WG S84, vigente desde 1984. Este sistema geodésico tiene un margen de error de 2 cm, y es el que sustenta el sistema de posicionamiento global (GPS).

Georreferenciación. Es el procedimiento mediante el cual se determina la posición de un elemento en términos de latitud y longitud geográfica, usando un sistema de coordenadas. Google Earth es una de las herramientas de georreferenciación más usadas, ya que proporciona una vista aérea de puntos en el mapa mundial.

Estudio de suelos. Se presenta lo siguiente:

Exploración de suelos. Tanto para las normas como AASHTO, ST 86-90 y ATM D420-69, se realiza un análisis minucioso y muestreo, empleando suelos y rocas, los procedimientos para el estudio son: inspeccionar el terreno, esto apoya a distinguir la diversidad del suelo que se muestran; también, conceptualizar las principales capas de suelos superficiales, estas capas son paralelas para marcar la zona donde los suelos son similares, así como para detectar regiones inseguras para el tendido de la vía (MTC, 2013).

Generalmente, la distancia de calcatas está entre rangos de 0.250 km a 2.000 km, aunque existen situaciones que tienen la posibilidad de estar más cercano y aquellos están ligados como: alteración en la topografía, al momento de realizar la marca en el sector donde el suelo es pobre, la zona que cuenta con cargas de terraplenes o relleno más de 5.0 m, la aproximación de la relación del rasante y terreno natural.

Se realizan pruebas de laboratorio utilizando las muestras extraídas siguiendo el procedimiento descrito. Los resultados obtenidos se envían al laboratorio correspondiente, donde se desarrollarán de manera gráfica y descriptiva. Además, se determinará la composición estratigráfica de las muestras de suelo, tanto en su eje como en los lados, con un espesor mínimo de 1,50 metros respectivamente.

Se considera que la capa superior corresponde a la calzada, de acuerdo con el diseño geométrico de la carretera, y la capa inferior indica el espesor y el tipo de suelo utilizado como cimentación.

Para lograr la composición estratigráfica del área de la calicata, se usarán procedimientos de levantamiento geofísico para definir el estado natural y características del suelo y/o piedra subyacente (MTC, 2013, p. 25).

Características de la subrasante. Según MTC (2014) menciona que, para conocer las propiedades físico-mecánicas de la muestra, se realizarán ensayos mediante sondeos de investigación o excavaciones al menos 1.5 m de profundidad, con el menor número de operaciones por km. Si la longitud de esta es inferior a 500 m, el número de pozos de investigación será la mitad del número de pozos para estudio detallado (p. 24).

Si la longitud de la carretera es de entre 500 m y 1000 m, se especificará la cantidad de excavaciones a lo largo de 1 km. En el caso de que la longitud del mar inferior a 500 m, se realizó la mitad de la cantidad de pozos de exploración descubiertos (MTC, 2014).

Tabla 5

Número mínimos de calcatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calcatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calcatas x km x sentido. Calzada 3 carriles por sentido: 4 calcatas x km x sentido. Calzada 4 carriles por sentido: 6 calcatas x km x sentido.	Las calcatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calcatas x km x sentido. Calzada 3 carriles por sentido: 4 calcatas x km x sentido. Calzada 4 carriles por sentido: 6 calcatas x km x sentido.	Las calcatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	4 calcatas x km.	
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	3 calcatas x km.	
Carretera de Tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 – 201 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	2 calcatas x km.	Las calcatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 vehículos, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	1 calcata x km.	

Nota. Extraída del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Registro de excavación. Se tomará una muestra representativa del material de cada pozo, la cual se rotulará y precisará con etiquetas indicando el lugar del pozo, cantidad de espécimen y profundidad; además, los especímenes se colocará en una bolsa de plástico antes de llevarlos al laboratorio. Así mismo, se tomarán muestras de suelo representativas para comprobar el **módulo de MR y CBR**, para asociar con la ecuación de MR, la cantidad de pruebas depende del tipo de la vía.

Tabla 6

Tipo de carretera y número de ensayos CBR y MR





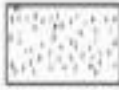

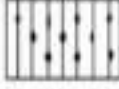


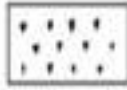





Tipo de carretera	N° M _R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1km y 1 CBR cada 1km x sentido.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada uno con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1km.
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR • (*)
Carretera de Tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 – 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2km se realizará un CBR.
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3km se realizará un CBR.

Nota. Extraída del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Descripción del suelo. Se llevará a cabo la descripción y clasificación de los suelos encontrados en relación con los métodos de construcción de carreteras. La clasificación se realizará utilizando los criterios establecidos por AASHTO 93 (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Cada una con su perfil de calcatas para poder realizar la descripción del suelo que se encuentre.

Figura 4





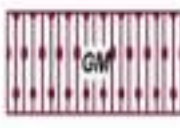


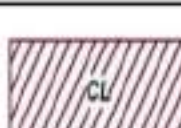




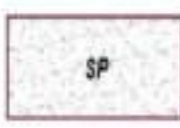
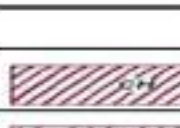

Perfil de calcatas según clasificación AASHTO 93

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		Materia Orgánica
	A-2-6		Roca Sana
	A-2-7		Roca Desintegrada
	A-4		

Nota. Extraído del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Figura 5

Relación de perfil de calicatas – clasificación SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Nota. Extraído de la norma MTC E101, simbología y gráficos para suelos. Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Ensayos de laboratorio. Se presenta los siguientes ensayos:

Contenido de humedad. Se entiende que, todo aquel suelo que presente un nivel de agua en su interior, se le denomina humedad; además, es la relación entre el peso de agua en una muestra y el peso del sólido (secado en el horno) en la muestra y esto se expresa en porcentaje (Menéndez, 2009).

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

W = Humedad que tiene un suelo en porcentaje (%)

Ww = Peso del agua contenida en la muestra del suelo.

Ws = Peso del suelo deseado.

Análisis granulométrico. Se usa para la clasificación del suelo e integra la especificación del suelo; además, se obtiene el porcentaje que lo compone según el parámetro del tamaño de partículas, no obstante, realizar la repartición de ellas y su influencia (peso) que permite la clasificación de cada suelo según su granulometría predominante (Menéndez, 2009).

Tabla 7

Clasificación del material según el diámetro de sus partículas

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm.
Arena	Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm.
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm.
Material Fino	Limo 0.075 mm – 0.005 mm.
	Arcilla Menor a 0.005 mm.

Nota. Extraída de Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Límites de consistencia. La cantidad de humedad se mide en forma de porcentaje, y se utilizan parámetros específicos para definir tres estados de comportamiento del suelo en relación al incremento de la humedad. Estos parámetros incluyen el límite líquido (LL), el índice de plasticidad (IP) y el límite plástico (LP). Estos se conocen como los límites de Atterberg (MTC, 2014).

El límite líquido se refiere a la cantidad máxima de agua que un suelo puede contener. Es el nivel de humedad crítico en el cual, si se agrega más agua, el suelo perdería su plasticidad y se transformaría en un estado líquido. Además, para el límite plástico, es cuando hay un mínimo de humedad en el suelo, donde la plasticidad está presente sin romperse o agrietarse (Menéndez, 2009).

$$\text{límite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo seco al horno}} \times 100$$

Entonces, con los parámetros anteriores, se calcula el índice de plasticidad, por la cual, es la diferencia entre LL y LP, esta indica la categoría que tiene el suelo, por la cual se comportará como un elemento plástico y la ecuación es la siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Ensayos de compactación. Al momento de compactar fluye energía y agua del suelo, el suelo resta espacios vacíos, este pertenece a los procedimientos de construcción básico para **aeropuertos, terraplenas y estudios semejantes de suelos y cimientos**; además, este proceso sería el medio, donde incrementa la densidad del suelo generalmente es de forma mecánica. (Menéndez, 2009, p. 16)

$$\rho_m = 1000 \times \frac{M_t - M_{mld}}{V}$$

Donde:

M_{mld} = Masa del molde de compactación (kg)

ρ_m = Densidad húmeda del espécimen compactado

V = Volumen del molde de compactación (m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

Para concluir, encontramos **la densidad seca**:

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

ρ_d = Densidad seca compactado

W = Humedad (%) (Manual de Ensayo de Materiales, 2016)

Ensayo de CBR. Según Menéndez (2009), "La resistencia del suelo es respecto a un indicador que le facilita realizar el cálculo del CBR" (p. 16).

Después de clasificar el suelo según las normas AASHTO y SUCS, se procede al reconocimiento del CBR (Coeficiente de Soporte de California). Para ello, se prepara **un perfil del suelo de una porción uniforme** que será sometido a pruebas específicas, como la

penetración y el cálculo de la densidad máxima en seco. Además, se realiza la clasificación del suelo, lo que finalmente permite determinar el CBR del suelo (MTC, 2014, p. 35).

Tabla 8

Clasificación de la subrasante según el CBR

Categorías de subrasante	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_0 : Subrasante Insuficiente	De CBR $\geq 3\%$ a CBR < 6%
S_0 : Subrasante Regular	De CBR $\geq 6\%$ a CBR < 10%
S_0 : Subrasante Buena	De CBR $\geq 10\%$ a CBR < 20%
S_0 : Subrasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\%$ a CBR < 30%
S_0 : Subrasante Excelente	CBR $\geq 30\%$

Nota. Imagen extraída de Manual de Carreteras 2014.

2.2.9 Estudio de tráfico vial según MTC basada de la Guía AASHTO 93

Tráfico vial. Uno de los agentes que más influye para diseñar el pavimento es la demanda o incremento de tráfico, la cual es la carga acumulada total generada por la circulación de los vehículos por el pavimento, por la cual causa de manera directa las dimensiones de la capa de diseño, porque es necesario tener cuidado al momento de hacer el conteo vehicular.

Estudio de tráfico. "Al cuantificar el tráfico por las vías es el estudio del tráfico, que representa a los ejes equivalentes acumulados, es decir, la demanda de tráfico de vehículos respecto al periodo de tiempo" (Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG], 2010, p. 25).

Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn. De acuerdo con AASHTO, el impacto del tráfico se mide en términos de ejes equivalentes acumulados durante un periodo de diseño establecido en la metodología. Según el método AASHTO, se considera que el deterioro del pavimento es causado por un eje simple de dos ruedas convencionales, que ejerce una carga de 8.2 toneladas con neumáticos a la presión de 80 lb/pulg^2 . (MTC, 2014, p. 73)

Para calcular el número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas durante el periodo de diseño, se realiza la suma de los Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículos por día para el carril de diseño. Esta suma se multiplica por el factor de crecimiento correspondiente a los 365 días del año. (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 73)

$$N_{\text{rep. de EE}_{8.2\text{tn}}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{\text{ca}} \times 365]$$

Donde:

$EE_{\text{día-carril}}$ = Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño

F_{ca} = Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

Índice medio diario anual (IMDa). Es la media semanal del número y la clasificación de los vehículos que transitan; y el valor FC es para aproximar el comportamiento de los servicios prestados del parque automotor en circulación por cada día durante el año. (MTC, 2014, p. 1)

Por lo tanto, se puede comprender que el Índice Medio Diario Anualizado (IMDa) se calcula mediante la recopilación de datos de conteos volumétricos y clasificación de vehículos realizados en el campo durante una semana. Además, se utiliza un factor de corrección para estimar el comportamiento del tráfico de pasajeros y mercancías a lo largo

de todo el año. El IMDa se obtiene multiplicando el Índice Medio Diario Semanal (IMDs) por el Factor de Corrección Estacional (Fc).

A continuación, la fórmula para calcular el tráfico medio diario anual (IMDa):

$$\text{IMDa} = \text{FC} \times \text{IMDs}$$

Donde:

IMDs: Índice Medio Diario Anual

FC: Factor de corrección estacional (MTC, 2018).

Crecimiento de tránsito. Cada plan de infraestructura vial tendría que ser diseñado en funcionalidad de un periodo de uso específico para asegurar el bienestar y la facilidad, así como evaluar el efecto del incremento local y las zonas de demanda máxima con respecto al crecimiento vehicular (MTC, 2018). La fórmula para desarrollar el cálculo de tránsito estimado a un periodo de años, es la siguiente:

$$t_n = t_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

De la fórmula anterior, donde t_n representa el tránsito estimado por año y símbolo es "n" en veh/día, por la cual, particularmente, se desarrolla en variedad de diseño a 20 años, por consiguiente, el t_0 representa al tránsito actual en veh/día; y finalmente, el valor "n" en números de años y "r" es la tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo (MTC, 2018).

Factor de crecimiento acumulado (Fca). Mediante la Tabla D-20 de la Guía AASHTO 93 se utiliza el criterio para seleccionar el Factor de crecimiento acumulado (Fca) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años (MTC, 2014).

Tabla 9

Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de Nrep. de EE

Periodo de Análisis	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Nota. Imagen extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

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

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento de vehiculos pesados

n = Periodo de diseño

1 **Factor de carril F_c y factor direccional F_d .** El factor de distribución direccional expresado en forma de ratio, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de la circulación, corresponde normalmente a la mitad del tráfico total que circula en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en la otra, lo que se definirá en función del recuento de tráfico (MTC, 2014).

El factor de distribución direccional, expresado como una proporción, representa el número de vehículos pesados que circulan en una dirección específica en relación al tráfico total que circula en ambas direcciones. Normalmente, este factor es la mitad del tráfico total en ambas direcciones. Sin embargo, en ciertos casos, puede ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual se determinará según los recuentos de tráfico realizados (MTC, 2014).

El factor de distribución de carriles expresado en forma de ratio, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tráfico por sentido se canaliza mayoritariamente por ese carril. El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada, según el porcentaje o factor aplicado ponderado al IMD, como se muestra en la figura 30 (MTC, 2014).

Tabla 10

Factores de distribución dirección y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (F_d)	Factor Carril (F_c)	Factor Ponderado $F_d \times F_c$ para carril de diseño
	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
1 calzada	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
(para IMDa total de la calzada)	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50







2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Datos de la tabla 6.1 del Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N°10-2014-MTC/14.

Factor vehículo pesado (Fvp) y factor de ejes equivalentes (EE). En el diseño de carreteras, las cargas perjudiciales se dimensionan utilizando ejes equivalentes (EE), los cuales representan las diferentes cargas, principalmente de vehículos pesados. Para lograr esto, se evalúa la contribución de peso de cada vehículo, teniendo en cuenta el factor de vehículos pesados y la configuración de los diferentes ejes que lo componen (MTC, 2013, p. 77).

Figura 6

Configuración de los ejes

Conjunto de Eje (E)	Nomenclatura	N° de Ruedas/Ejes	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Rueda Simple + 1 Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (Con Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TANDEM (Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TANDEM (Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota. El valor de RS es la rueda simple y RD es la rueda doble. Extraída de AASHTO 93.

Para calcular los ejes equivalentes (EE), se utilizan las relaciones simplificadas que resultan de las coincidencias de los valores presentados en la Figura 32 de la Guía AASHTO 93. Estas relaciones se utilizan en relación con diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados, ya sean microbuses o camiones, para pavimentos flexibles y semirígidos.

Tabla 11

Tipo de eje con su respectiva fórmula de Eje Equivalente (EE) dado a un pavimento flexible

Tipo de eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2 \text{ tn}}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S1} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{S1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{S1} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{S1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{S1} = [P / 21.8]^{3.9}$

P = peso real por eje en toneladas

Nota. Imagen de la Tabla D del apéndice D extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

El Factor de Vehículo Pesado (Fvp) se definirá como el número medio de ejes equivalentes para cada clase de vehículo pesado (microbús o camión) y la media se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes EE por la selección total de tipos de vehículos

pesados. A continuación, se presentan unos ejemplos para determinar el Factor Vehículo Pesado par diversas clases de vehículos pesados.

Tabla 12

Computo del Fvp según ejemplo extraído de AASHTO 93

Rango de Cargas por Eje (Toneladas)	Cantidad de Ejes Pesados de Balanza para 165 vehículos pesados	Factor de Equivalencia por Eje (EE por Eje)	EE (Ejes Equivalentes)
Eje Simple			
< 1.4	0	0.0002	0.00
1.4 – 3.2	1	0.005	0.01
3.2 – 3.6	6	0.032	0.19
3.6 – 5.4	144	0.067	12.53
5.4 – 7.3	16	0.360	5.76
7.3 – 13.6	1	5.389	5.39
Eje Tandem			
< 2.7	0	0.010	0.00
2.7 – 5.4	14	0.010	0.14
5.4 – 8.2	21	0.044	0.92
8.2 – 10.9	44	0.148	6.51
10.9 – 11.8	42	0.426	17.89
13.6 – 14.5	44	0.753	33.13
14.5 – 14.8	21	0.885	18.59
14.8 – 15.4	101	1.002	101.20
15.4 – 16.3	43	1.230	52.89
		Sumatoria EE	255.15

Nota. Extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Clasificación vehicular. Los vehículos pueden ser clasificados en categorías, tales como vehículos ligeros y vehículos pesados. Los vehículos ligeros, que incluyen camiones, automóviles, motocicletas y unidades pequeñas, generalmente tienen dos ejes y cuatro ruedas. Por otro lado, los vehículos pesados tienen características distintivas relacionadas con el radio de giro mínimo y las dimensiones permitidas en una curva horizontal, como la distancia entre ejes, el ancho total del vehículo y los voladizos. Finalmente, existen vehículos especializados utilizados en la industria minera, que comprenden camiones, remolques y vehículos para el transporte de animales, así como algunos autos deportivos (James y Reyes, 2007, p. 81).

Tabla 13

Tabla de tipos de vehículos

Tipos de vehículos		Número de ejes	Características	Símbolo
Vehículos ligeros	Automóviles		2 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camiones	2	2 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camionetas		2 ejes y 4 ruedas	Ac
		2	Autobuses de 2 ejes y 6 ruedas.	B
		2	Camiones en unidad rígida de 2 ejes.	C2
	2	Camiones en unidad rígida de 3 ejes.	C3	
	3	Camiones con 2 ejes en el tractor y 1 eje en el semi-remolque.	T2-S1	

Vehículos pesados	Micro, Bus,	4	Camiones con 2 ejes en el tractor y 2 eje en el semi-remolque.	T2-S2
	Camiones, Semi Trayler y Trayler.		Camiones con 3 ejes en el tractor y 2 eje en el semi-remolque.	T3-S2
Vehículos especiales	Maquinaria agrícola Bicicletas y motocicletas Otros	Variable	Camiones con 2 ejes en el tractor y 1 eje en el semi-remolque y 2 ejes en el remolque.	T3-S2
			Otras combinaciones	
			Camiones y/o remolques especiales	

Nota. Extraída del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, México, 1991.

Factor de ajuste por presión de neumático (Fp). Para pavimento flexibles, en el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible. Por lo siguiente, para la determinación de los factores de presión de neumáticos se utilizará lo siguiente:

Tabla 14

Factor de ajuste por presión de neumático

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto de Neumático (PCN) en psi						
	PCN = 0.90x(Presión de inflado del neumático) (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota. Tabla extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

1
Determinación de los ejes equivalentes EE día-carril. La cantidad de ejes equivalentes se calcula utilizando la equivalencia proporcionada en el Manual de Carreteras. Para realizar este cálculo, se deben tener disponibles todos los datos necesarios, incluyendo la demanda media diaria de vehículos (IMD_{pi}) y los diferentes factores correspondientes según la normativa aplicable. Este cálculo se realiza para cada tipo de vehículo registrado, lo que nos proporciona el número de ejes equivalentes correspondiente a cada vehículo. Por último, se suma la contribución de cada eje equivalente para obtener el total de ejes equivalentes.

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_{vp_i} \times F_{p_i}$$

Donde:

IMD_{pi} = Índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)

F_d = Factor direccional

F_c = Factor carril de diseño

F_{vpi} = Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i)

F_p = Factor de presión acumulado de neumáticos

2.2.10 Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles

Método AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible. El método AASHTO 93 es empírico porque se basa en datos y observaciones recopiladas a lo largo de años de experiencia en el diseño y construcción de pavimentos flexibles, en lugar de usar modelos teóricos complejos y sofisticados, el método se base en relaciones y correlaciones derivadas de estudios y pruebas de campo.

Para llevar a cabo esta metodología la AASHTO construyó unas pistas de prueba a escala real, es decir, los experimentos que se realizaron tuvieron diferentes secciones de pavimento bajo diferentes condiciones de carga lo que permitió obtener una correlación aceptable de comportamiento en el pavimento.

Las pistas de prueba a escala real se desarrollan entre el 15 de octubre y el 30 de noviembre de 1960, Ottawa, Illinois, el cual fueron dos años en los que se hizo pasar a estas pistas de prueba una serie de vehículos de carga con diferentes pesos y configuraciones con el fin de simular realmente lo que ocurre en una carretera. (Corredor, s.f, p. 3)

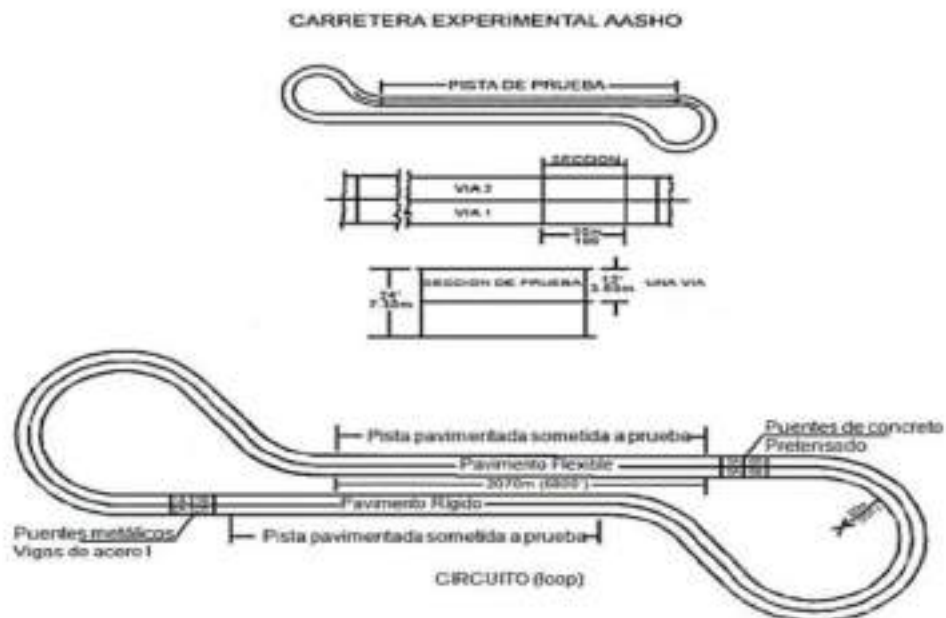
La primera versión de este método fue publicada de forma preliminar en el año 1961 y solo once años después en 1972 se publicó la versión formal del método AASHTO basada en sus ensayos a escala real. Luego de haber pasado un tiempo se publicó una revisión en el año 1986 donde estaba incluido unos cambios sustanciales y unas mejoras revolucionarias y apreciables.

Y finalmente, se publicó las actualizaciones en el año 1993, esta última actualización corresponde a una guía de diseño que ya contenía información más sintetizada y completa

de diseñar un pavimento. Esta guía se popularizó a nivel internacional y por ende su nombre de AASHTO 93, cabe señalar que el AASHTO en el año 2008 publicó una nueva guía de diseño que reemplaza a la guía AASHTO 93, sin embargo, la nueva guía involucra una guía de términos que demanda ensayos con ciertos equipos especiales. No obstante, tiene una gran relevancia en la Ingeniería de pavimento.

Figura 7

Características de las secciones de prueba en los circuitos



Nota. Experimento vial de la AASHTO y las guías de diseño AASHTO.

La metodología del AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible, llamado también asfáltico, se muestra el patrón o fórmula que a través de éste se extrae primero el factor SN que significa el **Numero Estructural (SN)**, después con los datos procesados y logrados aplicamos la fórmula brindada por este mismo procedimiento, en el que se determinará e identificará el espesor para todas las capas del pavimento, éstas son construidas encima de la subrasante destinados a tolerar las cargas vehiculares (MTC, 2014, p. 130).

VARIABLES PARA EL DISEÑO RESPECTO AL TIEMPO. Se presenta las siguientes variables:

Periodo de análisis. En este aparte se incluye la escogencia de los datos de entrada para los periodos de análisis (periodo de diseño = periodo de análisis) que afectarán o restringirán el diseño del pavimento desde el punto de vista del tiempo. Es decir, permiten seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que duren todo el periodo de análisis hasta construcción por etapas con una estructura inicial y colocación de sobrecapas programadas. (Montejo, 2002, p.263).

Se refiere al periodo para el cual se va a adelantar el análisis, es decir, el transcurso de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir. El periodo de análisis es análogo al término "periodo de diseño" (Montejo Fonseca, 2002, p. 263).

Tabla 15

Periodo análisis o diseño (años) en función del tipo de carretera

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

Nota. Tabla extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Análisis de tráfico según AASHTO 93. El método de diseño se basa en el número de ejes equivalentes de 18 Kips en el carril de diseño (W18) (Montejo Fonseca, 2002, p. 263).

En el pavimento se transmiten las cargas de los vehículos mediante dispositivo de apoyo multiruedas para identificar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura (Ocaña Torrejón, 2018, p. 125)

Según Ocaña (2018) menciona que "para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos". (p. 125)

La composición y número de ejes se determina teniendo en cuenta varios factores, como el periodo de diseño, la distribución de ejes equivalentes según las diferentes cargas, el tránsito medio diario anual de todos los vehículos (TMDA o TPDA), las tasas de crecimiento anual de cada tipo de vehículo, el sentido del tráfico, el número de carriles por sentido de tráfico, el porcentaje de tránsito en el carril más utilizado, el índice de serviciabilidad y los factores de equivalencia de carga. Estos factores se consideran en el cálculo para determinar la composición y el número de ejes necesarios (Ocaña Torrejón, 2018, p. 125).

Factor de distribución direccional y factor carril. "El factor de distribución direccional en general es de 0.50 (50%) para la mayor parte de las vías vehiculares, hay casos en los que puede moverse más peso en una dirección que en otra". (AASHTO, 1993, p. 9)

"Así, el lado de los vehículos más pesados, deberá ser diseñados para un gran número de unidades de ESAL's". (AASHTO, 1993, p. 9)

"La experiencia ha demostrado que este factor puede variar entre 0.3 a 0.7, dependiendo de cual dirección está cargada y cual está descargada" (AASHTO 93, p. 9).

Para el método AASHTO, la siguiente figura 37 se puede usar como una guía para obtener el valor en porcentaje del factor de distribución de carril considerando el número de carriles en cada dirección.

Tabla 16

Porcentaje del factor de distribución de carril considerando el número de carriles en cada dirección

Número de Carriles en cada dirección	% de ESAL de 18 kips en el Carril de Diseño
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Nota. Tabla extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Variables de diseño que intervienen en el modelo AASHTO 93. La ecuación básica para el diseño de la estructura del pavimento flexible es la siguiente ecuación 1:

$$\log W_{18} = Z_R + S_D + 9.36 \cdot \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{2.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07 \quad (1)$$

Donde:

W18: "Es el Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico". (MCSGGP, 2014, p. 131)

Confiabilidad (%R): "Está en función de la variabilidad de los factores donde influyen en la estructura del pavimento y, además, a mayor nivel de confiabilidad se incrementa el espesor de la estructura a diseñar". (Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 121)

El manual establece los niveles de confianza recomendados según los distintos niveles de tráfico y se muestran lo siguiente:

Tabla 17

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para 10 años o 20 años según rango de tráfico

Tipos de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (%R)
Camino 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%
	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%
Resto de Caminos	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%

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Tabla 18

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para 10 años según rango de tráfico

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (%R)		
				1Era Etapa (1)	2Da Etapa (2)	Total (1) x (2)
	T _{P0}	75,000	150,000	81%	81%	65%

Caminos	T_{P1}	150,001	300,000	84%	84%	70%
de Bajo	T_{P2}	300,001	500,000	87%	87%	75%
Volumen	T_{P3}	500,001	750,000	89%	89%	80%
de Tránsito	T_{P4}	750,001	1,000,000	89%	89%	80%
	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
Resto de	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
Caminos	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	T_{P15}	> 30'000,000		97%	97%	95%

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Desviación Estándar Combinada (S_o): "Es un valor numérico relacionado con la variabilidad esperada del tránsito y otros factores que afectan al pavimento". (Guerrero y Vásquez, 2022, p. 31)

"Según la metodología AASHTO nos sugiere un valor de 0.45 para pavimentos tipo flexible (en el caso se cuente con el conteo vehicular diario) y de 0.49 en el caso contrario". (Vega, 2018, p. 38)

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R): "Es un valor numérico que representa la confiabilidad seleccionada entre el conjunto de datos en una

distribución normal". (Manual de carreteras, Suelos geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 124)

El manual brinda datos estadísticos variables sobre coeficientes para uno o dos etapas de diseño.

Tabla 19

Coefficiente estadístico de la desviación estándar normal para un diseño de 10 o 20 años dependiendo el rango de tráfico

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar Normal (Z_k)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{p1}	75,000	150,000	-0.385
	T_{p2}	150,001	300,000	-0.524
	T_{p3}	300,001	500,000	-0.674
	T_{p4}	500,001	750,000	-0.842
	T_{p5}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{p6}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{p7}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{p8}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{p9}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{p10}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{p11}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{p12}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{p13}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{p14}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{p15}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{p16}	> 30'000,000		-1.645

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 124)

Tabla 20

Coefficiente estadístico de la desviación estándar normal para un diseño de 10 años dependiendo el rango de tráfico

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar Normal
				(Z_d)
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
	T_{p5}	1,000,001	1,500,000	-1.405
	T_{p6}	1,500,001	3,000,000	-1.405
Resto de Caminos	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

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 126)

Módulo de Resiliencia de la subrasante (M_R): "Es la energía de deformación que mide la rigidez del suelo respecto a la subrasante y se determina mediante el ensayo de Resiliente según lo especificado por AASHTO". (Manual de carreteras, Suelos geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 122)

A continuación, se presentan las fórmulas que relacionan el CBR con el M_R :

$$M_R \text{ (psi)} = 1,500 \times \text{CBR (Para suelos finos con CBR sumergido no mayor a 10)}$$

$$M_R \text{ (Mpa)} = 10,3 \times \text{CBR (CL, CH, ML, SC, SM y SP)}$$

Tabla 21*Módulo Resiliente obtenido por correlación de CBR*

% CBR Subrasante	Módulo Resiliente Subrasante (M_R)	Módulo Resiliente Subrasante (M_R)
	(PSI)	(MPa)
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.20
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
19	16,819.00	115.96
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.20
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152.00
30	22,529.00	155.33

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Numero Estructural Propuesto (SNR): La metodología AASHTO 93 para diseñar un pavimento asfáltico es fundamental para determinar los espesores de las diferentes capas

que conforman la estructura del pavimento, incluyendo la capa asfáltica, la base y la subbase.

El espesor total del pavimento a diseño se obtiene de la siguiente ecuación:

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

a1, a2 y a3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficiales, base y sub-base, respectivamente.

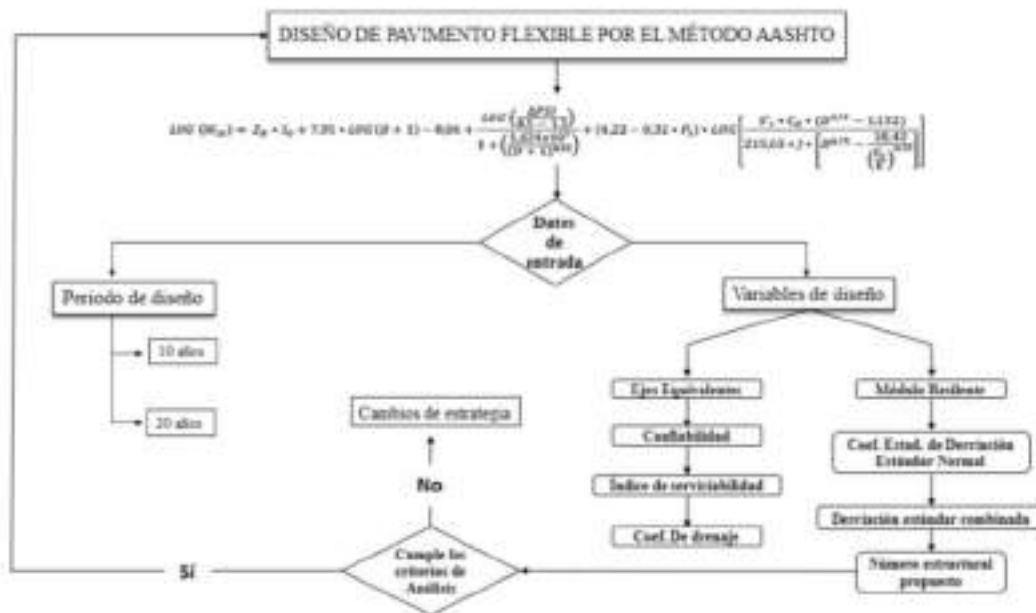
d1, d2 y d3 = Espesores de las capas: superficiales, base y sub-base, respectivamente.

m1, m2 y m3 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base, respectivamente.

El siguiente flujograma representa todo lo mencionado en el proceso de recopilación de datos para el diseño de pavimento flexibles:

Figura 8

Flujograma en relación al procedimiento de diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93



Criterios de comportamiento. Se presenta los siguientes criterios:

Índice de Serviciabilidad Presente (Δ PSI): "Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario, su valor varía de 0 a 5; un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica y por el contrario un valor de 0 refleja el peor, cuando la condición de la vía decrece por deterioro el PSI también decrece". (MCSGGP,2014, p.137)

Entre los índices de serviciabilidad tenemos:

Serviciabilidad Inicial (PI): "Es la condición de una vía recientemente construida." (MCSGGP,2014, p.137.)

Tabla 22

Índice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial
				(P _i)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P8}	75,000	150,000	3.80
	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	600,000	3.80
	T _{P3}	600,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	3.80
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
Resto de Caminos	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

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Serviciabilidad Final o Terminal (Pt): "Es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción" (MCSGGP, 2014, p. 138.)

En relación a lo mencionado anteriormente, cuando un pavimento presenta patologías en su superficie, significa que ha alcanzado un estado en el que ya no puede proporcionar un servicio adecuado al tráfico.

A continuación, se presenta la siguiente información:

Tabla 23

Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico

Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Índice de Serviciabilidad Final (P _t)	
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
Resto de Caminos	T _{P4}	750,001	1,000,000	2.00
	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	

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Variación de Serviciabilidad (Δ PSI): "Es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto de desarrollo" (MCSGGP,2014, p. 139).

Tabla 24

Diferencial de serviciabilidad final según rango de tráfico

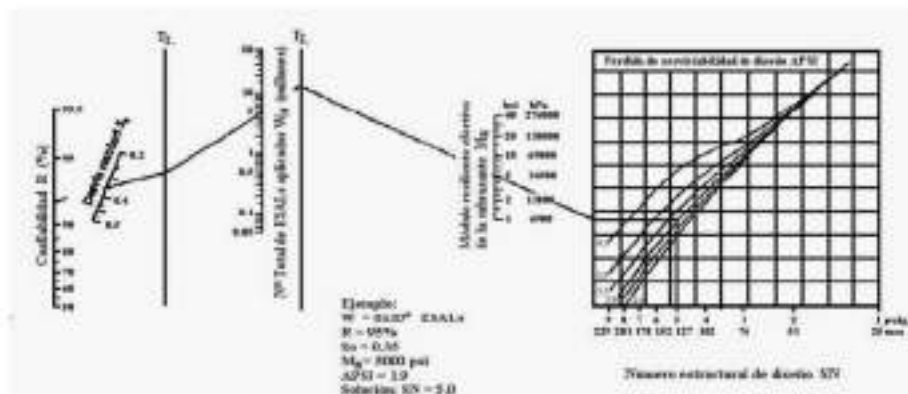
Tipos de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Diferencial de Serviciabilidad	
			(Δ PSI)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T ₂₀	75,000	150,000	1.80
	T ₂₁	150,001	300,000	1.80
	T ₂₂	300,001	500,000	1.80
	T ₂₃	500,001	750,000	1.80
	T ₂₄	750,001	1,000,000	1.80
	T ₂₅	1,000,001	1,500,000	1.50
	T ₂₆	1,500,001	3,000,000	1.50
Resto de Caminos	T ₂₇	3,000,001	5,000,000	1.50
	T ₂₈	5,000,001	7,500,000	1.50
	T ₂₉	7,500,001	10'000,000	1.50
	T ₃₀	10'000,001	12'500,000	1.50
	T ₃₁	12'500,001	15'000,000	1.50
	T ₃₂	15'000,001	20'000,000	1.20
	T ₃₃	20'000,001	25'000,000	1.20
	T ₃₄	25'000,001	30'000,000	1.20
	T ₃₅	> 30'000,000		1.20

Nota. Manual de carreteras: Suelos, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos

Ábaco de diseño del método AASHTO 93 para pavimentos flexibles. Con el Método del Ábaco AASHTO 93 y con los datos anteriores se puede calcular el Número Estructural (SN) proyectando líneas perpendiculares en la gráfica del Ábaco AASHTO 93. El Ábaco AASHTO 93 está regido por los datos de la Guía AASHTO 93 y la figura es la siguiente:

Figura 9

Ábaco de diseño del método AASHTO 93 para pavimentos flexibles



Nota. Ábaco del diseño AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Una vez encontrado el Número Estructural (SN), se utiliza la ecuación AASHTO-93 para hallar el N18 Calculado y N18 Nominal, éstos valores nos permiten comprobar si el Número Estructural es el correcto. La condición es que el N18 Nominal sea menor que el N18 Calculado. La ecuación AASHTO-93 es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_R + S_0 + 9.36 \cdot \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

2

Donde:

W18 = Numero acumulado de ejes simples equivalentes

Zr = Desviación Estándar Normal

S₀ = Desviación Estándar Combinada con la predicción del transito

SN = Número Estructural

ΔPSI = Variación de serviciabilidad (P_o - P_t)

P_o = Serviabilidad inicial

P_t = serviciabilidad final

D = Espesor de la Losa del Pavimento (in)

MR = Modulo de resiliencia de la subrasante

De la ecuación anterior podemos determinar los siguientes valores:

N_{18} Calculado = $\log_{10}(\text{ESAL})$ = Número calculado de los Ejes Equivalentes de carga

N_{18} Nominal = $\log(W_{18})$ = Función logarítmica del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn

Gt = Función logarítmica del cambio de la serviciabilidad entre la diferente del valor inicial deseable de 4.2 y el valor final 1.5.

Coefficientes estructurales. Una vez comprobado el Número estructural, podemos determinar los coeficientes estructurales. Cada coeficiente estructural simboliza el espesor total del pavimento que se colocará y debería ser transformado al espesor efectivo de todas las capas que lo constituirán, es decir, de la capa de rodadura, base y sub-base. Se utiliza la siguiente ecuación:

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

SN = Número Estructural

D_i = Espesor de la capa en pulgadas

a_i = Coeficiente estructural de la capa

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa

Figura 10

Coefficientes estructurales para los pavimentos flexibles



Coefficientes estructurales de las capas a_i . Éstos valores de los coeficientes estructurales para cada capa del pavimento: capa superficial, base y en la subbase, se consideran según la figura 40 que se presenta.

Tabla 25

Coeficientes estructurales de las capas del pavimento (a_i)

Componente del pavimento	Coefficiente	Valor coeficiente estructural (a_i)	Observación
Capa Superficial			
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (65 °F).	a_1	0.170 / cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico.
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 considera por no tener aporte estructural.	a_1		
Base			
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS.	a_2	0.052 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 10'000,000$ EE.
Base granulosa CBR 100%, compactada al 100% de la MDS.	a_2	0.054 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $> 10'000,000$ EE.
Base granular con asfalto (estabilidad Marshall = 1500 lb).	a_2	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_2	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_2	0.060 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de tráfico.
Subbase			
Subbase granular CBR 40%, compactada	a_2	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de tráfico.

Nota. Extraída de Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección

Suelos y Pavimentos en el Cuadro 12, 13 (ver Anexo III – Tabla 38).

Coefficientes de drenaje de la capa m_i . En la fórmula SN según AASHTO-93, también se requiere el coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene como objetivo considerar la influencia del drenaje en la estructura del pavimento. El valor del coeficiente de drenaje se determina a partir de dos variables:

- Calidad del drenaje: Esta variable evalúa la capacidad de las capas granulares de base y subbase para drenar el agua de manera efectiva.
- Exposición a la saturación: Esta variable indica el porcentaje de tiempo durante el año en el que un pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Ambas variables se utilizan para calcular el coeficiente de drenaje, el cual es un factor importante en la ecuación SN de AASHTO-93 para considerar el impacto del drenaje en la vida útil y el comportamiento del pavimento. Para el coeficiente de drenaje en las capas de base y subbase, asumimos el valor de 1.00.

En la tabla 24 representa los valores recomendados para el coeficiente de drenaje y la calidad de drenaje según el tiempo en que tarde el agua en ser evacuada, es de la siguiente manera:

Tabla 26

Valores recomendados para el coeficiente de drenaje

C_d	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
		<1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
CALIFICACIÓN					
EXCELENTE	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY POBRE	El agua no evacua	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Nota. Extraída de AASHTO 93. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Cálculo de los espesores de la capa. Para el cálculo de los espesores de la capa, se utiliza los espesores recomendado según el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cual se presenta los siguientes datos.

Tabla 27

Espesores recomendados por el Manual MTC

ESPESORES RECOMENDADOS MANUAL MTC			
TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	ESPEOR DE CAPA SUPERFICIAL		ESPEOR DE BASE
TP1	Lechada Asfáltica (Slurry Seal) de 12 mm	12 mm	150 mm
	Tratamiento superficial Bicapa	12 mm	
	Micropavimento 25 mm	25 mm	
	Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	60 mm	
	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	60 mm	
TP2	Lechada Asfáltica (Slurry Seal) de 12 mm	12 mm	150 mm
	Tratamiento superficial Bicapa	12 mm	
	Micropavimento 25 mm	25 mm	
	Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	60 mm	
	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	60 mm	
TP3	Micropavimento 25 mm	25 mm	150 mm
	Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	60 mm	
	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	70 mm	
TP4	Micropavimento 25 mm	25 mm	200 mm
	Capa asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	70 mm	
	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	80 mm	
TP5	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	80 mm	200 mm.
TP6	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	90 mm	200 mm
TP7	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	90 mm	200 mm
TP8	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	100 mm	250 mm
TP9	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	110 mm	250 mm
TP10	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	120 mm	250 mm
TP11	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	130 mm	250 mm
TP12	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	140 mm	250 mm
TP13	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	150 mm	300 mm
TP14	Carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C	150 mm	300 mm

Nota. Tabla extraída en base a datos del Manual MTC 2014.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 AASHTO

Las siglas en inglés "American Association of State Highway and Transportation Officials" se traducen al español como "Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes". Esta organización tiene una trayectoria de casi 106 años, siendo fundada en 1914. (Risco, 2019, p. 36)

2.3.2 Agregado

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), en su publicación de Glosario de términos de uso frecuente en proyecto de infraestructura vial (GTUFPV), "Es un material granular de composición mineralógica como arena, grava escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños" (p. 3).

2.3.3 Base granular

Según el MTC (2018) "es la parte de la estructura del pavimento, constituida por una capa de material seleccionado que se coloca entre la subbase o subrasante y la capa de rodadura" (p. 5).

2.3.4 Calicata

Según el MTC (2018) "es la excavación que se realiza en el terreno que nos permite estudiar la estratigrafía del suelo a diferentes profundidades" (p. 6).

2.3.5 Calzada

Según el MTC (2018) "se le conoce como parte de la superficie de la rodadura, ésta es un plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico" (pp. 6 – 21).

2.3.6 Carretera

Es un camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir

las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018, p. 7).

2.3.7 Carretera no pavimentada

Según el MTC (2018) "es una carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural". (p. 7)

2.3.8 Carretera pavimentada

Según el MTC (2018) "es una carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible o rígida de concreto Portland)" (p. 7).

2.3.9 Carril

Según el MTC (2018) "es una parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito" (p. 7).

2.3.10 Compactación

Según el MTC (2018) "es un proceso manual o mecánico que tiende reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland" (p. 8).

2.3.11 Pavimento

Según el MTC (2018) "es la estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura" (p. 17).

2.3.12 Pavimentación óptima

Según Becerra (2013) "aquellos pavimentos que, siendo concebidos, diseñados y construidos, deben mejorar y mantener las condiciones óptimas para el tránsito de personas de bienes y servicios, a lo largo de su vida útil" (p. 5).

2.3.13 Diseño

Es una actividad volitiva, una actividad abstracta que implica programar, proyectar, coordinar una larga lista de factores, materiales y humanos, traducir lo invisible en visible, en definitiva, comunicar. Incluye juicios de valor, aplicaciones de conocimientos, adquisición de nuevos conocimientos, uso de intuiciones educadas y toma de decisiones (Frascara, 2000, p. 19).

2.3.14 Índice medio diario anual

Según MTC (2018) "es el volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de la carretera, durante 24 horas, de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un periodo anual" (p. 14).

2.3.15 Nivel de servicio

Son Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, que normalmente se usan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Éstos son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles (MTC, 2018, p. 17).

2.3.16 Coeficientes estructurales

El método de diseño estructural de pavimentos flexibles asigna a cada capa del pavimento un coeficiente climático, que es necesario para realizar el diseño estructural adecuado. Estos coeficientes definen los espesores reales de las capas en números estructurales (SN), donde cada coeficiente representa la capacidad relativa del material para desempeñarse como parte de la estructura del pavimento. Estos coeficientes son fundamentales en el proceso de diseño para evaluar y dimensionar correctamente las capas del pavimento (Montejo Fonseca, 2002).

2.3.17 ESAL

Las siglas en inglés "Equivalent Single Axle Load" se traducen al español como "Carga equivalente de eje único". Este término representa el factor destructivo que varía según el tipo de eje de los vehículos que transitan sobre la superficie de la carretera. Se utiliza para determinar diferentes cargas según el tipo de vehículo que afecta la capa de rodadura de la carretera. (Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, p. 66)

2.3.18 CBR

Según Becerra (2012) "el CBR (California Bearing Ratio), ensayo normado bajo AASHTO T – 193, es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas" (p. 73).

2.3.19 Mezcla asfáltica

También se le conoce como "aglomerado", que es un componente fundamental en las vías, ya que consiste principalmente en una mezcla de asfalto y agregados pétreos. Se utiliza para construir la capa de rodadura de las carreteras y proporcionar una superficie resistente y duradera. (Granados, 2018, p. 7)

2.3.20 Módulo de resiliencia

Según MTC (2018) "es el esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado" (p. 16).

2.3.21 Análisis mecánico o granulométrico

Según el MTC (2018) "es el procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños (p. 4).

2.3.22 SUCS

"Se le conoce como las siglas también USCS que en español quiere decir "Sistema Unificado de Clasificación del Suelo" y se usa para la mayoría de estudios ingenieriles".

(Guerrero y Vásquez, 2022, p. 45)

2.3.23 Límites de Atterberg

"Los límites de Atterberg son ensayos que se usan para ordenar el comportamiento de los suelos". (Risco, 2019, p. 10)

"Estos límites se evalúan a través de los límites de cohesión, pegajosidad, contracción, plástico y líquido". (Guerrero y Vásquez, 2022, p. 45)

2.4 Sistema de hipótesis

Ante lo expuesto en esta investigación, el desarrollo de una propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima será el pavimento flexible en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022.

2.4.2 Variables e indicadores. Se presenta lo siguiente:

Tabla 28

Cuadro de operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN
Diseño estructural para la pavimentación óptima	Para realizar un diseño estructural, primero se debe definir lo siguiente, el pavimento flexible es un conjunto de capas superpuestas y/o encimadas, las cuales comprenden carpeta de rodadura, base, subbase y subrasante (Ortiz Mancera, 2017, p. 7)	Se selecciona las áreas que serán analizadas dentro de la zona de estudio y se procede a determinar el nivel de daño en zonas pavimentadas (PCI) en el Asestamiento Humano Alto Salaverry Trujillo, 2022, están ubicadas en la carpeta de rodadura, mediante fichas técnicas; así mismo se procede a determinar las propiedades físico-mecánicas del pavimento flexible, mediante los ensayos; además, se procede a realizar el estudio de tráfico mediante conteo vehicular, utilizando fichas de registro y finalmente, se emplea el método AASHTO-93 para proponer el dimensionamiento del paquete estructural más óptimo que se adapte a la zona de estudio.	Método PCI Estudio de Mecánica de Suelos Estudio de Tráfico Método AASHTO 93	Identificar los daños del pavimento in situ Determinar el índice de condición del pavimento Determinar la condición actual del pavimento flexible Clasificación de suelos Contenido de humedad Granulometría Límites de consistencia Proctor CBR Índice Medio Diario Semanal Índice Medio Diario Anual Pavimentos Diseño Suelo	Tipo Severidad Extensión Determinar el PCI Condición de todas las muestras Determinar la escala de calificación Determinar la condición según la escala Escala de medición Intervalo (%) Intervalo (%) Intervalo (%) Intervalo (%) veh/día veh/día Nominal Intervalo (%) Intervalo (%)	Formato físico de Registro, Registro de evidencias fotográficas Programas informáticos: - Microsoft Excel. - AutoCAD - Civil 3D Reglamentos, Tálmicos, balanza, hormo, cuchara de Casagrande y entre otros. Manual de ensayos de materiales del MTC Fichas de registro. Manual de carreteras Manual de Diseño geométrico Manual de Pavimentos Urbanos C.E 0.10 Guía AASHTO 93

Nota. Se muestra el cuadro de operacionalización de la variable.

3 METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 De acuerdo al fin que se persigue

De acuerdo a la finalidad: Aplicada, "se caracteriza por la forma en que analiza la realidad y aplica sus descubrimientos en la mejora de estrategias y actuaciones concretas, en el desarrollo y mejoramiento de éstas, permite desarrollar la creatividad e innovar", en este caso diseñar un pavimento flexible (Cívicos y Hernández, 2011).

3.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación

Por diseño. Según a la técnica de contrastación de diseño, la investigación se clasifica como no experimental, porque a las variables no las manipula.

Por nivel. La presente investigación, por el nivel que presenta es descriptiva-propositiva. Cuando se refiere a **descriptiva porque describe los fenómenos, y además describe los hechos a la realidad; en este caso, por el nivel lo describe el nivel daño en zonas pavimentadas en el Asentamiento Humano, aplicando estos conocimientos y teorías básicas en dirección a la realidad.**

3.2 Población y muestra de estudio

3.2.1 Población

En esta investigación tiene como población finita todas las vías de estudio, tanto para zonas pavimentadas y zonas a pavimentar en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, 2022.

3.2.2 Muestra de estudio

En esta investigación, la muestra es la carpeta asfáltica para zonas pavimentadas, se considerará 23 vías en estudio, cada vía presenta 2 carriles, un carril por sentido, la mayor parte de las vías tienen una sección de 5.40 m a 7.30 m y una distancia de 9.359 km, por lo tanto, estas vías serán estudiadas mediante la metodología PCI para hallar el estado funcional del pavimento y el nivel de daño que se encuentran, en relación la muestra para

zonas a pavimentar se considerará 2 vías en estudio (calle Luis Alberto Sánchez entre la carretera Panamericana Norte y la calle Las Dunas I; y la avenida José Olaya entre la carretera Panamericana Norte y la calle Salaverry), la suma total de vía es 1.320 km, estas vías se aplicará la metodología AASHTO 93 así cumplir con los parámetros y requerimientos dados en el Ministerios de Transportes y Comunicaciones (MTC).

3.2.3 Tamaño de muestra

Tabla 29

Muestra de estudio

MUESTRA
Esta investigación tiene una muestra de 10.28 km, son las vías en total en el Asentamiento Humano Alto Salaverry. De los cuales 1.32 km apróx. pertenecen a vías a pavimentar; por la cual, se desarrollará un diseño sin contar el análisis de nivel de daño.

3.3 Diseño de investigación

Este estudio se clasifica como no experimental, lo que significa que no tiene la intención de manipular la variable de estudio. En cambio, se analizarán los fenómenos en su estado original de las vías pavimentadas, sin realizar ninguna intervención o manipulación intencional.

Además, es del tipo descriptiva-propositiva, en primera instancia, es descriptiva, ya que la variable se muestreará en el estado natural, luego se analizará y describirá tal cual las vías pavimentadas; en segundo lugar, es propositiva, ya que busca proponer las posibles alternativas de solución luego de determinar el nivel de daño en zonas pavimentadas y se realizará la propuesta viable de diseño estructural en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022.

La validez del diseño de contraste de hipótesis se basa en su contribución y coherencia científica en relación a otros estudios evaluados.

Figura 11

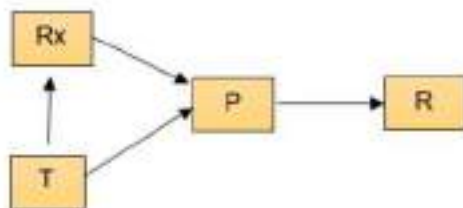
Esquema del tipo de diseño de investigación



Nota. El esquema presentado, señala las pautas que guiará la presente investigación.

Figura 12

Esquema desarrollado del diseño de investigación

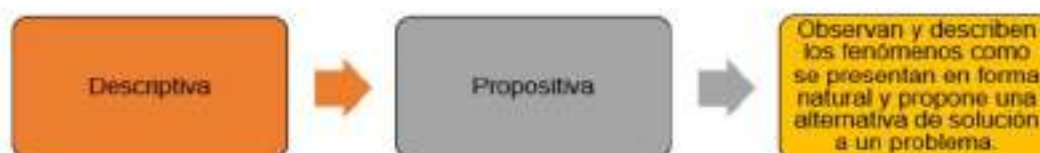


Donde:

- Rx: Habilidades de investigación científica
- T: Estudios y modelos teóricos
- P: Análisis y diseño estructural
- R: Realidad deseable a transformar

Figura 13

Esquema elaborado de diseño de contrastación



3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

Los estudios básicos en esta investigación son la metodología PCI para pavimentos asfálticos, el estudio de suelos y el estudio de tráfico, de los cuales hace que la propuesta viable de un diseño sea exitosa. Las técnicas e instrumentos a realizar en estos estudios serán a través de un análisis de datos obtenidos en gabinete y laboratorio condicionados por los manuales de diseño normados para vías de nuestro país.

3.4.1. Técnicas de investigación

Método PCI para pavimentos asfálticos: Esta metodología consistió en determinar un índice de condición del pavimento (PCI) por la cual se propondrán alternativas de solución basadas en el estado natural y nivel de daños encontrados en estas vías de estudio. Se utilizará la técnica de observación para realizar un diagnóstico detallado, por la cual se empleará un odómetro para calcular la distancia total del tramo, así como nivel de mano y cinta métrica para determinar las áreas afectadas por patologías superficiales.

Estudio de suelos: La técnica empleada fue la observación estructurada, esto implica una observación directa en base a un guion de medición, se llevará a cabo calicatas cada 100 m como mínimo y cada 500 m como máximo (serie de ensayos en conformidad con el Manual de Ensayo de Materiales del MTC y la NTP).

Estudio de tráfico: La técnica empleada fue la observación estructurada, esto implica recolectar datos sobre el tipo y cantidad de vehículos que circulan por las vías; además, se usarán libretas de campo, formatos de ensayos en laboratorio, formatos de conteo y clasificación vehicular, según se detalla en los Anexos H y J.

3.4.2 Instrumentos de investigación

Los instrumentos para zonas pavimentadas que se usarán son **hojas de fichas de datos como: el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para carreteras con superficie asfáltica (ver Anexo G) y la cámara fotográfica que permitirá formar los paneles fotográficos (ver Anexo X) para evidenciar la situación actual de los sectores V (11 vías en sentido**

vertical) y H (12 vías en sentido horizontal) la cual se podrá visualizar las características que presenta la conservación del pavimento flexible (ver Anexo T).

Los instrumentos usados para el estudio de suelos son varios que se encuentran en un laboratorio de mecánica de suelos, por las cuales las guías de observación están normadas y estandarizadas en el Manual de ensayo de materiales del MTC, como los tamices, balanza, horno, cuchara de Casagrande y entre otros.

Los instrumentos usados para el estudio de tráfico son las fichas de registro o tablas para el conteo de vehículos según su clasificación vehicular, por la cual están normados en los manuales de diseño de nuestro país.

A continuación, los instrumentos en la recolección de datos se usarán lo siguiente:

Tabla 30

Técnicas de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	
Microsoft Excel	Se emplea para demostrar las hojas de cálculos con fines de pavimentación.
AutoCAD	Para detallar la ubicación y los detalles del terreno para la mejor comprensión.
AutoCAD Civil 3D	Con la finalidad de diseñar el área de terreno y mostrar las dimensiones concretas.
Cámara fotográfica	Para evidenciar la situación actual de los sectores mencionados y visualizar las características que presenta la conservación del pavimento flexible.

Nota. Se presenta las técnicas de recolección de datos para la investigación.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

La presente investigación es **no experimental** del tipo descriptivo, cuenta con un **diseño transversal** descriptivo.

Para el procesamiento del levantamiento topográfico de la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya se realizará el uso de los programas Microsoft Office Excel y AutoCAD Civil 3D.

Se realizará un procesamiento y análisis de los datos obtenidos de un diagnóstico de las zonas pavimentadas empleando el método PCI para pavimentos asfálticos; así mismo, el estudio de mecánica de suelos y de tráfico en las 2 vías de estudio (avenida José Olaya y calle Luis Alberto Sánchez) mediante el programa Microsoft Office Excel, por la cual estos estudios aportan a realizar una propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, usando la metodología de diseño AASHTO 93 y norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El diagnóstico de las zonas pavimentadas se usará el método PCI empleando formatos de registro del índice de condición de pavimento para tener el conocimiento de su estado funcional el cual está en función de sus tipos de daños presentes, para ellos se analizará cada vía obteniendo unidades de muestras en el tramo identificando sus patologías determinando el tipo de daño y su nivel de severidad. Con la finalidad de obtener su rango de clasificación; además, la metodología que se usará en el análisis de datos, es la herramienta de la estadística descriptiva, elaborándose tablas y gráficas con el apoyo del programa estadístico de Excel Office 2019 y una cámara fotográfica para las evidencias de la recolección de datos en campo y en el laboratorio de mecánica de suelos.

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos se obtendrá muestras para los de ensayos de laboratorio con la granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad y densidad máxima; con la finalidad de obtener las características del suelo.

Así mismo, la recopilación de datos se registrará en los programas como Microsoft Excel Office 2019 donde se procesará las correlaciones de los resultados obtenidos

mediante la realización de ensayos de mecánica de suelos y las libretas de campo permitirá anotar el conteo vehicular, así como los formatos de conteo y clasificación vehicular. En el programa AutoCAD y Civil 3D se mostrará los planos de detalle como son los tramos de estudio y la localización del mismo.

Finalmente, el método AASHTO de acuerdo a su procesamiento se mostrará los respectivos cálculos hallando el número estructural y los espesores del pavimento aplicando la ecuación de diseño y cumpliendo con la norma del MTC; además, para la elaboración del presupuesto del pavimento flexible en las 2 vías, se usarán con el apoyo del programa S10 Presupuestos 2005.

Figura 14

Esquema elaborado del tipo de investigación

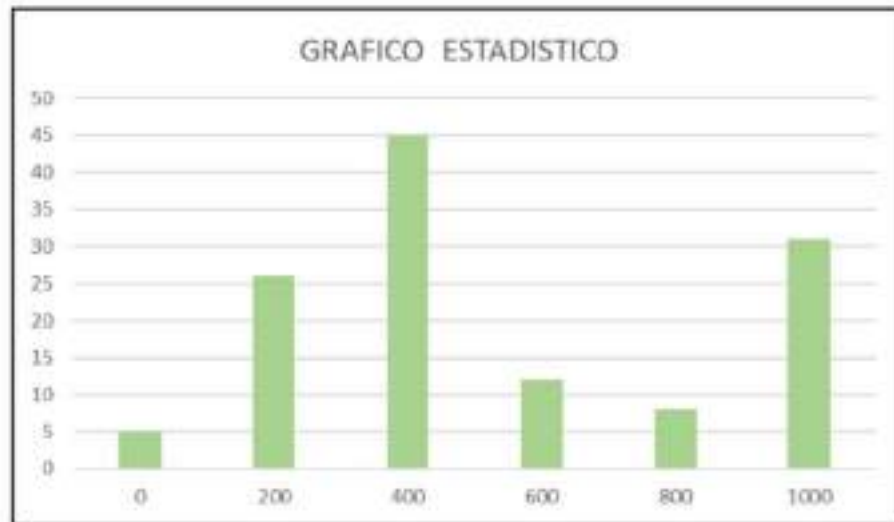


Nota. Se muestra el esquema elaborado del tipo de investigación.

Gráficos estadísticos: Los gráficos estadísticos se usan para comparar valores. Las bandas rectangulares son horizontales o verticales. Estos gráficos se utilizarán para la comparación de respuestas (resultados) con las pruebas de nivel de base en distintos porcentajes.

Figura 15

Representación del gráfico estadístico



Nota. Ejemplo de gráfico estadístico empleando 2 datos estadísticos que se representa por un gráfico de barras.

3.5.1 Instrumentos de análisis de datos

Cuando nos referimos a una variable que es cuantitativa, se utilizarán herramientas para su análisis y obtener datos de los gráficos que son parte de la estadística como: histogramas, polígonos de frecuencias, gráficos circulares.

Figura 16

Esquema elaborado de Análisis de datos



Gráfico de tortas. Además, se utilizarán diversos gráficos de torta para visualizar de manera gráfica los porcentajes de daño en las unidades de muestreo que presenta el pavimento flexible de las zonas pavimentadas.

Figura 17*Representación gráfica de tortas*

Nota. Ejemplo de gráfico de torta empleando 6 datos estadísticos.

3.6 Procedimiento experimental

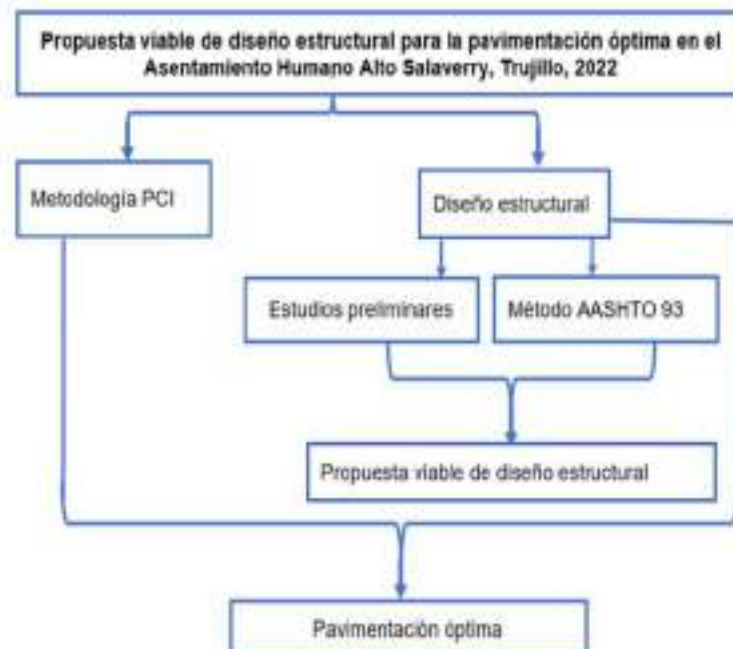
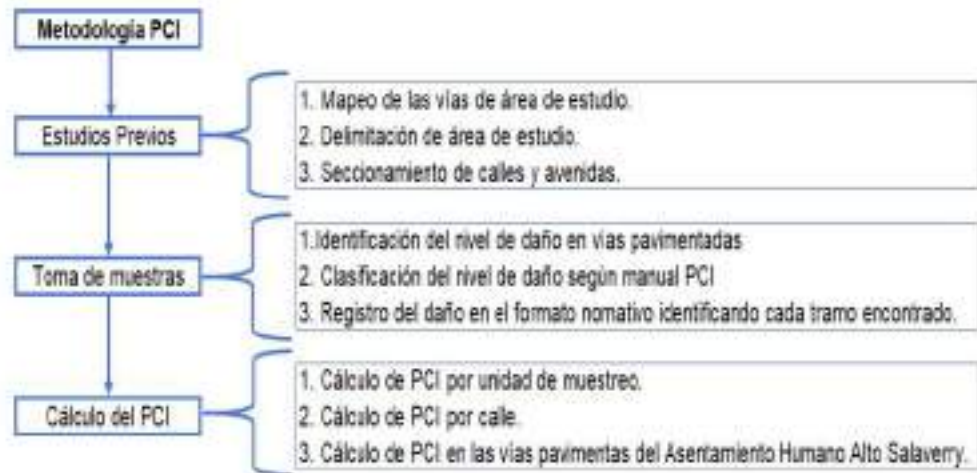
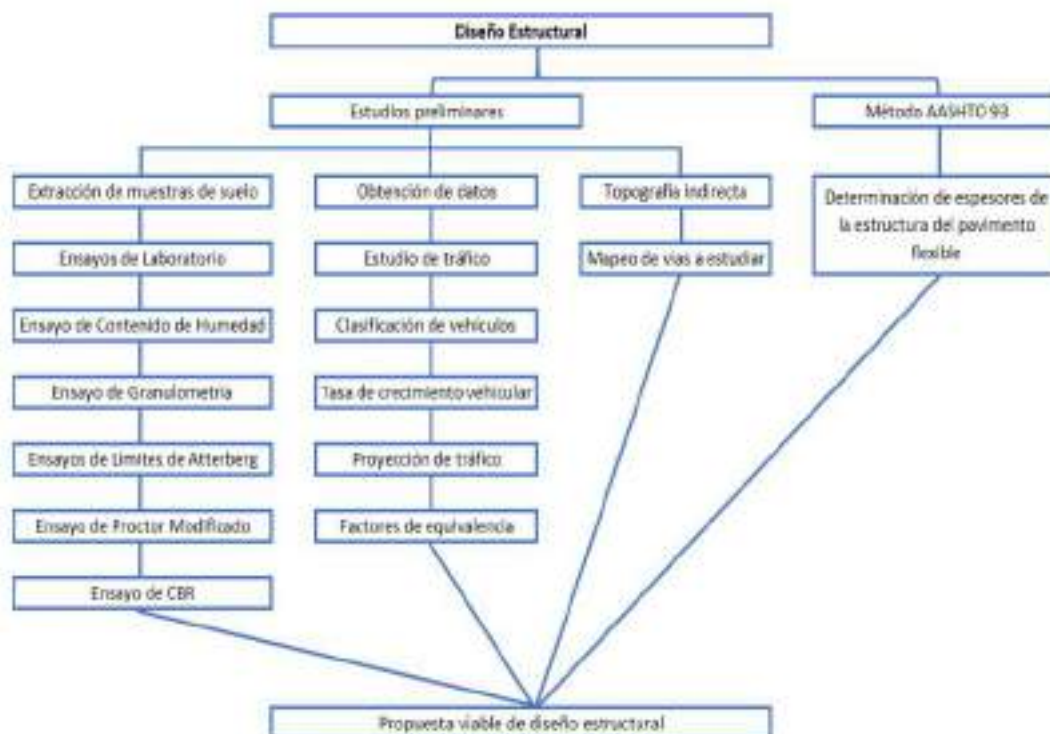
Figura 18*Esquema de procedimiento general de la investigación*

Figura 19

Esquema del procedimiento experimental de la metodología PCI

**Figura 20**

Esquema del procedimiento experimental del Diseño estructural



4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de datos

4.1.1 Determinar el nivel de daño en zonas pavimentadas

Metodología PCI. Se hará un estudio minucioso de acuerdo a la metodología Pavement Condition Index (PCI).

Unidad de muestreo en el tramo. Según la inspección previa se menciona que, en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022 presenta 23 vías que son zonas pavimentadas, estas se representarán en grupos de unidad de muestreo (Grupo U-M), se encontró que la mayoría de las vías tienen una sección de 5.40 m a 7.30 m, se consideró la tabla 4, la cual se asumió las longitudes de unidades de muestreo asfálticas para la sección V de las 11 vías en sentido vertical y para la sección H de las 12 vías en sentido horizontal. A continuación, se detallará en las siguientes tablas:

Tabla 31

Sección V de las 11 vías en sentido vertical

Sección	Grupo U-M	CALLE / PASAJE
V	1	Psje. El Porvenir
	2	Ca. El Porvenir
	3	Ca. José La Mar
	4	Ca. José De Sucre
	5	Ca. Santa Ana
	6	Ca. José Olaya
	7	Psje. Santa Rosa
	8	Psje. Santa Rosa II
	9	Ca. Abelardo Quiñones
	10	Psje. Los Sauces
	11	Calle G

Tabla 32*Sección H de las 12 vías en sentido horizontal*

Sección	Grupo U-M	CALLE / PASAJE
H	12	Ca. Santa Catalina
	13	Ca. San Andrés
	14	Ca. Santa Rosa
	15	Ca. San Francisco
	16	Ca. San Pedro
	17	Ca. San Martín
	18	Ca. San Crolungo
	19	Ca. Ciro Alegria
	20	Ca. César Vallejo
	21	Ca. Las Dunas I
	22	Ca. Las Dunas II
	23	Ca. Salaverry

Tabla 33*Longitudes de unidades de muestreo asfálticas para la sección V de las 11 vías en sentido vertical*

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO (m)	LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
				Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Pasaje El Porvenir	1	6.00	6.00	38.30
	Calle El Porvenir	2	6.27	6.50	35.40
	Calle José La Mar	3	7.10	7.30	31.50
	Calle José De Sucre	4	7.30	7.30	31.50
	Calle Santa Ana	5	6.28	6.50	35.40
	Avenida José Olaya	6	7.00	7.30	31.50
	Psje. Santa Rosa	7	5.40	5.50	41.80
	Psje. Santa Rosa II	8	6.73	7.30	31.50
	Calle Abelardo Quiñones	9	7.20	7.30	31.50
	Pasaje Los Sauces	10	5.98	6.00	38.30
	Calle G	11	6.50	6.50	35.40

Tabla 34

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas para la sección H de las 12 vías en sentido horizontal

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U/M	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO (m)	LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
				Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Santa Catalina	12	6.50	6.50	35.40
	Calle San Andrés	13	7.20	7.30	31.50
	Calle Santa Rosa	14	6.78	7.30	31.50
	Calle San Francisco	15	6.50	6.50	35.40
	Calle San Pedro	16	6.30	6.50	35.40
	Calle San Martín	17	6.42	6.50	35.40
	Calle Crolungo	18	6.33	6.50	35.40
	Calle Ciro Alegria	19	6.16	6.50	35.40
	Calle César Vallejo	20	6.45	6.50	35.40
	Calle Las Dunas I	21	6.00	6.00	38.30
	Calle Las Dunas II	22	6.04	6.00	38.30
	Calle Selavery	23	5.86	6.00	38.30

Determinación de unidades de muestreo de las vías a estudiar. Conforme a lo especificado en lo anterior, se determinó las unidades de muestreo de las 23 vías, se siguió las recomendaciones presentadas por el PCI de la bibliografía citada de Vásquez Valera, 2002:

En la evaluación de un proyecto, lo ideal es examinar todas las unidades. Si esto no es factible, entonces se debe evaluar el número de unidades de muestra, lo que proporciona una confiabilidad del 95%, es decir un error admisible en el cálculo del PCI de la sección ($e = 5\%$). (Vásquez Valera, 2002).

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2} \quad (3)$$

Dónde:

n = número mínimo de muestras a ser evaluado.

N = número total de unidades de muestra de la sección de pavimento analizado

s = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección

"La inspección inicial se asumió $s = 10$ y debe ser comprobado al determinar los valores del PCI. Para las siguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser usada para determinar el número muestra a evaluarse (n)".

(Universidad Mayor San Simón, 2004)

Se interpoló para determinar la longitud de la unidad de muestreo considerando el ancho de promedio de calzada de las vías y así se obtuvo los resultados de las unidades de muestreo " n " de las vías. La determinación de las unidades de muestreo de las 23 vías, se presenta lo siguiente:

Tabla 35

Resumen de las unidades de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	Ancho de Calzada recomendada (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)	Área de la muestra (m ²)	Longitud de la vía (m)	Número total de unidades de muestra de la selección "N" (m)	Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n"
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Paseje El Porvenir	1	5.00	38.30	229.80	77.24	2.02	2
	Calle El Porvenir	2	5.50	38.73	238.77	120.00	3.27	3
	Calle José La Mar	3	7.30	32.48	237.07	665.61	20.60	9
	Calle José De Sucre	4	7.30	31.50	229.95	656.85	20.85	9
	Calle Santa Ana	5	5.50	36.68	238.38	118.00	3.22	3
	Avenida José Olaya	6	7.30	32.96	240.63	646.27	19.61	9
	Paje. Santa Rosa	7	5.50	42.64	234.52	57.60	1.35	1
	Paje. Santa Rosa II	8	7.30	34.28	250.23	118.00	3.38	3
	Calle Abelardo Quiñones	9	7.30	31.99	233.51	628.50	19.65	9
	Paseje Los Sauces	10	5.00	38.44	230.64	120.00	3.12	3
	Calle G	11	5.50	35.40	230.10	392.71	11.09	7

Nota. Se muestra los resultados de las unidades de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical.

Tabla 36

Resumen de las unidades de muestreo en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	Ancho de Calzada recomendado (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)	Área de la muestra (m ²)	Longitud de la vía (m)	Número total de unidades de muestra de la selección "N" (m)	Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n"
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Santa Catalina	12	6.50	35.40	230.10	520.03	14.69	8
	Calle San Andrés	13	7.30	31.99	233.51	520.93	16.29	8
	Calle Santa Rosa	14	7.30	34.04	248.46	563.13	16.55	8
	Calle San Francisco	15	6.50	35.40	230.10	451.96	12.77	7
	Calle San Pedro	16	6.50	36.66	237.64	580.10	15.87	8
	Calle San Martín	17	6.50	35.86	233.12	581.02	16.20	8
	Calle Crokongo	18	6.50	36.39	236.51	582.12	16.00	8
	Calle Ciro Alegria	19	6.50	37.37	242.92	563.43	15.61	8
	Calle César Vallejo	20	6.50	35.69	231.99	584.41	16.37	8
	Calle Las Dunas I	21	6.00	38.30	229.80	225.00	5.87	5
	Calle Las Dunas II	22	6.00	38.07	228.41	112.94	2.97	3
	Calle Salaverry	23	6.00	39.28	235.68	465.68	11.86	7

Nota. Se muestra los resultados de las unidades de muestreo en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal

Selección de unidades de muestreo en el tramo para la inspección. Una vez obtenido las unidades de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical (Tabla 35) y en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal (36), se tomó en cuenta el manual PCI recomienda seleccionar muestras de forma aleatoria por medio de la ecuación 4 de intervalo de muestreo (i) y se presenta lo siguiente:

$$i = \frac{N}{n} \quad (4)$$

Donde:

N = número total de unidades de muestra de la sección de pavimento analizado

n = número mínimo de unidades de muestreo a ser evaluado.

"Cuando el número mínimo de unidades es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse". (Vásquez Valera, 2002)

A continuación, se obtuvo los resultados de los intervalos de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical y en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal, se presenta de la siguiente manera:

Tabla 37

Intervalos de selección de unidades de muestreo (i) en la sección V de las 11 vías en sentido vertical

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)	Área de la muestra (m ²)	Longitud de la vía (m)	Número total de unidades de muestreo en la selección del pavimento "N"	Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n"	Intervalos de muestreo (i)
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Pasaje El Porvenir	1	38.30	229.80	77.24	2.02	2	1
	Calle El Porvenir	2	36.73	236.77	120.00	3.27	3	1
	Calle José La Mar	3	32.48	237.07	665.61	20.50	9	2
	Calle José De Sucre	4	31.50	229.95	656.63	20.85	9	2
	Calle Santa Ana	5	36.68	236.39	118.00	3.22	3	1
	Avenida José Dlaya	6	32.96	240.63	646.27	19.61	9	2
	Paje. Santa Rosa	7	42.64	234.52	57.60	1.35	1	1
	Paje. Santa Rosa II	8	34.28	250.23	116.00	3.36	3	1
	Calle Abelardo Quiñones	9	31.99	233.51	628.50	19.65	9	2
	Pasaje Los Sauces	10	38.44	230.64	120.00	3.12	3	1
	Calle G	11	35.40	230.10	392.71	11.09	7	2

De la tabla 37, se obtuvo los siguientes resultados:

Para el pasaje El Porvenir, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 2$, $n < 5$ entonces $2 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1 y 2.

Para la calle El Porvenir, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 3$, $n < 5$ entonces $3 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1, 2 y 3.

Para la calle José La Mar, la unidad de muestreo "n" es 9 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 9. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17.

Para la calle José De Sucre, la unidad de muestreo "n" es 9 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 9. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17.

Para la calle Santa Ana, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 3$, $n < 5$ entonces $3 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1, 2 y 3.

Para la avenida José Olaya, la unidad de muestreo "n" es 9 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 9. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17.

Para el pasaje Santa Rosa, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 1$, $n < 5$ entonces $1 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo, en este caso fue 1.

Para el pasaje Santa Rosa II, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 3$, $n < 5$ entonces $3 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1, 2 y 3.

Para la calle Abelardo Quiñones, la unidad de muestreo "n" es 9 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 9. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17.

Para el pasaje Los Sauces, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 3$, $n < 5$ entonces $3 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1, 2 y 3.

Para la calle G (entre la carretera Panamericana Norte y la calle San Martín), la unidad de muestreo "n" es 7 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar

entre la unidad de muestra 1 y 7. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9 y 11.

Tabla 38

Intervalos de selección de unidades de muestreo (i) en la sección de H de las 12 vías en sentido horizontal

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)	Área de la muestra (m ²)	Longitud de la vía (m)	Número total de unidades de muestra de la selección "N" (m)	Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n"	Intervalos de muestreo (i)
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Santa Catalina	12	35.40	230.10	520.03	14.69	8	2
	Calle San Andrés	13	31.99	233.51	520.93	16.29	8	2
	Calle Santa Rosa	14	34.04	248.46	563.13	16.55	8	2
	Calle San Francisco	15	35.40	230.10	451.96	12.77	7	2
	Calle San Pedro	16	36.56	237.64	580.10	15.87	8	2
	Calle San Martín	17	35.86	233.12	581.02	16.20	8	2
	Calle Crolungo	18	36.39	236.51	582.12	16.00	8	2
	Calle Ciro Alegria	19	37.37	242.92	583.43	15.61	8	2
	Calle César Vallejo	20	35.09	231.99	584.41	16.37	8	2
	Calle Las Dunas I	21	38.30	229.80	225.00	5.87	5	1
	Calle Las Dunas II	22	38.07	228.41	112.94	2.97	3	1
	Calle Balaverdy	23	39.28	235.68	466.88	11.86	7	2

De la tabla 38, se obtuvo los siguientes resultados:

Para la calle Santa Catalina, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle San Andrés, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle Santa Rosa, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle San Francisco, la unidad de muestreo "n" es 7 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 7. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11 y 13.

Para la calle San Pedro, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle San Martín, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle Crolungo, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle Ciro Alegria, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle César Vallejo, la unidad de muestreo "n" es 8 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 8. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15.

Para la calle Las Dunas I, la unidad de muestreo "n" es 5 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 1, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 5. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 2,3,4 y 5.

Para la calle Las Dunas II, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar "n" es menor que 5 ($n = 3$, $n < 5$ entonces $3 < 5$), por esta razón se consideró todas las unidades de muestreo 1, 2 y 3.

Para la calle Salaverry, la unidad de muestreo "n" es 7 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 2, se seleccionó al azar entre la unidad de muestra 1 y 7. En ese caso la unidad inicial que se escogió es 1 y las siguientes unidades son 3, 5, 7, 9 y 11.

Registro de inspección en las unidades de muestreo. En esta fase del proceso se especificó las patologías superficiales halladas en cada unidad de muestra seleccionadas según la ecuación 4, se consideró el grado de severidad para identificar el nivel de daño encontrado de las vías y su propuesta de alternativa de solución según el formato especificado por el manual. Se presenta los siguientes resultados.

Tabla 39

Resumen del nivel de daño y propuesta de alternativa de solución en la sección V de las 11 vías en sentido vertical

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	UM	Grupo U-M	PCI U-M	NIVEL DE DAÑO (Parcial)	PCI SECCIÓN	NIVEL DE DAÑO (Total)	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Pasaje El Porvenir	1	1	45	Regular	46	Regular	REHABILITACIÓN
		2		46	Regular			
	Calle El Porvenir	1	2	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
		2		39	Malo			
		3		39	Malo			
		1		17	Muy Malo			
		3		17	Muy Malo			
	Calle José La Mar	5	3	11	Muy Malo	11	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		7		1	Dañado			
		9		3	Dañado			
		11		10	Dañado			
		13		6	Dañado			
		15		10	Muy Malo			
		17		26	Malo			
		1		39	Malo			
		3		39	Malo			
		5		23	Malo			
Calle José De Buena	7	4	23	Malo	30	Malo	REHABILITACIÓN	
	9		23	Muy Malo				
	11		23	Muy Malo				
	13		39	Malo				
	15		23	Muy Malo				
17	39	Malo						

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	UM	Grupo U-M	PCI U-M	NIVEL DE DAÑO (Parcial)	PCI SECCIÓN	NIVEL DE DAÑO (Total)	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Calle Santa Ana	1	5	23	Muy Malo	23	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		2		23	Muy Malo			
		3		23	Muy Malo			
		1		15	Muy Malo			
		3		8	Dañado			
	Avenida José Olaya	5	6	8	Dañado	15	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		7		8	Dañado			
		9		9	Dañado			
		11		8	Dañado			
		13		26	Malo			
	Paje. Santa Rosa	15	7	26	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
		17		26	Malo			
		1		39	Malo			
	Paje. Santa Rosa II	1	8	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
		2		39	Malo			
		3		39	Malo			
		1		23	Muy Malo			
		3		23	Muy Malo			
	Calle Abelardo Quiñones	5	9	23	Muy Malo	30	Malo	REHABILITACIÓN
		7		23	Muy Malo			
		9		39	Malo			
		11		19	Muy Malo			
		13		39	Malo			
	Pasaje Los Sauces	15	10	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
		17		39	Malo			
		1		39	Malo			
		2		39	Malo			
		3		39	Malo			
	Calle G	1	11	8	Dañado	11	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		3		8	Dañado			
5		8		Dañado				
7		23		Muy Malo				
			9	8	Dañado			
			11	8	Dañado			
SECCIÓN V TIENE UN PCI PROMEDIO DE:						29	Malo	REHABILITACIÓN

Tabla 40

Resumen del nivel de daño y propuesta de alternativa de solución en la sección V de las 12 vías en sentido horizontal

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	UM	Grupo U-M	PCI U-M	NIVEL DE DAÑO (Parcial)	PCI SECCIÓN	NIVEL DE DAÑO (TOTAL)	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Santa Catalina	1	12	39	Malo	20	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		3		39	Malo			
		5		23	Muy Malo			
		7		24	Muy Malo			
		9		8	Dañado			
		11		8	Dañado			
		13		8	Dañado			
	Calle San Andrés	1	13	39	Malo	31	Malo	REHABILITACIÓN
		3		39	Malo			
		5		23	Muy Malo			
		7		8	Dañado			
		9		23	Muy Malo			
		11		39	Malo			
		13		39	Malo			
	Calle Santa Rosa	1	14	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
3		39		Malo				
5		39		Malo				
7		39		Malo				
9		39		Malo				
11		39		Malo				
13		39		Malo				
Calle San Francisco	1	15	39	Malo	30	Malo	REHABILITACIÓN	
	3		39	Malo				
	5		39	Malo				
	7		23	Muy Malo				
	9		23	Muy Malo				
	11		8	Dañado				
	13		39	Malo				
Calle San Pedro	1	16	23	Muy Malo	17	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN	
	3		23	Muy Malo				
	5		23	Muy Malo				
	7		23	Muy Malo				
	9		23	Muy Malo				
	11		6	Dañado				

		13		8	Dañado			
		15		8	Dañado			
		1		6	Dañado			
		3		23	Muy Malo			
		5		23	Muy Malo			
		7		8	Dañado			
	Calle San Martín	9	17	23	Muy Malo	15	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		11		23	Muy Malo			
		13		6	Dañado			
		15		8	Dañado			
		1		23	Muy Malo			
		3		23	Muy Malo			
		5		23	Muy Malo			
	Calle Crolingo	7	18	8	Dañado	21	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		9		23	Muy Malo			
		11		23	Muy Malo			
		13		23	Muy Malo			
		15		23	Muy Malo			
		1		23	Muy Malo			
		3		8	Dañado			
		5		23	Muy Malo			
	Calle Oro Alegria	7	19	23	Muy Malo	23	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		9		23	Muy Malo			
		11		23	Muy Malo			
		13		39	Malo			
		15		23	Muy Malo			
		1		23	Muy Malo			
		3		23	Muy Malo			
		5		21	Muy Malo			
	Calle César Vallejo	7	20	8	Dañado	17	Muy Malo	RECONSTRUCCIÓN
		9		8	Dañado			
		11		8	Dañado			
		13		23	Muy Malo			
		15		23	Muy Malo			
		1		39	Malo			
		2		29	Malo			
	Calle Las Dunas I	3	21	29	Malo	31	Malo	REHABILITACIÓN
		4		29	Malo			
		5		29	Malo			
		1		39	Malo			
	Calle Las Dunas II	2	22	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN
		3		39	Malo			
		1		39	Malo			
		3		39	Malo			
	Calle Salaverry	5	23	39	Malo	39	Malo	REHABILITACIÓN

		7		39	Malo			
	Calle Salaverry	9	23	39	Malo	38	Malo	REHABILITACIÓN
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal		11		39	Malo			
SECCIÓN V TIENE UN PCI PROMEDIO DE:						27	Malo	REHABILITACIÓN

De esta manera, tomando en cuenta los datos anteriores, se realizó tablas de porcentajes donde se especifica 7 clasificaciones del PCI y los gráficos de las 23 vías para su mejor entendimiento.

Tabla 41

Porcentaje de daños en las unidades de muestreo (Sección V de las 11 vías en sentido vertical)

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	CLASIFICACIÓN	UNIDADES DE MUESTREO	PORCENTAJE DE DAÑOS (%)
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Pasaje El Porvenir	Regular	2	100.00
		Malo	0	0.00
		Muy Malo	0	0.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	2	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Calle El Porvenir	Regular	0	0.00
		Malo	3	100.00
		Muy Malo	0	0.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	3	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Calle José La Mar	Regular	0	0.00
		Malo	1	11.10
		Muy Malo	4	44.45
		Dañado	4	44.45

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	TOTAL CLASIFICACIÓN	9 UNIDADES DE MUESTREO	100.00 PORCENTAJE DE DAÑOS (%)
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Calle José De Sucre	Regular	0	0.00
		Malo	6	66.67
		Muy Malo	3	33.33
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	9	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Calle Santa Ana	Regular	0	0.00
		Malo	0	0.00
		Muy Malo	3	100.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	3	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Avenida José Olaya	Regular	0	0.00
		Malo	3	33.33
		Muy Malo	1	11.11
		Dañado	5	55.56
		TOTAL	9	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Pasaje Santa Rosa	Regular	0	0.00
		Malo	1	100.00
		Muy Malo	0	0.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	1	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Pasaje Santa Rosa II	Regular	0	0.00
		Malo	3	100.00
		Muy Malo	0	0.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	3	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00

	Calle Abelardo	Bueno	0	0.00	
	Quilones	Regular	0	0.00	
		Malo	4	44.44	
		Muy Malo	5	55.56	
		Dañado	0	0.00	
		TOTAL	9	100.00	
		Excelente	0	0.00	
		Muy Bueno	0	0.00	
		Bueno	0	0.00	
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Pasaje Los Sauces	Regular	0	0.00	
		Malo	3	100.00	
		Muy Malo	0	0.00	
		Dañado	0	0.00	
		TOTAL	3	100.00	
			Excelente	0	0.00
			Muy Bueno	0	0.00
	Calle G (entre carretera Panamericana Norte y calle San Martín)	Bueno	0	0.00	
		Regular	0	0.00	
		Malo	0	0.00	
Muy Malo		1	16.67		
		Dañado	5	83.33	
		TOTAL	6	100.00	

Tabla 42

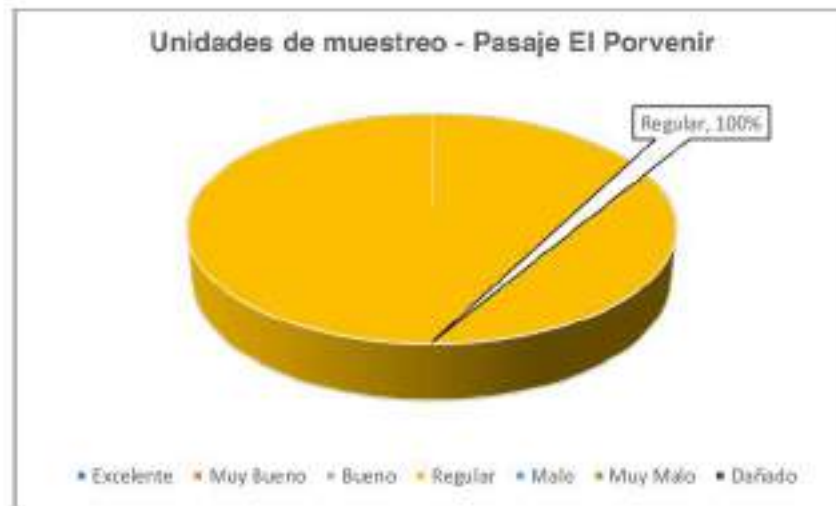
Porcentaje de daños en las unidades de muestreo (Sección H de las 12 vías en sentido horizontal)

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	CLASIFICACIÓN	UNIDADES DE MUESTREO	PORCENTAJE DE DAÑOS (%)
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Calle Santa Catalina	Regular	0	0.00
		Malo	2	25.00
		Muy Malo	2	25.00
		Dañado	4	50.00
		TOTAL	8	100.00
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
		Regular	0	0.00
	Calle San Andrés	Malo	5	62.50
		Muy Malo	2	25.00
		Dañado	1	12.50

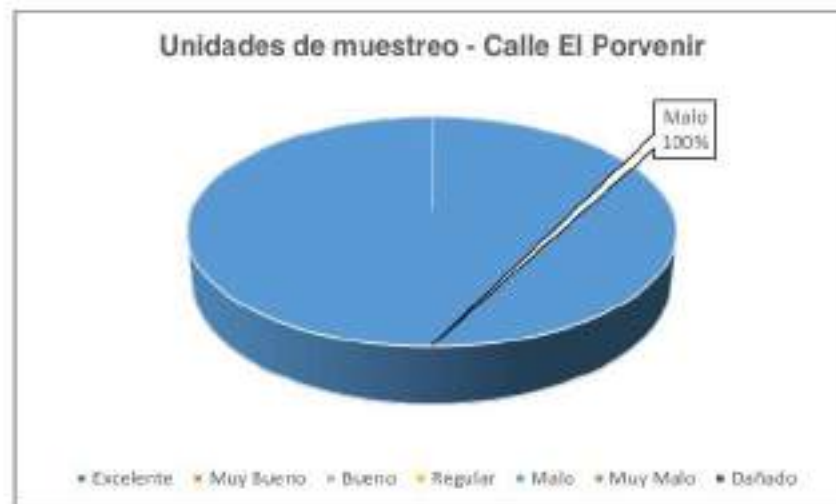
SECCIÓN	CALLE / PASAJE	TOTAL CLASIFICACIÓN	8 UNIDADES DE MUESTREO	100.00 PORCENTAJE DE DAÑOS (%)
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
		Regular	0	0.00
	Calle Santa Rosa	Malo	8	100.00
		Muy Malo	0	0.00
		Dañado	0	0.00
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
	Calle San Francisco	Regular	0	0.00
		Malo	4	57.14
		Muy Malo	2	28.57
		Dañado	1	14.29
		TOTAL	7	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
		Regular	0	0.00
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle San Pedro	Malo	0	0.00
		Muy Malo	5	62.50
		Dañado	3	37.50
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
		Regular	0	0.00
	Calle San Martín	Malo	0	0.00
		Muy Malo	4	50.00
		Dañado	4	50.00
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00
		Bueno	0	0.00
		Regular	0	0.00
	Calle Crolungo	Malo	0	0.00
		Muy Malo	7	87.50
		Dañado	1	12.50
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Bueno	0	0.00

		Buena	0	0.00
	Calle Giro Alegría	Regular	0	0.00
		Mala	1	12.50
		Muy Mala	6	75.00
		Dañada	1	12.50
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Buena	0	0.00
		Buena	0	0.00
		Regular	0	0.00
		Mala	0	0.00
	Calle César Vallejo	Muy Mala	5	62.50
		Dañada	3	37.50
		TOTAL	8	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Buena	0	0.00
		Buena	0	0.00
		Regular	0	0.00
		Mala	5	100.00
		Muy Mala	0	0.00
		Dañada	0	0.00
		TOTAL	5	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Buena	0	0.00
		Buena	0	0.00
		Regular	0	0.00
		Mala	3	100.00
		Muy Mala	0	0.00
		Dañada	0	0.00
		TOTAL	3	100.00
		Excelente	0	0.00
		Muy Buena	0	0.00
		Buena	0	0.00
		Regular	0	0.00
		Mala	6	100.00
		Muy Mala	0	0.00
		Dañada	0	0.00
		TOTAL	6	100.00

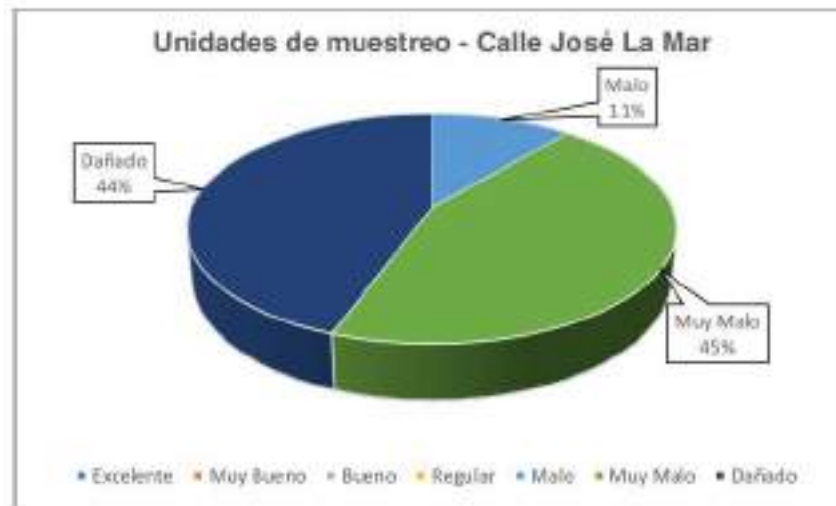
Finalmente, se realizó los gráficos de las unidades de muestreo en la sección V de las 11 vías en sentido vertical para mejor entendimiento.



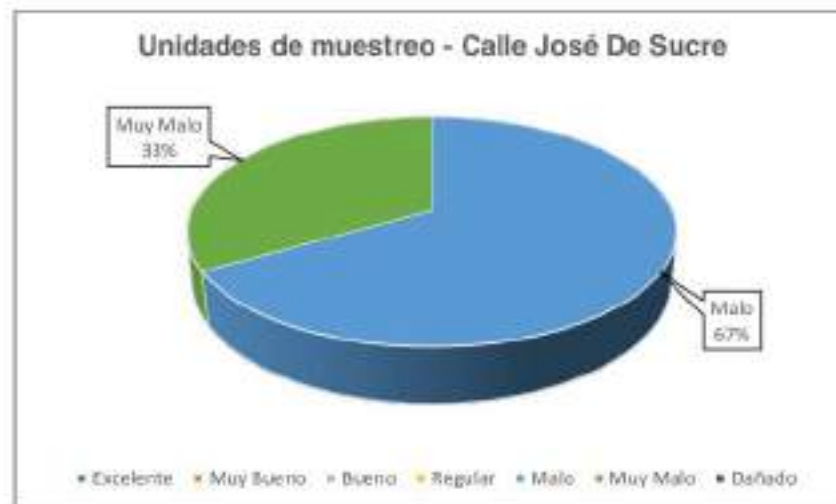
Observación: Del valor promedio de 2 unidades de muestreo en el tramo del pasaje El Porvenir se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 46, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es regular.



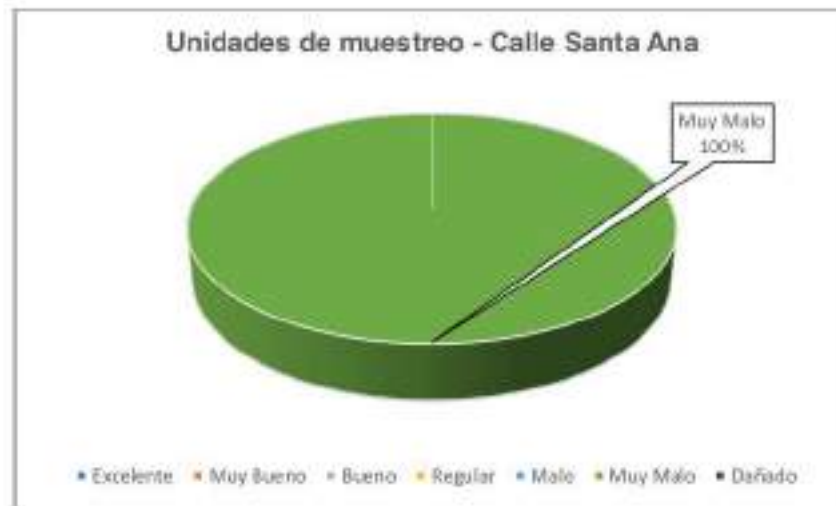
Observación: Del valor promedio de 3 unidades de muestreo en el tramo de la calle El Porvenir se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



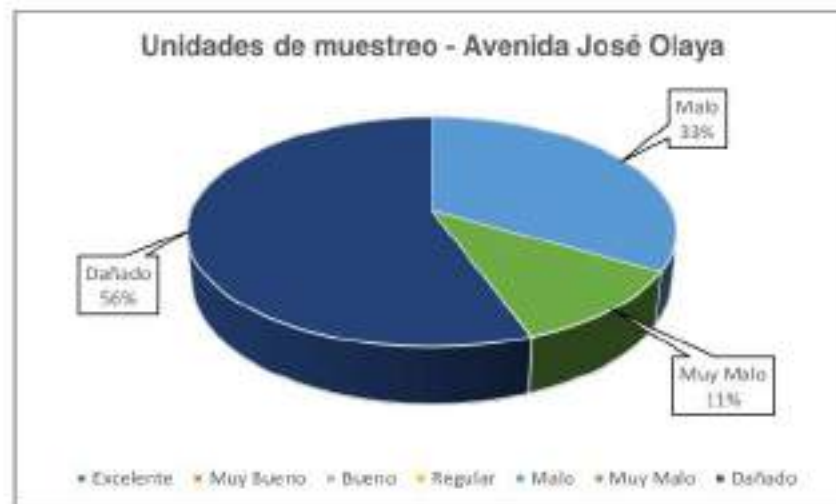
Observación: Del valor promedio de 9 unidades de muestreo en el tramo de la calle José La Mar se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 11, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



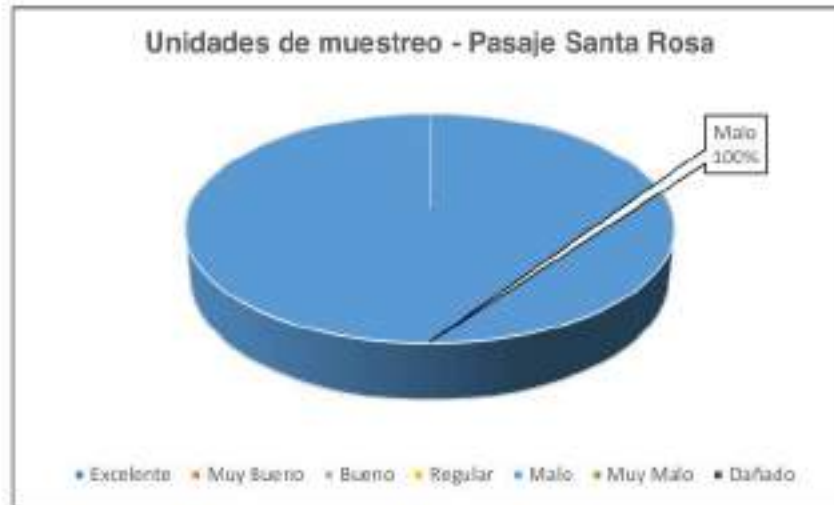
Observación: Del valor promedio de 9 unidades de muestreo en el tramo de la calle José De Sucre se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 30, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



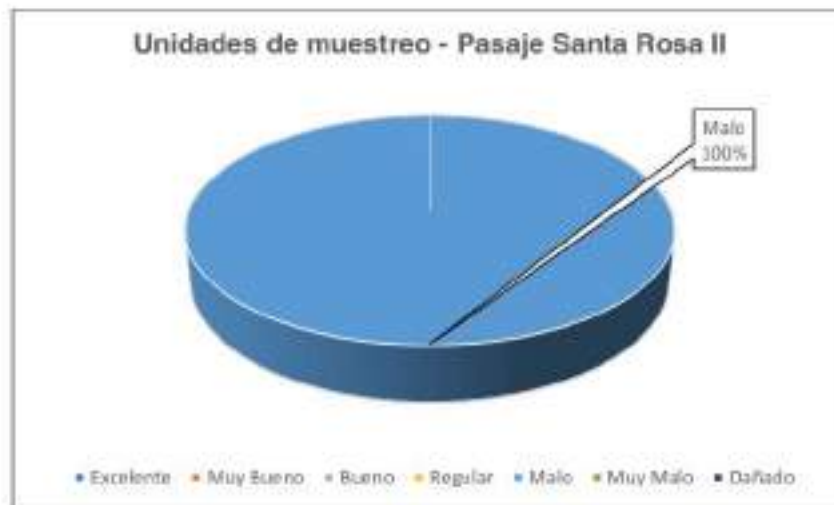
Observación: Del valor promedio de 3 unidades de muestreo en el tramo de la calle Santa Ana se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 23, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



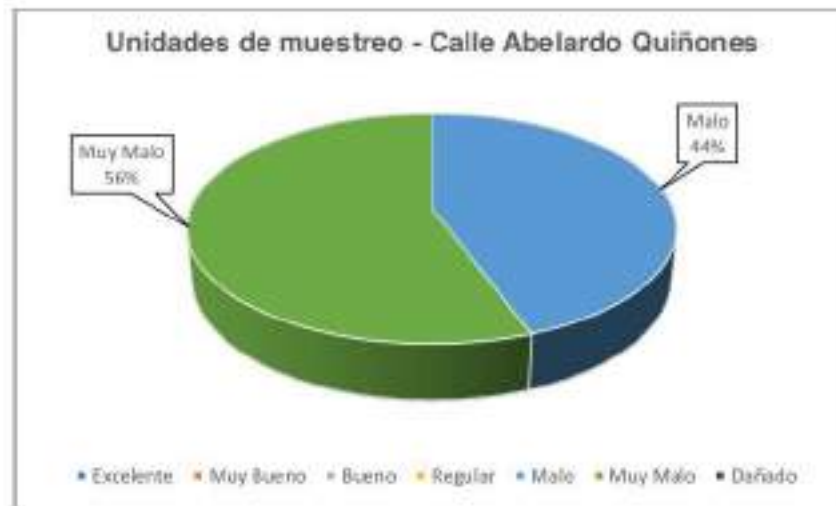
Observación: Del valor promedio de 9 unidades de muestreo en el tramo de la avenida José Olaya se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 15, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento entre dañado y muy malo.



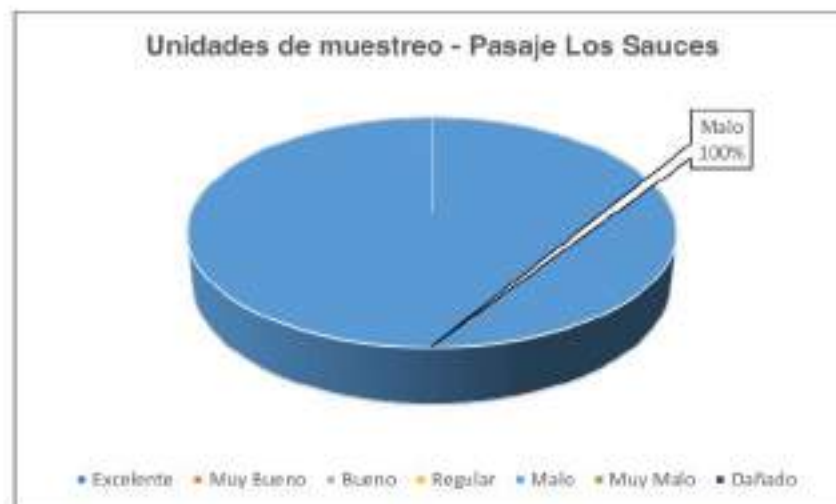
Observación: Del valor de 1 unidad de muestreo en el tramo del pasaje Santa Rosa se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



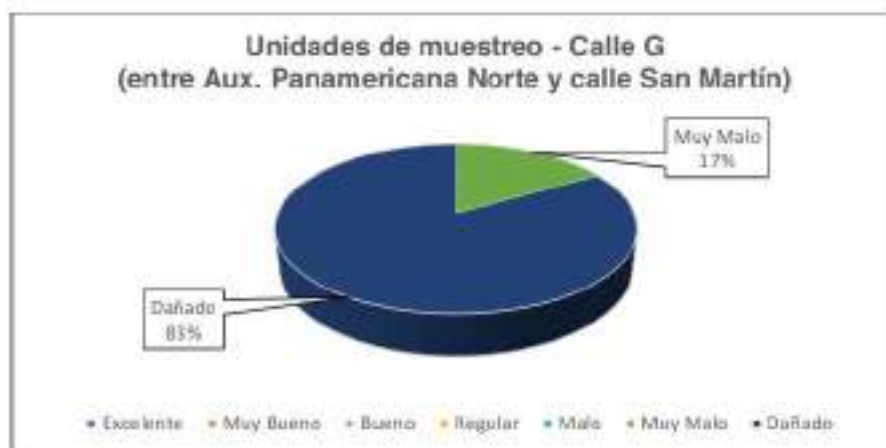
Observación: Del valor promedio de 3 unidades de muestreo en el tramo del pasaje Santa Rosa II se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



Observación: Del valor promedio de 9 unidades de muestreo en el tramo de la calle Abelardo Quiñones se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 30, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento entre malo y muy malo.

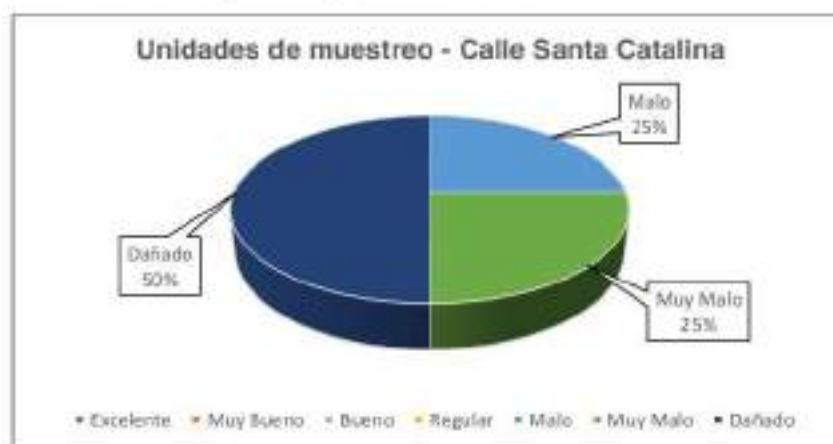


Observación: Del valor promedio de 3 unidades de muestreo en el tramo del pasaje Los Sauces se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.

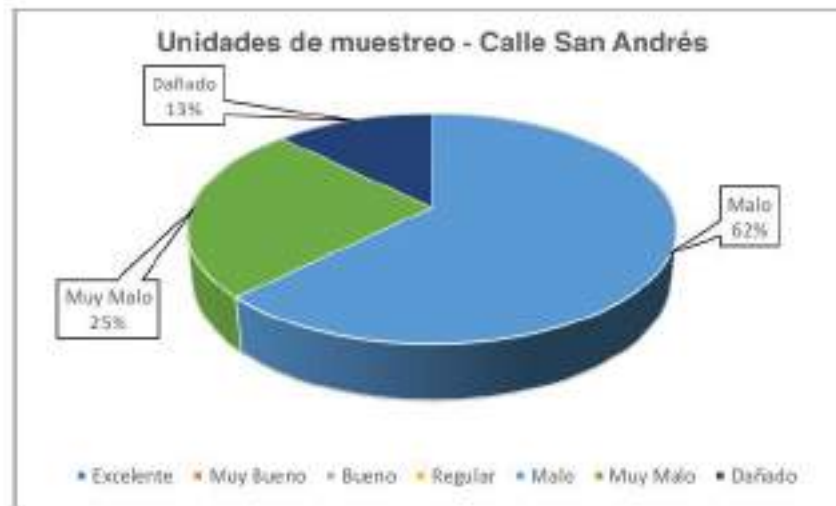


Observación: Del valor promedio de 6 unidades de muestreo en el tramo de la calle Abelardo Quiñones se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 11, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento entre dañado y muy malo.

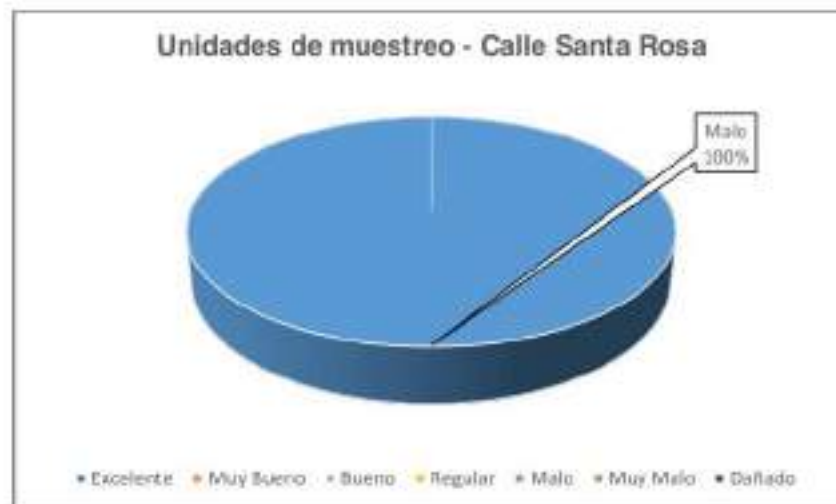
Así mismo, se realizó los gráficos de las unidades de muestreo en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal para mejor entendimiento.



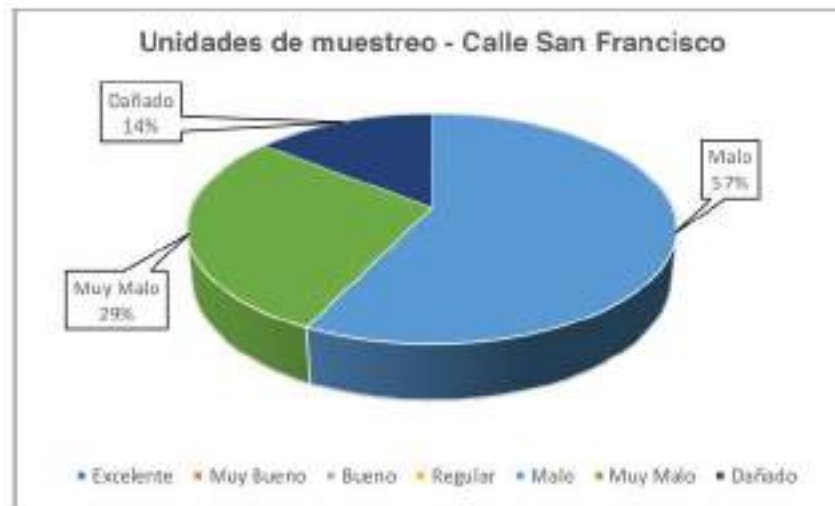
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle Santa Catalina se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 20, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento entre dañado y muy malo.



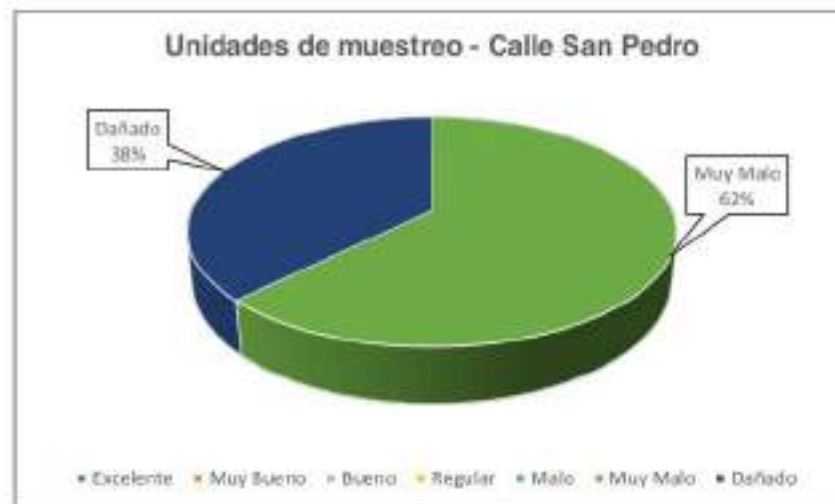
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle San Andrés se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 31, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



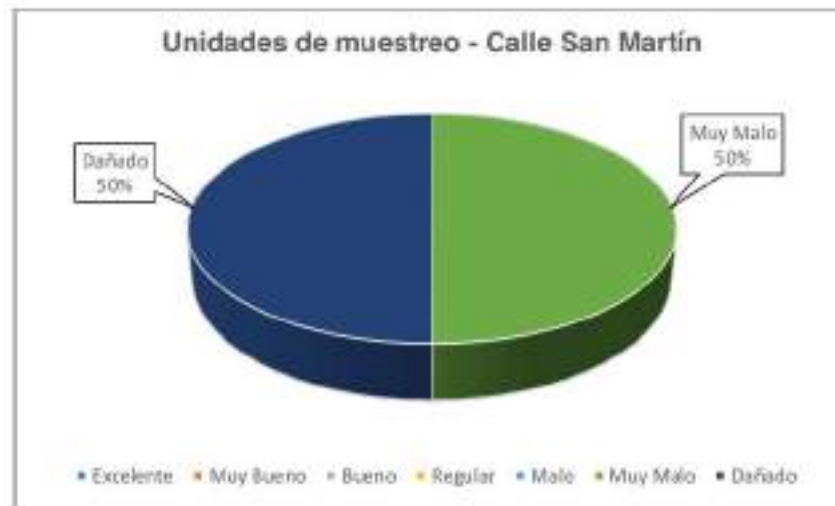
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle Santa Rosa se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



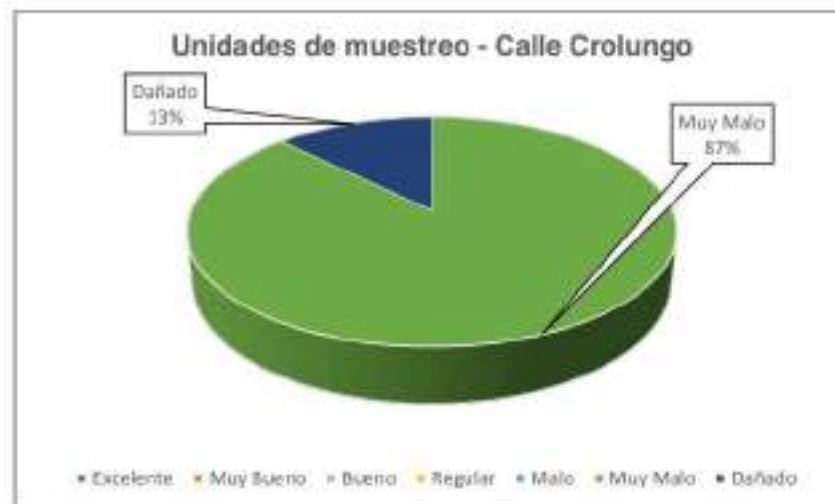
Observación: Del valor promedio de 7 unidades de muestreo en el tramo de la calle San Francisco se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 30, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



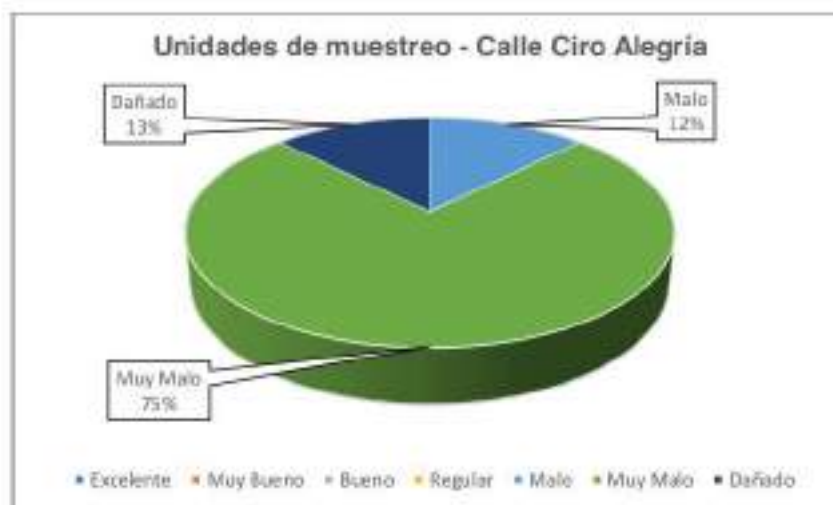
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle San Pedro se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 17, la cual la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



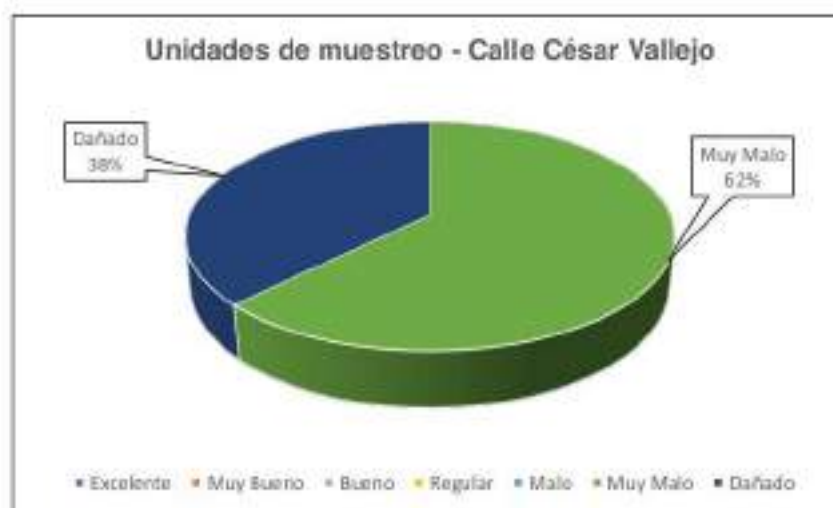
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle San Martín se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 15, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento entre dañado y muy malo.



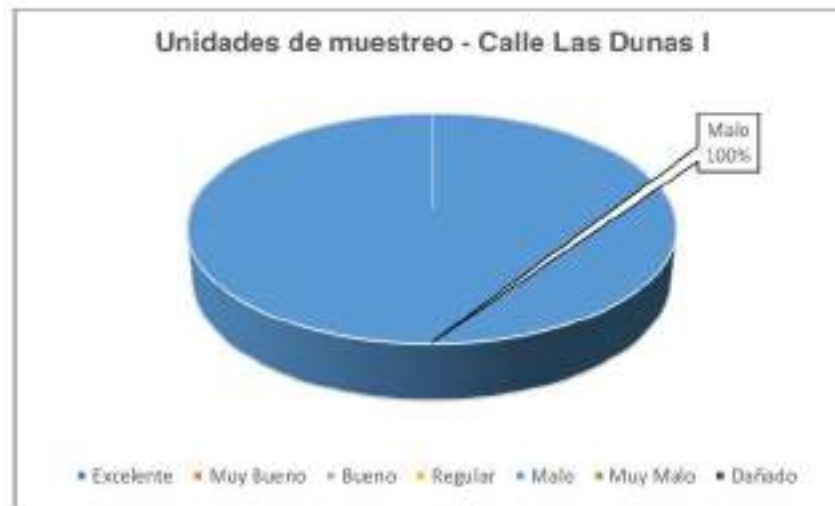
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle Crolungo se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 21, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



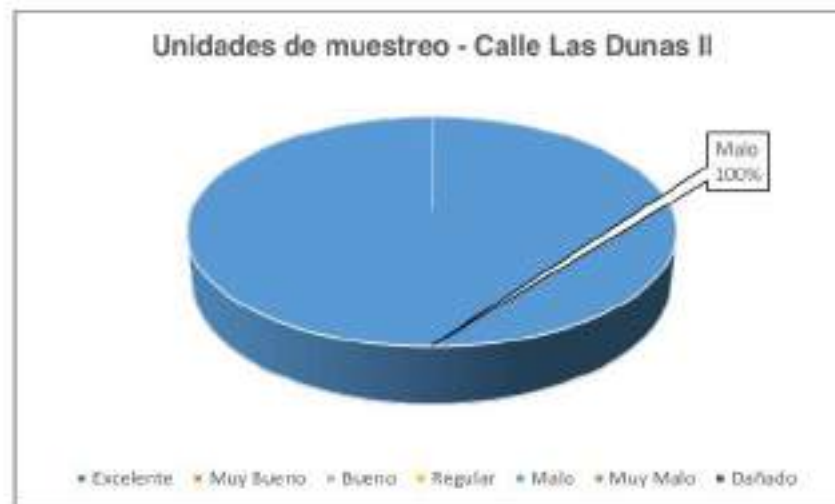
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle Ciro Alegría se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 23, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



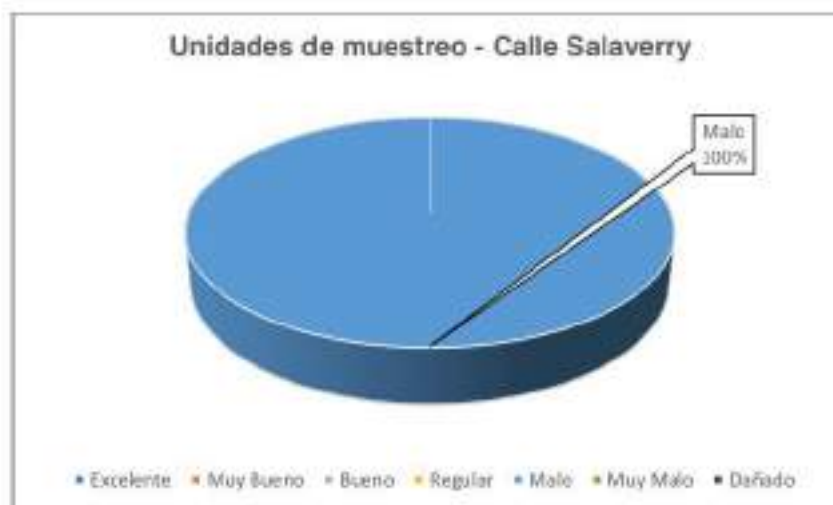
Observación: Del valor promedio de 8 unidades de muestreo en el tramo de la calle César Vallejo se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 17, la cual indicó que la mayor parte se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es muy malo.



Observación: Del valor promedio de 5 unidades de muestreo en el tramo de la calle Las Dunas I se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 31, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



Observación: Del valor promedio de 3 unidades de muestreo en el tramo de la calle Las Dunas II se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.



Observación: Del valor promedio de 6 unidades de muestreo en el tramo de la calle Salaverry se obtuvo la condición del pavimento con un valor promedio PCI 39, la cual se clasificó el estado o nivel de daño del pavimento es malo.

4.1.2 Realizar el estudio de suelos

1 **Estudio de mecánica de suelos.** Para realizar el estudio de mecánica de suelos, se llevó a cabo una visita de campo exploratorio en la zona de estudio. Durante esta visita, se determinaron **1** los lugares más adecuados para tomar las muestras, específicamente en la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya. Durante la visita, se identificó que los suelos en la zona eran arena pobremente gradada. Además, se demostró que algunas viviendas estaban ubicadas en zonas cercanas al borde y otras se encontraron en áreas con pendientes descendentes. Estas situaciones indicaban una mala ubicación de algunas viviendas. **1** Una vez definidos los lugares para tomar las muestras, se procedió al desarrollo de las calicatas como parte del estudio de mecánica de suelos.

Exploración de campo. Se llevaron a cabo las calicatas, que son huecos exploratorios, como parte del estudio. Además, se solicitó a la municipalidad los estudios previos realizados en la zona. Para las calicatas, siga la norma que establece una profundidad de 1.50 metros. Se realizó un total de 5 calicatas usando herramientas como pala y pico.

Tabla 43

Exploración de campo

N° Calcata	Profundidad (m)	Ubicación
C1	1.50 m	Calle Luis Alberto Sánchez
C2	1.50 m	Calle Luis Alberto Sánchez
C3	1.50 m	Calle Luis Alberto Sánchez
C4	1.50 m	Avenida José Olaya
C5	1.50 m	Avenida José Olaya
C6	1.50 m	Avenida José Olaya

Figura 21

Ubicación de calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6



Nota: Imagen extraída de Google Earth.

Ensayos en laboratorio. Se presenta los siguientes ensayos:

1 **Cálculo del Contenido de Humedad según la norma ASTM D2216-98.** En esta prueba se utiliza para determinar el porcentaje de agua o humedad en relación al peso de partículas sólidas en una masa de suelo específica. Es crucial identificar los niveles de humedad en el subsuelo, especialmente en suelos finos, ya que esto guarda una relación directa con las condiciones de humedad y densidad de dichos suelos.

Tabla 44

1 **Variables para el cálculo de Contenido de Humedad**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO		
Símbolo	Descripción	Unidades
W _r	Masa del recipiente	Gramos (g)
W _h	Masa de recipiente + suelo húmedo	Gramos (g)
W _s	Masa de recipiente + suelo seco	Gramos (g)
W _w	Masa del agua	Gramos (g)
W _p	Masa de partículas de suelo	Gramos (g)

Para poder lograr el cálculo de **1** contenido de humedad del suelo, se emplea la siguiente ecuación:

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} \times 100$$

En primer lugar, se consiguió **1** la muestra por cuarteo, reduciendo a una muestra representativa de 2.5 kg, por la cual se usó para las muestras de cada calicata, éstas se **1** pesaron antes de introducirlas al horno en un recipiente de metal (aluminio), este proceso se **1** realizó con una balanza digital de precisión de 0.01 g. Luego de 24h, que estuvieron las muestras en un horno a temperatura de 110 ± 5 °C, se retira del horno y se empezó a **1** anotar los pesos secos de la muestra, gracias a la fórmula se obtuvo el porcentaje de **1** humedad de cada muestra. Además, para una calicata, **1** la humedad del suelo se consideró el

promedio de las muestras y se repitió el proceso para las 5 calicatas. Finalmente, se obtuvo los resultados de la humedad natural de cada una de las calicatas, como se observan en la siguiente tabla.

Tabla 45

Contenido de humedad

Nº Calicata	Profundidad (m)	Contenido de humedad
C1	1.50 m	2.83 %
C2	1.50 m	3.17 %
C3	1.50 m	3.24 %
C4	1.50 m	3.51 %
C5	1.50 m	2.49 %
C6	1.50 m	2.63 %

Cálculo del Análisis Granulométrico por Tamizado según ASTM D422-07. Esta prueba se obtiene para determinar la proporción de los diferentes elementos que componen la muestra, los cuales se clasifican según su tamaño.

En primer lugar, se deseaba que las muestras fueran de material arenoso, lo cual se desmorona fácilmente al manipularlo. Por lo tanto, se tamizaron en seco y se realizó el método del cuarteo utilizando una cantidad inicial de 5 kg de muestra, de los cuales se seleccionó finalmente una muestra de 2,5 kg.

En segundo lugar, se procedió a lavar la muestra sobre una malla N° 200 utilizando abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo cuidado para no perder ninguna partícula retenida en él.

En tercer lugar, se recolectó el material retenido en un recipiente y se secó en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Luego se pesó la muestra.

En cuarto lugar, se llevó a cabo un tamizado en seco utilizando las mallas que van desde la malla N° 4 hasta la malla N° 200. El tamizado se realizó manualmente moviendo el tamiz de un lado a otro y en forma circular para mantener la muestra en movimiento sobre la malla. Se tuvo cuidado de no desperdiciar el material presente en cada tamizado y se separaron las partículas atrapadas en la malla utilizando un cepillo, agregándolas al material retenido en el tamiz.

Finalmente, en el proceso de pesaje se obtuvo una balanza de precisión de 0.01 g y se consideraron los pesos retenidos para calcular el porcentaje retenido y el porcentaje que pasó a través de las mallas, lo que permitió realizar la gráfica granulométrica.

En relación a la zona de estudio, se demostró que en todas las calicatas predominaba el material arenoso. Por lo tanto, se exactamente el contenido de humedad más óptimo para cada vía no pavimentada. Es decir, para la calicata C3 se sacó la muestra M1 de la calle Luis Alberto Sánchez, y para la calicata C4 se sacó la muestra M1 de la avenida José Olaya.

Tabla 46

Análisis Granulométrico

N°	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)
<i>Calicata</i>				
C3	M1	4.01%	95.68%	0.31%
C4	M1	0.56%	99.20%	0.24%

Cálculo de Límites de Atterberg. Para el Límite Líquido: Los ensayos fueron llevados a cabo con el objetivo de determinar el comportamiento del suelo en relación a su contenido de humedad, se establecieron el límite de consistencia e índice de plasticidad. Estos ensayos se realizaron siguiendo el procedimiento estipulado en la norma ASTM D4318-05.

Entonces, en el procedimiento de Límite Líquido, en uno de los pasos cuando se dividió por la mitad la copa de Casagrande con un acanalador, se pretendió a cerrar la ranura en 25 golpes mediando giros usando la manivela, como indica la norma, las 3 primeras pruebas se cerraron en 12, 14 y 14 golpes respectivamente, por la cual se descartó que las muestras no presentan un límite líquido adecuado, ya que no presentan un buen porcentaje de finos, es decir, no se presentaron un buen porcentaje de arcillas o limos que permita cerrar la ranura en 25 golpes como indica la norma.

Figura 22

Primera prueba de 12 golpes para Límite Líquido



Nota. Se muestra la imagen de la primera prueba de 12 golpes para Límite Líquido en el Ensayo de Límites de Atterberg.

Figura 23

Segunda prueba de 14 golpes para Límite Líquido



Nota. Se muestra la imagen de la segunda prueba de 14 golpes para Límite Líquido en el Ensayo de Límites de Atterberg.

Figura 24

Tercera prueba de 14 golpes para Límite Líquido



Nota. Se muestra la imagen de la tercera prueba de 14 golpes para Límite Líquido en el Ensayo de Límites de Atterberg.

Para el Límite Plástico: Después de realizar las tres primeras etapas, se procedió a tomar la muestra residual que quedó en la copa de Casagrande. Esta muestra residual contiene una pequeña porción de al menos 15 g, que se coloca en un recipiente. Utilizando una espátula, se movió la muestra en el recipiente hasta que perdiera humedad con la ayuda del aire.

Luego, se procedió a girar la pequeña muestra en forma circular hasta que formen pequeños cilindros de 3 mm (1/8") de diámetro como indica la norma, pero se observó que, en las 3 primeras pruebas antes de llegar a los 3 mm (1/8") surgió varias rupturas o quiebres, por la cual, no permitió cumplir con lo establecido en la norma y continuar con los pasos del procedimiento para el Límite Plástico y hallar el Índice de Plasticidad.

Figura 25

Primera prueba de 12 golpes para Límite Plástico



Nota. Se muestra la imagen de la primera prueba de 12 golpes para Límite Plástico en el Ensayo de Límites de Atterberg.

Figura 26

Segunda prueba de 14 golpes para Límite Plástico



Nota. Se muestra la imagen de la segunda prueba de 14 golpes para Límite Plástico en el Ensayo de Límites de Atterberg.

Figura 27

Tercera prueba de 14 golpes para Límite Plástico



Nota. Se muestra la imagen de la tercera prueba de 14 golpes para Límite Plástico en el Ensayo de Límites de Atterberg.

1 **Ensayo del Proctor Modificado según ASTM D1557-12.** En este ensayo se llevó a cabo un estudio para determinar la densidad seca máxima del suelo en relación a su nivel de humedad, bajo una energía de presión establecida.

Use el método A de Proctor Modificado para este ensayo. En primer lugar, se dividió el material en cuartos hasta obtener una muestra de aproximadamente 3 kg. Luego, se tamizó a través de una malla N° 4 para asegurarse de que no haya más del 30% de partículas retenidas, y se procedió con los pasos del ensayo. Dado que las muestras presentaban cierto grado de humedad, se abandonaron secas de manera regular. Después, se empleó un molde de 4 pulgadas y 11,64 cm de altura. En segundo lugar, se agregó el material en 5 capas y se aplicaron 25 golpes del pisón en cada capa hasta llenar completamente el molde. Luego, se rompió el collarín, se niveló la superficie con una regla de metal y se llenaron las deformaciones en el molde.

Para finalizar, se pesó el molde sin la base y se calculó su volumen para obtener su densidad. También, al comienzo del ensayo, se obtuvo el peso del molde sin el collarín, lo cual ayudó a completar algunos datos. Además, se seleccionaron pequeñas muestras tanto en la parte superior como en la base del molde utilizando el pistón, y se golpeó la parte central del molde para determinar la humedad. Esto permitió obtener un punto en la gráfica de compactación. Estos pasos se repitieron varias veces hasta obtener al menos 4 puntos en la curva de compactación.

Este procedimiento se repitió para cada calicata hasta obtener la humedad óptima, el peso unitario seco máximo y las curvas de compactación.

Tabla 47

Datos obtenidos del Proctor Modificado

N° Calicata	Muestra	Compactación	
		Densidad seca máxima (g/cm ³)	Humedad Óptima (%)
C1	M1	1.731	7.00
C2	M1	1.705	8.50
C3	M1	1.703	8.00
C4	M1	1.730	7.31
C5	M1	1.735	8.40
C6	M1	1.725	7.34

Ensayo de CBR según ASTM D1883-07. En este ensayo se llevó a cabo con el objetivo de determinar la capacidad del suelo para resistir el esfuerzo cortante y evaluar la calidad del suelo en relación a la subrasante.

Para obtener la muestra, se seleccionó un tamiz con un tamaño máximo de 3/4 de pulgada. Se obtuvo el material que pasó a través de este tamiz y se tomó una muestra de aproximadamente 5 kg. Antes de proceder con el ensayo, se pesó y se midieron las dimensiones del molde a utilizar. Además, se verificó que la humedad de la muestra sea igual a la humedad óptima obtenida en el ensayo del Proctor modificado.

Dado que las muestras consisten en suelos arenosos, se realizaron pruebas con diferentes números de golpes por capa (12, 25 y 56 golpes) y con un contenido de agua correspondiente a la humedad óptima para suelos granulares.

Una vez finalizados los ensayos con los diferentes números de golpes para las calicatas C3 (calle Luis Alberto Sánchez) y C4 (avenida José Olaya), se sacó el collarín del molde y se eliminó el exceso de tierra hasta que quedara nivelado con la parte superior del molde, utilizando una regla metálica. Se tomaron muestras del material sobrante para calcular la humedad del suelo. Luego, la muestra preparada y apisonada se pesó y se calculó el peso unitario.

A continuación, se colocó un papel filtro en la parte superior del molde para enrasarlo. La muestra invertida se colocó en la base del molde y se atomilló para invertir el proceso de apisonado.

Para las muestras saturadas, se colocaron pesos específicos (4,5 kg) sobre la muestra, que luego se atornilló nuevamente y se sumergió en una fosa de curado. Durante el proceso de curado, se cubrió la muestra con agua hasta una altura de 2 cm desde la parte superior.

Se montó un tripode en el centro del molde y se ajustó el deformímetro para registrar la primera lectura. Posteriormente, se tomaron lecturas a intervalos de 1 hora, 2 horas, 4

horas y según lo indicado en la norma. Después de 96 horas, se extraerá la muestra de la inmersión, se dejará drenar durante 15 minutos y se secarán las superficies expuestas. Luego, la muestra se llevó a la máquina de compresión.

En el caso de las muestras no saturadas, se tomó la muestra apisonada y se colocó en la máquina de compresión con una presión no mayor a 4.5 kg. Se ajustó el deformímetro a cero y se procedió a realizar el ensayo de penetración a una velocidad de 1.27 mm/min hasta alcanzar una profundidad de 0.5 pulgadas. Se tomaron datos cada 0.025 pulgadas para obtener puntos en la curva de penetración, siendo los más importantes aquellos a 0.1 y 0.2 pulgadas.

Tabla 48

Resultado del ensayo CBR

N° Calicata / Muestra	CBR	
	100 %	95%
C3 - M1	34.30	23.00
C6 - M1	34.53	22.80
	CBR = 22.90	

4.1.3 Determinar la carga vehicular para las vías en estudio aplicando el método de los conteos

En esta investigación tiene por finalidad realizar la propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, 2022, la cual en la zona de estudio se consideró 2 vías más transitadas: la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya. Para realizarlo, se llevó a cabo recolectar información respecto al aforo vehicular manual, ya que es de importancia para cálculos superiores.

Para determinar el conteo vehicular se registró en su respectivo formato en donde la inspección se hizo durante una semana por 24 horas en 2 puntos de estación de manera estratégico para cada vía. Se hace mención que se observó horas punta de tráfico y se

clasificó de acuerdo al tipo de vehículos que transitaban tanto en el carril derecho como izquierdo. Se recalca que, se tuvo consideración en este proceso se siguió bajo el "Reglamento Nacional de Vehículos", la cual se realizó registro de categorías en intervalos cada 60 minutos.

Figura 28

Formato de conteo vehicular en intervalos de 60 minutos a emplear

HORA	PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL										ESTADO				TOTAL	%
	RESPONSABLE					UBICACIÓN					SENTO					
	AUTO	CARONTA	OMB RUAL	MICRO	BUS	CAMIÓN		MOTOCICLO		OTR	TR1	TR2	TR3			
00:00 - 01:00																
01:00 - 02:00																
02:00 - 03:00																
03:00 - 04:00																
04:00 - 05:00																
05:00 - 06:00																
06:00 - 07:00																
07:00 - 08:00																
08:00 - 09:00																
09:00 - 10:00																
10:00 - 11:00																
11:00 - 12:00																
12:00 - 13:00																
13:00 - 14:00																
14:00 - 15:00																
15:00 - 16:00																
16:00 - 17:00																
17:00 - 18:00																
18:00 - 19:00																
19:00 - 20:00																
20:00 - 21:00																
21:00 - 22:00																
22:00 - 00:00																

Nota. Se muestra el formato de registro con el cual se hizo el conteo vehicular en ambos sentidos de las vías.

Análisis de tráfico vehicular. En esta fase se realiza el procesamiento de datos obtenidos y a la vez, el cálculo de las cantidad de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton, un valor equivalente de 18 kip en unidades inglesas; teniendo en cuenta la guía del "Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N°10-2014-MTC/14"

Estado actual de las vías. Las carreteras de la calle Luis Alberto Sánchez (entre la carretera Panamericana Norte y la calle Las Dunas I) se caracteriza por ser vía sin pavimentación y la avenida José Olaya (entre la carretera Panamericana Norte y la calle Salaverry) se caracteriza por ser una vía que presenta un nivel de daño muy malo en el pavimento flexible, la cual ambas están paralelas entre si e interceptan los puntos estratégicos para el control del conteo. La primera carretera tiene un ancho de calzada de 6.60 m y la segunda con un total de ancho de calzada de 6.00 m.

Conte vehicular. Este proceso se realizó ubicando dos estaciones de control conveniente en las vías debido a su ubicación y ser paralelas, ya que se pretendió obtener una información precisa la cual además permitió la visualización de vehículos que circulan mediante las 24 horas y 7 días consecutivos. Para mejor comprensión se muestra en la Figura 28 las localizaciones de control.

Figura 29

Puntos de control en la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya



Nota. En la figura se muestra los puntos de control en la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya. Fuente: Google Earth.

De esta manera, respecto a los puntos de localización en la calle Luis Alberto Sánchez son paralelas e interceptan con los puntos de control de la avenida José Olaya. En la calle Luis Alberto Sánchez, se consideró dos puntos de control:

- E-01: Intersección entre las calles Luis Alberto Sánchez y San Martín
- E-02: Intersección entre las calles Luis Alberto Sánchez y San Andrés

Para los puntos de localización en la avenida José Olaya también son paralelas e interceptan con los puntos de control de la calle Luis Alberto Sánchez, se consideró dos puntos de control:

- E-03: Intersección entre la avenida José Olaya y la calle San Martín
- E-04: Intersección entre la avenida José Olaya y la calle San Andrés

A continuación, se muestra a detalle el registro de conteo vehicular sobre los 2 puntos de localización de ambos sentidos en las 2 vías.

Figura 30

Registro del conteo vehicular E-01 (ambos sentidos)

ESTACIÓN		ESTACIÓN E-01														
UBICACIÓN		INTERSECCIÓN ENTRE LAS CALLES LUIS ALBERTO SÁNCHEZ Y SAN MARTÍN														
DIRECCIÓN		AMBOS SENTIDOS														
DÍA	SENTIDO	AUTO		CAMBRIERO	COMBI	MOTO	BUS			CAMIÓN		AFILIADOS				TOTAL
		BOVL					2.E.E	3.E.E	4.E.E	C1E	C2E	T01	T02	T03	T04	
Lunes 24/10/23	Norte-Sur	85	85	4	26	0	0	0	23	30	11	0	0	0	245	
	Sur-Norte	78	76	3	24	0	0	0	20	14	11	0	0	0	201	
	TOTAL DÍA	138	141	7	44	0	0	0	43	44	22	0	0	0	446	
Martes 25/10/23	Norte-Sur	42	36	2	26	0	0	0	18	14	11	0	0	0	177	
	Sur-Norte	46	45	2	25	0	0	0	12	11	11	0	0	0	180	
	TOTAL DÍA	88	79	4	45	0	0	0	30	25	22	0	0	0	357	
Miércoles 26/10/23	Norte-Sur	44	46	21	25	0	0	0	18	14	11	0	0	0	182	
	Sur-Norte	48	55	5	11	0	0	0	20	11	11	0	0	0	201	
	TOTAL DÍA	83	101	4	40	0	0	0	38	25	22	0	0	0	383	
Jueves 27/10/23	Norte-Sur	42	30	2	18	0	0	0	24	26	21	0	0	0	229	
	Sur-Norte	38	34	2	23	0	0	0	20	20	11	0	0	0	221	
	TOTAL DÍA	80	64	4	41	0	0	0	44	46	32	0	0	0	450	
Viernes 28/10/23	Norte-Sur	38	41	3	17	0	0	0	26	20	21	0	0	0	232	
	Sur-Norte	58	50	3	11	0	0	0	30	26	26	0	0	0	253	
	TOTAL DÍA	108	101	6	28	0	0	0	56	46	47	0	0	0	485	
Sábado 29/10/23	Norte-Sur	57	54	5	26	0	0	0	30	23	26	0	0	0	258	
	Sur-Norte	68	55	2	26	0	0	0	28	20	21	0	0	0	268	
	TOTAL DÍA	117	117	7	56	0	0	0	58	43	47	0	0	0	526	
Domingo 30/10/23	Norte-Sur	48	49	3	21	0	0	0	25	21	11	0	0	0	224	
	Sur-Norte	55	54	3	17	0	0	0	30	17	21	0	0	0	218	
	TOTAL DÍA	115	103	6	46	0	0	0	55	38	32	0	0	0	442	

Figura 31

Registro del conteo vehicular E-02 (ambos sentidos)

ESTACIÓN		ESTACIÓN E-02													
UBICACIÓN		INTERSECCIÓN ENTRE LAS CALLES JOSÉ ROBERTO SANCHEZ Y SAN ANDRÉS													
DIRECCIÓN		AMBOS SENTIDOS													
DÍA	SENTIDO	AUTO MOVIL	CAMIONETA	COMB RURAL	MOTO	BUS			CAMIÓN		ARTICULADOS				TOTAL
						2 EJE	3 EJE	4 EJE	CVE	CVE	T2S1	T2S2	T2S2	T2S3	
Lunes 24/10/23	Norte-Sur	42	54	30	21	0	0	0	30	15	11	0	0	0	228
	Sur-Norte	50	55	30	26	0	0	0	21	20	25	0	0	0	230
TOTAL DÍA		92	109	60	47	0	0	0	51	35	42	0	0	0	458
Martes 25/10/23	Norte-Sur	50	49	26	24	0	0	0	20	14	20	0	0	0	240
	Sur-Norte	58	40	44	25	0	0	0	25	23	11	0	0	0	255
TOTAL DÍA		108	89	70	49	0	0	0	45	47	31	0	0	0	495
Miércoles 26/10/23	Norte-Sur	52	58	30	21	0	0	0	28	30	25	0	0	0	241
	Sur-Norte	60	55	30	24	0	0	0	24	22	24	0	0	0	244
TOTAL DÍA		112	113	60	45	0	0	0	52	52	49	0	0	0	485
Jueves 27/10/23	Norte-Sur	45	50	29	28	0	0	0	20	22	24	0	0	0	226
	Sur-Norte	54	40	35	24	0	0	0	20	15	21	0	0	0	227
TOTAL DÍA		99	90	64	52	0	0	0	40	37	45	0	0	0	453
Viernes 28/10/23	Norte-Sur	56	48	17	24	0	0	0	28	20	14	0	0	0	227
	Sur-Norte	50	34	35	31	0	0	0	28	14	19	0	0	0	228
TOTAL DÍA		106	82	52	55	0	0	0	56	34	33	0	0	0	455
Sábado 29/10/23	Norte-Sur	65	52	30	44	0	0	0	24	20	11	0	0	0	215
	Sur-Norte	55	34	34	41	0	0	0	28	10	11	0	0	0	225
TOTAL DÍA		120	86	64	85	0	0	0	52	30	22	0	0	0	440
Domingo 30/10/23	Norte-Sur	47	58	35	23	0	0	0	20	10	11	0	0	0	200
	Sur-Norte	43	53	30	28	0	0	0	24	20	20	0	0	0	219
TOTAL DÍA		90	111	65	51	0	0	0	44	30	31	0	0	0	419

Figura 32

Registro del conteo vehicular E-03 (ambos sentidos)

ESTACIÓN		ESTACIÓN E-03													
UBICACIÓN		INTERSECCIÓN ENTRE LA AVENIDA JOSÉ OLIVERA Y LA CALLE SAN MARTÍN													
DIRECCIÓN		AMBOS SENTIDOS													
DÍA	SENTIDO	AUTO MOVIL	CAMIONETA	COMB RURAL	MOTO	BUS			CAMIÓN		ARTICULADOS				TOTAL
						2 EJE	3 EJE	4 EJE	CVE	CVE	T2S1	T2S2	T2S2	T2S3	
Lunes 24/10/23	Norte-Sur	40	37	25	24	0	0	0	20	16	11	0	0	0	179
	Sur-Norte	47	40	30	25	0	0	0	12	12	20	0	0	0	184
TOTAL DÍA		87	77	55	49	0	0	0	32	28	31	0	0	0	363
Martes 25/10/23	Norte-Sur	60	54	25	28	0	0	0	24	17	14	0	0	0	220
	Sur-Norte	56	55	17	26	0	0	0	20	10	24	0	0	0	212
TOTAL DÍA		116	109	42	54	0	0	0	44	27	42	0	0	0	432
Miércoles 26/10/23	Norte-Sur	79	67	40	34	0	0	0	10	10	11	0	0	0	234
	Sur-Norte	68	74	35	26	0	0	0	12	15	19	0	0	0	244
TOTAL DÍA		147	141	75	60	0	0	0	22	25	30	0	0	0	478
Jueves 27/10/23	Norte-Sur	49	54	30	17	0	0	0	14	9	26	0	0	0	175
	Sur-Norte	54	48	38	24	0	0	0	10	12	20	0	0	0	207
TOTAL DÍA		103	102	68	41	0	0	0	24	21	46	0	0	0	382
Viernes 28/10/23	Norte-Sur	44	34	32	18	0	0	0	15	12	21	0	0	0	180
	Sur-Norte	50	51	29	23	0	0	0	10	14	20	0	0	0	190
TOTAL DÍA		94	85	61	41	0	0	0	25	26	41	0	0	0	370
Sábado 29/10/23	Norte-Sur	58	40	30	11	0	0	0	12	13	14	0	0	0	215
	Sur-Norte	48	39	35	14	0	0	0	15	8	11	0	0	0	206
TOTAL DÍA		106	79	65	25	0	0	0	27	21	25	0	0	0	421
Domingo 30/10/23	Norte-Sur	62	58	35	26	0	0	0	18	10	11	0	0	0	221
	Sur-Norte	58	48	30	25	0	0	0	14	8	11	0	0	0	200
TOTAL DÍA		120	106	65	51	0	0	0	32	18	22	0	0	0	421

Figura 33

Registro del conteo vehicular E-04 (ambos sentidos)

ESTACIÓN		ESTACIÓN E-04													
UBICACIÓN		INTERSECCIÓN ENTRE LA AVENIDA JOSÉ OLAMA Y LA CALLE SAN ANDRÉS													
DIRECCIÓN		AMBOS SENTIDOS													
DÍA	SENTEO	AUTO MOVIL	CAMIONETA	CORR. RURAL	MICRO	BUS			CAMIÓN		ARTICULADOS				TOTAL
						1 EJE	2 EJE	4 EJE	CE	CE	T2S1	T2S2	T2S3	T2S4	
Lunes 24/10/22	Norte - Sur	60	60	46	28	0	0	0	15	11	14	0	0	0	338
	Sur - Norte	55	66	45	25	0	0	0	10	13	16	0	0	0	325
TOTAL DÍA		115	126	91	53	0	0	0	25	24	30	0	0	0	663
Martes 25/10/22	Norte - Sur	64	60	43	36	0	0	0	17	12	17	0	0	0	363
	Sur - Norte	56	58	35	28	0	0	0	10	15	22	0	0	0	331
TOTAL DÍA		120	118	78	64	0	0	0	27	27	39	0	0	0	694
Miércoles 26/10/22	Norte - Sur	43	52	32	18	0	0	0	12	12	14	0	0	0	292
	Sur - Norte	41	50	38	23	0	0	0	16	11	16	0	0	0	276
TOTAL DÍA		84	102	70	41	0	0	0	28	23	30	0	0	0	568
Jueves 27/10/22	Norte - Sur	53	60	38	22	0	0	0	14	10	21	0	0	0	315
	Sur - Norte	31	52	37	28	0	0	0	20	12	27	0	0	0	233
TOTAL DÍA		84	112	75	50	0	0	0	34	22	48	0	0	0	548
Viernes 28/10/22	Norte - Sur	40	50	34	22	0	0	0	21	9	11	0	0	0	215
	Sur - Norte	54	52	28	22	0	0	0	13	7	11	0	0	0	190
TOTAL DÍA		94	102	62	44	0	0	0	34	16	22	0	0	0	405
Sábado 29/10/22	Norte - Sur	50	54	38	32	0	0	0	20	8	24	0	0	0	217
	Sur - Norte	55	62	32	27	0	0	0	15	13	11	0	0	0	215
TOTAL DÍA		105	116	70	59	0	0	0	35	21	35	0	0	0	432
Domingo 30/10/22	Norte - Sur	65	62	37	46	0	0	0	20	17	26	0	0	0	371
	Sur - Norte	63	57	34	44	0	0	0	18	14	21	0	0	0	366
TOTAL DÍA		128	119	71	90	0	0	0	38	31	47	0	0	0	737

Por consiguiente, teniendo en cuenta los dos registros presentados de las 2 vías, para una mejor comprensión se muestra un cuadro resumen respecto al conteo vehicular total de la calle de la siguiente manera:

Figura 34

Conteo vehicular total de la calle Luis Alberto Sánchez

UPAO		PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL													
PROYECTO:		Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación ligera en el asentamiento Humano Alto Salaverry, Tujillo, 2022													
RESPONSABLE:		Dr. Rodrigo Urquiza, Censurador Ral													
UBICACIÓN:		Calle Luis Alberto Sánchez ubicada en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Distrito de Salaverry, Provincia de Tujillo, La Libertad													
DÍA	FECHA	AUTO	CAMIONETA	CORR. RURAL	MICRO	BUS			CAMIÓN		ARTICULADOS				
						1 EJE	2 EJE	4 EJE	CE	CE	T2S1	T2S2	T2S3	T2S4	
Lunes	4/10/22	238	268	146	87	0	0	0	94	71	72	0	0	0	
Martes	5/10/22	196	202	137	98	0	0	0	75	70	66	0	0	0	
Miércoles	6/10/22	205	215	117	93	0	0	0	80	71	75	0	0	0	
Jueves	17/10/22	194	222	128	95	0	0	0	87	81	86	0	0	0	
Viernes	26/10/22	212	247	128	91	0	0	0	114	81	76	0	0	0	
Sábado	29/10/22	207	238	127	146	0	0	0	110	81	73	0	0	0	
Domingo	30/10/22	205	236	118	96	0	0	0	86	74	72	0	0	0	
TOTAL		1528	1596	688	684	0	0	0	679	594	525	0	0	0	

Nota. En esta tabla se muestra el conteo vehicular de la calle Luis Alberto Sánchez, se consideró las sumas de los otros registros anteriores.

Figura 35

Conteo vehicular total de la avenida José Olaya

DÍA	FECHA	CONTEO VEHICULAR TOTAL												
		AUTO	CARRETERAS	COMBI RURAL	MOTOS	BUS			CAMION		ARTICULADOS			
						10.E	10.E	40.E	CE	CE	1001	1002	1003	1004
Lunes	24/10/2022	290	288	138	97	0	0	0	57	52	67	0	0	0
Martes	25/10/2022	236	233	128	107	0	0	0	77	54	91	0	0	0
Miércoles	26/10/2022	238	239	141	95	0	0	0	48	56	62	0	0	0
Jueves	27/10/2022	264	274	115	91	0	0	0	54	46	90	0	0	0
Viernes	28/10/2022	180	220	120	96	0	0	0	58	42	77	0	0	0
Sábado	29/10/2022	210	248	127	90	0	0	0	62	40	72	0	0	0
Domingo	30/10/2022	297	227	125	138	0	0	0	71	48	73	0	0	0
TOTAL		1558	1618	600	708	0	0	0	438	342	525	0	0	0

Nota. En esta tabla se muestra el conteo vehicular de la avenida José Olaya, se consideró las sumas de los otros registros anteriores.

En las siguientes gráficas se muestra el número de vehículos que transitan por día en la calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya, en efecto, se denota la diferencia entre la oferta vehicular actual y la capacidad vial. Vale decir que, incluso sobrepasa la capacidad vial de una carretera de segunda clase. Evidenciando que el nivel de servicio es diferente.

Gráfico 1

Número de vehículos por día y capacidad de carreteras (calle Luis Alberto Sánchez)



Nota. En el gráfico se muestra los límites que sobrepasa la capacidad de una carretera de segunda clase.

Gráfico 2

Número de vehículos por día y capacidad de carreteras (Av. José Olaya)



² Nota. En el gráfico se muestra los límites que sobrepasa la capacidad de una carretera de segunda clase.

² **Variación horaria de volumen de tránsito.** Se tuvo en cuenta el máximo número de vehículos que pasa por un punto de control en un rango de 60 minutos consecutivos, se determinó el volumen horario de máxima demanda (VHMD) en las 2 vías, en el siguiente gráfico se muestra la representación de los periodos durante un día particular señalando su máxima demanda en cada vía considerada. De esa manera, el VHMD en la vía de la calle Luis Alberto Sánchez es de 539 vehículos transcurriendo entre 3 p.m. y 4 p.m., así como el VHMD en la vía de la avenida José Olaya es de 489 vehículos transcurriendo entre 3 p.m. y 4 p.m., tal como se muestran en los gráficos siguientes:

Gráfico 3

Gráfico de barras representando el VHMD - Ca. Luis Alberto Sánchez



Nota. Se muestra que, en el tramo de la calle Luis Alberto Sánchez durante un día particular por la mañana entre las 3:00 p.m. y 4:00 p.m. hay mayores números de vehículos que pasan por el punto de control durante una hora.

Gráfico 4

Gráfico de barras representando el VHMD - Av. José Olaya



Nota. Se muestra que, en el tramo de la avenida José Olaya durante un día particular por la mañana entre las 3:00 p.m. y 4:00 p.m. hay mayores números de vehículos que pasan por el punto de control durante una hora.

Cálculo del Índice Medio Diario (IMD). En este punto, se consideró el promedio de vehículos por tipo contabilizados por 7 días de inspección. Se muestra en las siguientes figuras:

Figura 36

Índice Medio Diario (IMD) en la calle Luis Alberto Sánchez

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ABO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022														Cálculo del IMD
	RESPONSABLE: Dr. Rodríguez Urzúa, Clemente Víctor Raúl														
	UBICACIÓN: Calle Luis Alberto Sánchez ubicada en el Asentamiento Humano Abo Salaverry, Distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, La Libertad														
	AUTO	CAMIONETAS	COMB RIFA	MICRO	BUS			CAMION		ARTICULADOS					
					2 EJE	3 EJE	4 EJE	C2E	C3E	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4		
VOLUM. Ambos sentidos de carril	1528	1598	886	684	0	0	0	671	664	525	0	0	0		
PROMEDIO	226	227	126	99	0	0	0	97	79	75	0	0	0	926	

Se observa que, en la calle Luis Alberto Sánchez se obtuvo el IMD para la semana estudiada fue de 926 veh/día.

Figura 37

Índice Medio Diario (IMD) en la avenida José Olaya

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ABO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022														Cálculo del IMD
	RESPONSABLE: Dr. Rodríguez Urzúa, Clemente Víctor Raúl														
	UBICACIÓN: Avenida José Olaya ubicada en el Asentamiento Humano Abo Salaverry, Distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, La Libertad														
	AUTO	CAMIONETAS	COMB RIFA	MICRO	BUS			CAMION		ARTICULADOS					
					2 EJE	3 EJE	4 EJE	C2E	C3E	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4		
VOLUM. Ambos sentidos de carril	1566	1616	800	770	0	0	0	438	342	525	0	0	0		
PROMEDIO	224	231	129	110	0	0	0	62	49	75	0	0	0	870	

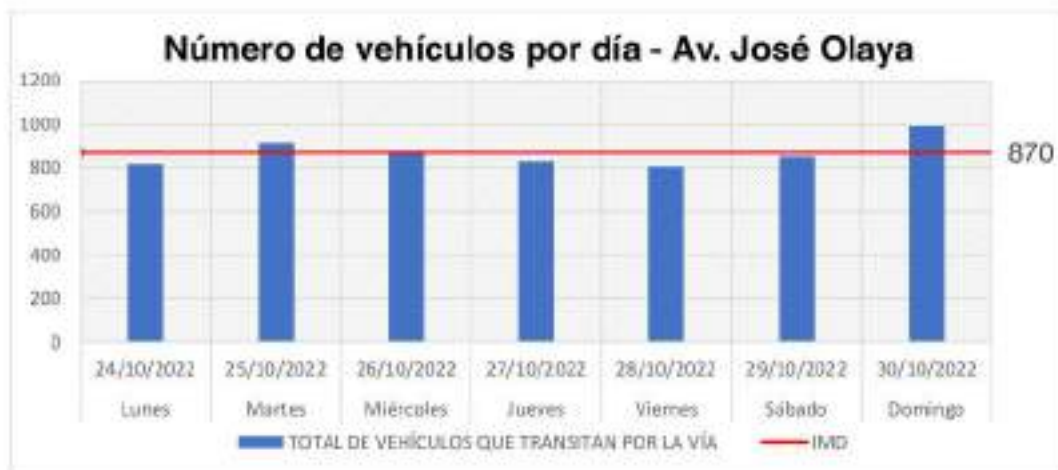
De igual manera, en la avenida José Olaya obtuvo el IMD para la semana estudiada fue de 870 veh/día.

Gráfico 5

Presentación de Índice Medio Diario (IMD) de la vía (calle Luis Alberto Sánchez)

**Gráfico 6**

Presentación de Índice Medio Diario (IMD) de la vía (Av. José Olaya)



Factor de distribución Direccional (Fd) y carril (Fc). Se tiene en cuenta que el factor de distribución viene a ser la cantidad de vehículos pesados que transitan en una dirección del tráfico y el factor de distribución carril es referente al carril que admite el mayor número de ejes equivalentes (EE).

El presente estudio se consideró 2 vías analizadas (calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya) en el cual se pretenden diseñar, estas vías se caracterizan por contar con dos carriles con direcciones opuestas. Por consiguiente, para el tránsito en el carril de diseño de las vías se basó en los valores que se escogió de la tabla 10 para obtener los valores correspondientes para el F_d y F_c .

Para las 2 vías analizadas, de la tabla 10 se obtuvo un factor ponderado de 0.50 para carril de diseño. Siendo el factor Direccional igual a 0.50 y el factor carril igual a 1.00.

Cálculo del Factor de crecimiento acumulado (Fca). El factor de crecimiento acumulado se obtiene del último Censo correspondiente al año 2017 que realizó el Instituto Nacional de Estadística e Informática, para este caso se usó la Tasa de crecimiento poblacional promedio para la región La Libertad siendo de 1.26%, donde se encuentra ubicado las 2 vías que se están analizando.

Se consideró la tabla 10, donde señala los valores establecidos para el Fca según el periodo de diseño a realizar para el pavimento en las 2 vías.

De esta manera, el diseño de las 2 vías tendrá un periodo de 20 años, sin interpolar considerando un redondeo a el número 2 se tiene una tasa de crecimiento con un factor de crecimiento $Fca = 24.30$.

Cálculo del factor Eje Equivalente (E.E.). La importancia de realizar el diseño también radica en conocer la demanda del tráfico de vehículos pesados. Durante el conteo vehicular realizado se visualizó que por las 2 vías en estudio transitan vehículos pesados tales como camiones, microbús, semitráileres y tráileres; lo que corresponden distintas configuraciones señaladas por el Reglamento Nacional de Vehículos – DS N° 058-2003-MTC.

Se consideró la figura 6 referente a la configuración de Ejes y con la Tabla 11 se usó las fórmulas necesarias para el cálculo del Factor EE, ya que se consideró para un

pavimento flexible, indicando la carga P, que corresponde al valor en toneladas del total de ejes que posea la configuración vehicular.

En resumen, se procedió a hallar el Factor E.E. de las 2 vías, respecto a todos los vehículos.

Tabla 49

Tabla de resumen del Factor E.E. (calle Luis Alberto Sánchez)

TIPO DE VEHICULO	MD	TIPO DE EJE	NÚMERO DE RUEDAS	CARGA DE VEH. X EJE (t)	E.E.	E.E. * IMD	
VEHÍCULOS LIGEROS	674	SIMPLE	2	1	0.0005	0.34	
	674	SIMPLE	2	1	0.0005	0.34	
	C2	97	SIMPLE	2	7	1.2654	122.74
		97	SIMPLE	4	11	3.2383	314.12
VEHÍCULOS PESADOS	C3	79	SIMPLE	2	7	1.2654	100.15
		79	TANDEM	8	18	2.0192	159.81
	T2S1	75	SIMPLE	2	7	1.2654	94.91
		75	SIMPLE	4	11	3.2383	242.87
		75	SIMPLE	4	11	3.2383	242.87
					\sum E.E. * IMD =	1278.14	

Tabla 50

Tabla de resumen del Factor E.E. (Av. José Olaya)

TIPO DE VEHICULO	MD	TIPO DE EJE	NÚMERO DE RUEDAS	CARGA DE VEH. X EJE (t)	E.E.	E.E. * IMD	
VEHÍCULOS LIGEROS	683	SIMPLE	2	1	0.0005	0.34	
	683	SIMPLE	2	1	0.0005	0.34	
	C2	63	SIMPLE	2	7	1.2654	79.18
		63	SIMPLE	4	11	3.2383	202.63
VEHÍCULOS PESADOS	C3	49	SIMPLE	2	7	1.2654	61.82
		49	TANDEM	8	18	2.0192	98.65
	T2S1	75	SIMPLE	2	7	1.2654	94.91
		75	SIMPLE	4	11	3.2383	242.87
		75	SIMPLE	4	11	3.2383	242.87
					\sum E.E. * IMD =	1023.61	

Cálculo del Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 Toneladas. Por sus siglas en inglés son Equivalent Single Axle Loads, se sabe que las cargas impuestas por el tráfico están expresadas en ESALs, equivalente a 8.2 ton = 80 kN = 18 kip. Por defecto, el cálculo del ESAL nos referimos como W_{18} con un periodo de diseño definido de 20 años en las 2 vías, se empleó la siguiente ecuación:

$$ESAL = 365 \times F_D \times F_c \times F_{ca} \times \sum (E.E. \times IMD)$$

Donde:

E.E. = factor eje equivalente

IMD = Índice Medio Diario

F_D = Factor direccional

F_c = Factor carril

F_{ca} = Factor de crecimiento acumulado

Entonces, para la calle Luis Alberto Sánchez, el resultado del cálculo del ESAL fue el siguiente:

$$ESAL = 365 \times 0.50 \times 1.00 \times 24.30 \times 1278.14$$

$$ESAL = 5,668,213.44$$

En resumen, se obtuvo el Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 toneladas el cual es $W_{18} = 5,668,213.44$.

Finalmente, para la avenida José Olaya, el resultado del cálculo del ESAL fue el siguiente:

$$ESAL = 365 \times 0.50 \times 1.00 \times 24.30 \times 1023.61$$

$$ESAL = 4,359,465.72$$

En resumen, se obtuvo el Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 toneladas el cual es $W_{18} = 4,359,465.72$.

4.1.4 Proponer el dimensionamiento del paquete estructural más óptimo que se adapte a la zona de estudio. Se consideró los siguientes procedimientos:

Definir la realidad situacional en la zona de estudio. Se realizó un levantamiento topográfico a la zona de estudio, en este caso se consideró 2 vías, la primera vía es la calle Luis Alberto Sánchez (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Las Dunas I) y la segunda vía es la avenida José Olaya (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Salaverry) con el fin de verificar las pendientes y movimientos de tierra de la zona de estudio, para poder realizar el diseño de infraestructura vial de la primera vía donde se encuentra en estado natural del suelo y la segunda vía por ser una carretera importante para la población debido que les permite movilizar sus productos agrícolas para las ventas en el mercado y al incremento de la economía, éstas vías están ubicadas en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, distrito de Salaverry, departamento La Libertad.

Para realizar un buen levantamiento topográfico de las 2 vías consideradas en la zona de estudio, se consideró las siguientes etapas:

Etapas de preparación. Para realizar esta investigación se necesitó obtener la topografía detallada de las 2 vías en la zona a estudiar, se optó por usar fotogrametría, así como el levantamiento convencional con Estación Total, debido a esto a fin de realizar el trabajo de manera más eficiente. Para el levantamiento topográfico se usó como puntos conocidos, la información obtenida de buzones de la base de datos de la empresa SEDALIB, a partir de estos puntos bases se realizó el levantamiento topográfico con estación total, así mismo se usó para procesar la información obtenida (fotos) con el vuelo de dron.

La selección de instrumentos que se consideró para la etapa de preparación son la Estación total, GPS navegador, niveles de ingeniero, prismas y equipos de seguridad; así mismo, estos instrumentos fueron calibrados y en buen estado para la etapa de campo.

Se tomó en cuenta los preparativos necesarios de estos instrumentos, la información obtenida, el estado en que se encuentra la zona de estudio y así poder ubicar puntos de control en lugares estratégicos con coordenadas apropiadas.

Figura 38

Ortofoto obtenida de la Fotogrametría



Etapas de campo. Se realizó la visita al área del levantamiento de las 2 vías en la zona a estudiar, para familiarizarse con el terreno, los accesos y posibles obstáculos.

En el campo se empleó los equipos de seguridad, se colocó los puntos de control físicos en el terreno usando marcas de pintura en aerosol (spray) y uso de correctores de 9ml, se midió las coordenadas de los puntos de control usando los equipos de GPS navegador y Estación Total.

Por consiguiente, para su desarrollo se determinó realizar los trabajos de campo con el fin de elaborar los planos topográficos respectivos, tomando en cuenta a un plan de trabajo de dos labores importantes:

- Ubicar un BM para iniciar el trabajo de campo.
- Efectuar el levantamiento topográfico integral al detalle que facilite la determinación del volumen de movimiento de suelos y las distancias que se requiere para la construcción total de la obra.

El relieve que predomina a esta área es de pendiente moderada, ya que la zona de estudio es un área de duna.

Respecto a su contorno presenta una topografía típica de la costa, del tipo ondulada, ya que la zona de estudio presenta algunas pendientes suaves y/o moderadas.

La investigación se realizó en unas jornadas de trabajo en la que se ubicó la E-1 para luego poder realizar una radiación del resto, se efectuó el levantamiento topográfico de las 2 vías al detalle del terreno; así mismo, donde se realizará el mejoramiento de la trocha carrozable (terreno natural) de la primera vía llamada calle Luis Alberto Sánchez.

Se procedió al levantamiento topográfico del terreno tomando como puntos de partida coordenadas obtenidas mediante un GPS navegador cuya precisión es de +/- 1.00 m; de acuerdo a la posición del BM principal, se le asignó coordenadas UTM; de igual manera se tomó coordenadas UTM al resto de puntos, procediéndose a tomar las coordenadas del BM de cota calculada. Luego se trasladó al equipo a la siguiente estación y así sucesivamente se obtuvo los siguientes puntos con estación total fueron los siguientes:

Tabla 51

Coordenadas de los BMs sistema WGS 84 en la calle Luis Alberto Sánchez

Cuadro de Datos de BMs			
BMs	Norte	Este	Cota
BM_1	9094876.650	721843.609	60.821
BM_2	9094868.850	721855.507	52.449
BM_3	9094721.300	721725.681	57.896
BM_4	9094711.480	721734.174	58.348
BM_5	9094416.940	721517.332	46.608
BM_6	9094406.930	721529.034	47.057

Nota. En la tabla se muestra los BM que están ubicados a lo largo de la calle Luis Alberto Sánchez. Realizado por el autor.

Tabla 52

Coordenadas de los BMs sistema WGS 84 en la avenida José Olaya

Cuadro de Datos de BMs			
BMs	Norte	Este	Cota
BM_1	90945633.553	722154.646	83.339
BM_2	9094642.219	722145.594	82.880
BM_3	9094332.041	721934.397	75.273
BM_4	9094327.526	721924.318	74.738
BM_5	9094192.998	721794.962	51.832
BM_6	9094179.944	721810.857	62.420

Nota. En la tabla se muestra los BM que están ubicados a lo largo de la avenida José Olaya. Realizado por el autor.

Etapa de Gabinete. En esta etapa se exportó los puntos de la Estación Total en formato CSV al programa AutoCAD Civil 3D, así mismo, para complementar la información se hizo uso de la superficie y Ortofoto obtenida a través de la fotogrametría. Finalmente, se procedió a elaborar el plano con curva a nivel cada 0.50m de diferencia de cota y en base a este plano se procedió a obtener los planos de planta: perfiles y secciones transversales.

Los planos que se han obtenido en la etapa de gabinete están en los Anexos.

Determinar el dimensionamiento de los espesores de acuerdo a la metodología AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible. Para las 2 vías (calle Luis Alberto Sánchez y la avenida José Olaya) se desarrolló la propuesta de acuerdo a la metodología AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexible. En este desarrollo fue de importancia previa determinar los parámetros de diseño, como las cargas de tráfico vehicular impuestas sobre el pavimento (ESAL) y las características de la subrasante de la zona sobre la que se asienta el pavimento. Donde, luego se procedió el diseño por el método AASHTO 93, el cual, se determina los espesores de capas que conforma el pavimento a partir de un nomograma que parte de una expresión analítica muy completa, de tal manera que, facilita el diseño para efectos prácticos. Sin embargo, se hace referencia una expresión matemática bastante útil para efecto de cálculo computarizado:

Figura 39

Presentación respecto a la ecuación básica para el diseño del paquete estructural de un pavimento flexible

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{3.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Nota. Extraído de Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N°10-2014-MTC/14 – p. 121.

Periodo de diseño. El periodo de diseño da referencia al tiempo que el paquete estructural del pavimento entra en servicio hasta antes que necesite una intervención de rehabilitación, en esta investigación se ha considerado en las 2 vías, un periodo de diseño en una etapa de 20 años, de acuerdo a la recomendación AASHTO, en función al tipo de carretera.

Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (W_{18}). En todo el tramo de estudio de la calle Luis Alberto Sánchez, el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 ton tiene un valor $W_{18} = 5,668,213.44$ y para la avenida José Olaya, se obtuvo un valor $W_{18} = 4,359,465.72$, esto es producto de la totalidad de vehículos más frecuentes por la vía siendo un gran porcentaje de este valor originado por los vehículos pesados.

Número Resiliente (M_R). Para determinar el módulo resiliente depende de la correlación con el CBR. Por otro lado, la guía nos señala la equivalencia donde:

$$MR \text{ (PSI)} = 1,500 * CBR \text{ (para valores de CBR menores al 7.20\%)}$$

$$MR \text{ (PSI)} = 3,000 * CBR \text{ (para valores de CBR entre 7.20\% al 20\%)}$$

$$MR \text{ (PSI)} = 321.05 * CBR + 13327 \text{ (para CBR > 20\%)}$$

La primera vía llamada calle Luis Alberto Sánchez, con el estudio previo de mecánica de suelos, el valor del CBR promedio al 95% M.D.S. de la zona fue 34.30% correspondiendo así un M_R de 24,339 psi y con un CBR promedio al 100% M.D.S. fue de 49.71% teniendo por defecto un M_R de 29,286 psi.

La segunda vía llamada avenida José Olaya, con el estudio previo de mecánica de suelos, el valor del CBR promedio al 95% M.D.S. de la zona fue 34.53% correspondiendo así un M_R de 24,413 psi y con un CBR promedio al 100% M.D.S. fue de 51.22% teniendo por defecto un M_R de 29,771 psi. En ambas vías, se eligió el valor mínimo de CBR para condiciones más desfavorables.

Nivel de confiabilidad (%R). Esto es referente al comportamiento de la estructura durante su periodo de diseño, en función de la variabilidad de los factores que pueden influir en ella. El porcentaje se determina en función del rango de tráfico que pasa sobre la vía de estudio.

En la primera vía llamada calle Luis Alberto Sánchez, se usó la Tabla 17 considerando que, el rango del tráfico fue T_{PB} con un nivel de confiabilidad de $\%R = 90\%$.

En la segunda vía llamada avenida José Olaya, se empleó la misma Tabla 17 considerando que, el rango del tráfico fue T_{P7} con un nivel de confiabilidad de 85% .

Desviación estándar normal (Z_r). Este coeficiente se halló en función del rango de tráfico que pase sobre las 2 vías, se usó la Tabla 19; además, en la primera vía llamada calle Luis Alberto Sánchez se obtuvo el valor de $Z_r = -1.282$.

Así mismo, en la segunda vía llamada avenida José Olaya se obtuvo el valor de $Z_r = -1.036$.

Desviación estándar combinada. La guía AASHTO recomienda para pavimentos flexibles valores entre 0.40 y 0.50 para S_o . Para las 2 vías en la zona de estudio, se consideró $S_o = 0.45$, ya que este pavimento está sujeto a muchas variaciones.

Pérdida de Serviciabilidad de Diseño (ΔPSI). Se desarrolló de la siguiente manera:

Serviciabilidad inicial (P_i)

La serviciabilidad inicial para las 2 vías estudiadas fue de un $P_i = 4.00$. Haciendo relación con la tabla 22 brindada por la guía AASHTO.

Serviciabilidad final (P_f)

Para las 2 vías estudiadas, se usó la tabla 23 con relación al nivel de tráfico, la cual indicó que la serviciabilidad final es $P_f = 2.50$, lo que significó que la condición que muestra estas vías cuando necesiten algún tipo de reconstrucción o rehabilitación.

Entonces, para las 2 vías, con la tabla 24 se comprobó que la pérdida de serviciabilidad de diseño es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y final de cada vía mencionada anteriormente. Siendo este valor:

$$(\Delta PSI) = 4.00 - 2.50 = 1.50.$$

Número Estructural (SNR). Para las 2 vías en estudio se tomó en cuenta la Tabla 25 extraída del Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, la cual proporciona valores para los coeficientes estructurales, de los cuales para el cálculo corresponde lo siguiente:

a1 = 0.170 (carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 MPa)

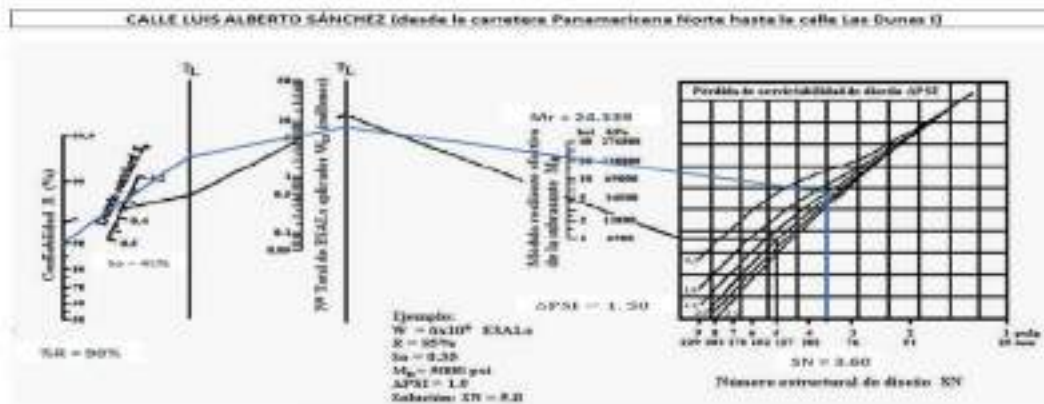
a2 = 0.054 (base granular CBR 100%, compactada al 100%)

a3 = 0.047 (subbase granular CBR 40%, compactada al 100%)

Ábaco AASHTO 93 de diseño para pavimento flexible. Conforme a los datos obtenidos de la guía AASHTO nos proporciona un nomograma de diseño (Figura 9) con el cual se hallará el cálculo del Número Estructural (SNR) para las 2 vías en estudio y se desarrolló de la siguiente manera

Figura 40

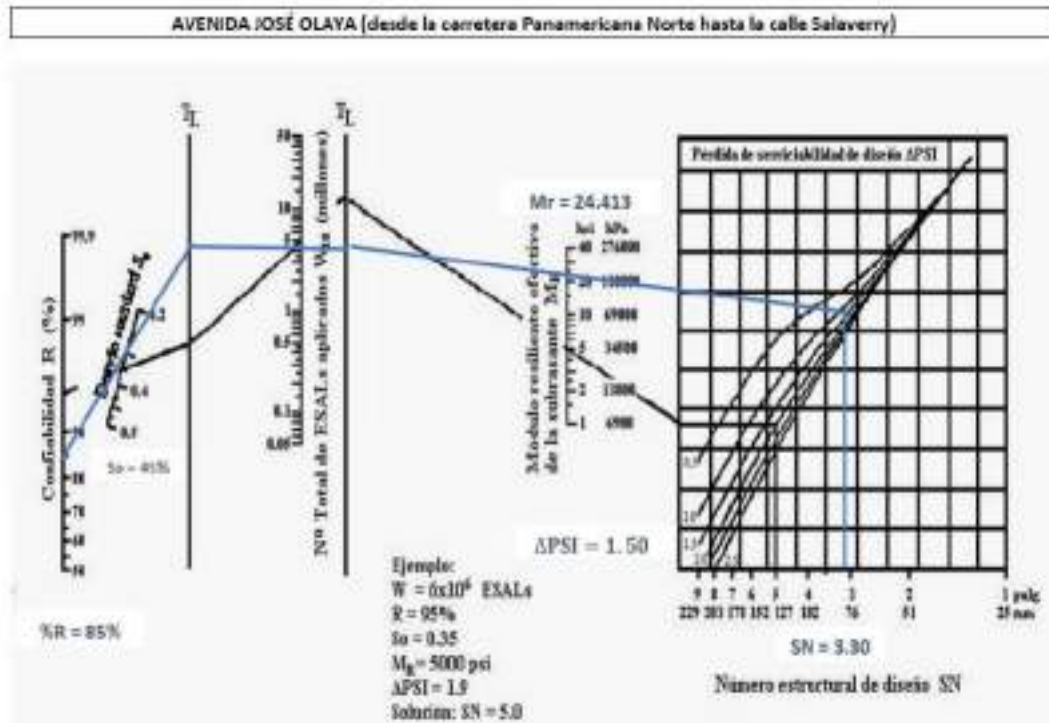
Presentación del nomograma de diseño para pavimento flexible (calle Luis Alberto Sánchez)



Nota. Se muestra que el Número Estructural es 3.60 para el tipo de pavimento flexible en la calle Luis Alberto Sánchez.

Figura 41

Presentación del nomograma de diseño para pavimento flexible (Av. José Olaya)



Nota. Se muestra que el Número Estructural es 3.30 para el tipo de pavimento flexible en la avenida José Olaya (entre la carretera Panamericana Norte y la calle Salaverry).

Para la calle Luis Alberto Sánchez (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Las Dunas I), como se muestra en la Figura 39 se determina un valor aproximado para el $SN = 3.60$ que por defecto se reemplazará los valores hallados hasta el momento con la ecuación mencionada líneas anteriores. Por tanteo se calculó los espesores de las capas, tomando en cuenta que el producto del segundo término de la ecuación debe ser mayor al SN hallado en el ábaco de diseño. Los valores que satisfacen la ecuación fue los siguientes:

$$d_1 = 10 \text{ cm}, d_2 = 18 \text{ cm}, d_3 = 20 \text{ cm}$$

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

$$3.60 \leq 0.170 \times d_1 + 0.054 \times d_2 \times 1.00 + 0.047 \times d_3 \times 1.00$$

$$3.60 \leq 0.170 \times 10 + 0.054 \times 20 \times 1.00 + 0.047 \times 20 \times 1.00$$

$$3.60 \leq 3.72 \dots \text{OK}$$

Figura 42

Estructura del pavimento tipo flexible con carpeta asfáltica (calle Luis Alberto Sánchez)



Nota. Se muestra los espesores hallados para la primera vía en estudio con carpeta asfáltica en caliente, período de 20 años para T_{p9} .

Para la avenida José Olaya (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Salaverry) como se muestra en la Figura 40 se determina un valor aproximado para el SN = 3.30 que por defecto se reemplazará los valores hallados hasta el momento con la ecuación mencionada líneas anteriores. Por tanteo se calculó los espesores de las capas, tomando en cuenta que el producto del segundo término de la ecuación debe ser mayor al SN hallado en el ábaco de diseño. Los valores que satisfacen la ecuación fue los siguientes:

$$d_1 = 10 \text{ cm}, d_2 = 16 \text{ cm}, d_3 = 20 \text{ cm}$$

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

$$3.60 \leq 0.170 \times d_1 + 0.054 \times d_2 \times 1.00 + 0.047 \times d_3 \times 1.00$$

$$3.60 \leq 0.170 \times 10 + 0.054 \times 25 \times 1.00 + 0.047 \times 20 \times 1.00$$

$$3.30 \leq 3.99 \dots \text{OK}$$

Figura 43

Estructura del pavimento tipo flexible con carpeta asfáltica (avenida José Olaya entre la carretera Panamericana Norte y la calle Salaverry)



Nota. Se muestra los espesores hallados para la segunda vía en estudio con carpeta asfáltica en caliente, periodo de 20 años para T_{P7} .

Presupuesto para el pavimento flexible de la calle Luis Alberto Sánchez

Figura 44

Hoja de cálculo del presupuesto para el pavimento flexible de la calle Luis Alberto Sánchez

Presupuesto					
Presupuesto	1311001	PROYECTA VIAL DE OBRA ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO NUMERAL TO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022			
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE LUIS ALBERTO SÁNCHEZ			Costo \$ 00000000
Detalle	Rodríguez Urquiza, Clemente Víctor Raúl	LA LIBERTAD - TRUJILLO - SALAVERRY			
Código					
Unid	Medida	Unid	Medida	Unid	Medida
01	OBRA PROVISIONALES				04400000
01-01	MOVILIZACIÓN Y DEMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	01	200	0.000000	0.000000
01-02	ALICATORIO DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDARÍA	040	0.00	0.000000	0.000000
01-03	CARTEL DE OBRA	000	1.00	1.700000	1.700000
01-04	SECURIZACIÓN Y ASESORAMIENTO DE OBRA	010	1.00	0.700000	0.700000
01-05	SEGURO DE RESPONSABILIDAD Y OBRAS DE TRANSITO	000	0.00	0.000000	0.000000
01-06	OBRA PRELIMINARES				01000000
01-06-01	TRAZO Y APLANTAMIENTO DE OBRA	010	0.000000	0.00	0.000000
01-06-02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				01010000
01-06-02-01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE C/ EQUIPO	010	4.000000	7.70	30.800000
01-06-02-02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/ MAQUINARIA	010	0.000000	24.07	111.000000
01-06-02-03	PAVIMENTO FLEXIBLE				01020000
01-06-02-03-01	INTELACION DE LA SUBRASANTE C/ MAQUINARIA	010	0.000000	0.00	0.000000
01-06-02-03-02	SUB BASE GRANULAR 040 CM	010	0.000000	19.00	66.000000
01-06-02-03-03	BASE GRANULAR 040 CM	010	0.000000	14.20	50.000000
01-06-02-03-04	BARRIDO DE BASE PARA APLICACIÓN	010	0.000000	0.00	0.000000
01-06-02-03-05	APLICACIÓN ASFÁLTICA	010	0.000000	0.00	0.000000
01-06-02-03-06	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE 040 CM	010	0.000000	00.40	243.000000
01-06-02-03-07	SEÑALIZACIÓN				01030000
01-06-02-03-07-01	PAVADO DEL PAVIMENTO (obras)	010	0.0000	40.00	20.000000
01-06-02-03-07-02	PAVADO DEL PAVIMENTO (obras de mantenimiento)	010	0.0000	7.00	0.000000
01-06-02-03-07-03	PAVADO DEL PAVIMENTO (obras de mantenimiento)	010	0.0000	0.00	0.000000
	Costo Directo				04400000

010 - SECTORES SESENTYFOUR MIL CUARENTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS Y CINCO SOLES

Nota. Extraída del programa S10 Presupuestos 2005.

Presupuesto para el pavimento flexible de la avenida José Olaya

Figura 45

Hoja de cálculo del presupuesto para el pavimento flexible de la avenida José Olaya (desde la carretera Panamericana Norte hasta la calle Salaverry)

Item	Descripción	Und.	Metodo	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				1,138,174.40
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	gr	1.00	2,943.58	2,943.58
01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDAMÍA	mes	4.00	2,500.00	10,000.00
01.03	CARTEL DE OBRA	und	1.00	1,741.41	1,741.41
01.04	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DE OBRA	gr	1.00	3,700.00	3,700.00
01.05	SICMANTENIMIENTO Y DESVIÓ DE TRÁNSITO	mes	4.00	2,800.00	11,200.00
01.06	OBRAS PRELIMINARES				1,103,962.40
01.06.01	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	m ²	10,220.00	0.01	9,900.20
01.06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,094,062.20
01.06.02.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE C/ MAQUINARIA	m ³	3,940.00	7.78	45,430.20
01.06.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/ MAQUINARIA	m ³	8,368.00	21.37	137,267.79
01.06.02.03	PAVIMENTO FLEXIBLE				811,364.38
01.06.02.03.01	NIVELACIÓN DE LA SUBRASANTE C/ MAQUINARIA	m ²	10,220.00	0.01	91,422.20
01.06.02.03.02	SUB BASE GRANULAR #+0.15m	m ²	10,220.00	15.66	162,203.60
01.06.02.03.03	BASE GRANULAR #+0.20m	m ²	10,220.00	14.28	148,035.00
01.06.02.03.04	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACIÓN	m ²	10,220.00	5.62	57,438.40
01.06.02.03.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m ²	10,220.00	5.62	57,438.40
01.06.02.03.06	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE #+0.08m	m ²	10,220.00	38.43	392,754.60
01.06.02.03.07	SEÑALIZACIÓN				34,821.98
01.06.02.03.07.01	PINTADO DEL PAVIMENTO (líneas)	m ²	690.00	40.85	28,120.50
01.06.02.03.07.02	PINTURA DEL PAVIMENTO (línea discontinua - blanca)	m ^l	720.00	7.98	5,748.60
01.06.02.03.07.03	PINTADO DEL PAVIMENTO (línea continua - blanca)	m ^l	430.00	8.30	3,549.88
	Costo Directo				1,138,174.40

SON : UN MILLÓN CIENTO TRENTIDOS MIL CIENTO SESENTYCUATRO Y CINCO NUEVE DÓLARES

Nota. Extraída del programa S10 Presupuestos 2005.

4.2 Docimasia de hipótesis

Respecto con la hipótesis descrita anteriormente y los resultados obtenidos en mención al diseño estructural del tipo de pavimento flexible, considerando las 2 vías denominadas, calle Luis Alberto Sánchez (desde la carretera Panamericana Norte y la calle Las Dunas I) y la avenida José Olaya (desde la carretera Panamericana Norte y la calle Crolungo) ubicadas en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo 2022, se determina que el pavimento flexible cumple los espesores que conforman el paquete estructural para lograr la pavimentación óptima siendo el aporte para el lugar en mención, en contraste con la hipótesis planteada se evidencia que contribuye a la investigación aplicando la metodología PCI, la cual se logra identificar el estado funcional del pavimento, así como el nivel de daño del pavimento flexible en zonas pavimentadas y empleando el método AASHTO 93 que fue fundamental para el desarrollo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego haber realizado un estudio minucioso se verificó que la mayoría de las vías pavimentadas en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022 son carreteras muy transitadas ya que se encuentra en un crecimiento poblacional constante y por ende necesitan una buena rehabilitación para mejorar el tránsito vehicular y la calidad de vida de los ciudadanos.

En relación a los resultados que se obtuvo empleando la metodología PCI, primero se obtuvo un resultado en la sección V de las 11 vías en sentido vertical donde se clasificó en un estado "malo", que cuantitativamente tienen un valor promedio de 29, lo que indicó que la mayoría de las 11 vías en sentido vertical (7 vías para ser exacto) necesitan una rehabilitación. En cambio, en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal; también se clasificó en un estado "malo", que cuantitativamente tienen un valor promedio de 27, lo que indicó que la mayoría de las 12 vías en sentido horizontal (7 vías para ser exacto) necesitan una rehabilitación.

Considerando en mención a la Norma CE. 0.10 Pavimentos Urbanos nos señala que los valores considerables mínimos de CBR referentes para vía locales debe ser 80% en la base, 40% en la subbase y 4% para subrasante. De lo contrario, el caso sea diferente se tomará otras consideraciones con el fin de mejorar su calidad con piedra chancada o cemento para obtener un CBR adecuado.

En la primera vía en estudio denominada la calle Luis Alberto Sánchez, se consideró un factor de crecimiento real debido que el número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton tuvo un valor $W_{18} = 5,668,213.44$ para un periodo de 20 años. En cambio, en la segunda vía denominada la avenida José Olaya, se consideró también un factor de crecimiento real debido que el número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton tuvo un valor $W_{18} = 4,359,465.72$, también para un periodo de 20 años.

En relación al estudio de mecánica de suelos se reflejó en los ensayos diversos materiales; es decir, muestras como SP / A-3 (0) siendo una arena pobremente gradada color beige, de grano fino y no presenta plasticidad, con una profundidad a 1.50 m.

CONCLUSIONES

Luego que se ha realizado el levantamiento topográfico de las 2 vías en la zona de estudio, se concluye que la topografía de las vías según la orografía es plana, ya que las pendientes longitudinales son menores al 3% y las cotas varían desde 46.608 hasta 83.339 m.s.n.m.

En esta investigación se concluye que el estado funcional, así como el nivel de daño del pavimento flexible en la sección V de las 11 vías en sentido vertical usando la metodología PCI con un valor promedio de 29 equivale que la mayoría de las vías (7 vías para ser exacto) tienen una clasificación en un estado "malo". Así mismo, se concluye que en la sección H de las 12 vías en sentido horizontal usando también la metodología PCI con un valor promedio de 27 equivale que la mayoría de las vías (7 vías para ser exacto) tienen también una clasificación en un estado "malo".

En la primera vía en estudio denominada la calle Luis Alberto Sánchez se concluye que se obtiene un IMDA de 1278.14 veh/día y en la segunda vía denominada la avenida José Olaya se obtuvo un IMDA de 1023.61 veh/día, en ambas vías se determinó realizando conteo vehicular durante las 24 horas por 7 días seguidos, es decir, comenzando el 24 octubre y finalizando el 30 de octubre del 2022. Se observó en ambas, un incremento en el flujo vehicular desde las 03:00 p.m., denotándose es la hora más transitadas.

Se concluye que, la propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima fue el pavimento flexible y la más rentable según el análisis técnico-económico, la cual mediante el método AASHTO 93 en la calle Luis Alberto Sánchez se logró determinar los espesores del dimensionamiento del paquete estructural del pavimento flexible como la carpeta asfáltica sería de 10 cm siendo similar a las solicitudes de vía como lo sugiere AASHTO 93, la base se halló de 20 cm y el de la subbase de 20 cm. Así mismo, en la avenida José Olaya se logró determinar los espesores del dimensionamiento del paquete estructural del pavimento flexible como la carpeta asfáltica sería de 10 cm siendo similar a

las solicitaciones de vía como lo sugiere AASHTO 93, la base se halló de 25 cm y la subbase de 20 cm. En ambas vías, para concretar los resultados obtenidos se tomó en cuenta las variables de diseño obtenidas referente al estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos, nivel de confiabilidad, índice de serviciabilidad y los coeficientes estructurales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los apuntes en las hojas de registro para la metodología PCI en horas que no sean punta para evitar cualquier tipo de accidente de tránsito.

Se recomienda ir con al menos 2 compañeros para recibir apoyo de gabinete para poder registrar las áreas afectadas con más precisión.

Se recomienda a las autoridades que apoyan en el Asentamiento Humano Alto Salaverry a implementar la metodología del Índice de Condición de Pavimento como monitoreo en las carreteras, tanto como calles y/o pasajes, ya que es muy importante conocer el estado funcional del pavimento para decidir qué tipo de rehabilitación necesitan las vías.

Se sugiere en cuanto a los gráficos de curvas de valores deducidos realizarse con mucha precisión y a escala para obtener los valores numéricos. Además, se puede detallar a color para su mejor comprensión.

Se sugiere considerar la oportuna rehabilitación y/o mantenimiento después del periodo de diseño con el propósito de evitar la reconstrucción total que demanda en algunas vías y al gran costo en comparación con el mantenimiento.

Se sugiere investigar las metodologías aplicadas al momento de realizar un diseño de pavimento flexible, la cual cumpla con las normas determinadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y/o AASHTO 93; además, como los equipos y programas que se usarán para el diseño del pavimento.

Si se quisiera desarrollar un estudio a profundidad del pavimento u otras obras, se requerirán adicionar otras investigaciones como es el caso de la mecánica de suelos,

topografía, estudio tráfico. En consecuencia, en esta investigación solo sirve como diagnóstico para saber en qué estado se encuentra el pavimento y en que parte o zona pavimentada es necesaria una reconstrucción o mantenimiento; así mismo realizar el pavimento flexible de las vías con su presupuesto como propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima.

Si se puede mejorar la recolección de datos, se recomienda equipos con mayor precisión, ya que el resultado de PCI en las zonas pavimentadas, siempre se complementa con la experiencia por parte del investigador.

Se sugiere un buen estudio de tráfico, respecto al conteo vehicular se obtiene el Índice Medio Diario Anual (IMDA), la cual es un valor muy importante en el cálculo del factor de cargas equivalentes por eje (ESAL), la cual al momento de diseñar los espesores del paquete estructural más óptimo.

Se recomienda emplear un CBR mínimo, debido que, si tus resultados que has obtenido del CBR de las muestras de las calicatas no hay una gran variación, ya que es el más desfavorable y esto ofrece un margen alto de seguridad.

El pavimento flexible es el más conveniente, con una propuesta de presupuesto del diseño estructural para las vías estudiadas. Sin embargo, se recomienda la construcción del pavimento rígido por temas de durabilidad y a la resistencia de cambios climáticos, volumen de tráfico que obtendrá durante su periodo de vida y ofrecer un mejor comportamiento para el futuro frente a los fenómenos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993). *Guía AASHTO 93 versión en español*. AASHTO 93.
<https://dokumen.tips/documents/guia-aashto-93-version-en-espanol.html?page=1>
- ASTM. (1998). *ASTM D2216-98 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS POR MASA*. Dokumen.tips. <https://dokumen.tips/documents/astm-d2216-en-espanol.html?page=1>
- ASTM. (2000). *ASTM D4318-05 Los métodos estándar de ensayo para Límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos*. CivilGeeks, 1-32. www.civilgeeks.com
- ASTM. (2007). *ASTM D422-07 Método de Ensayo Estándar para el Análisis Granulométrico (Reaprobado el 2007)*. ASTM. <https://es.scribd.com/document/326383267/ASTM-D422-07-Analisis-Granulometrico>
- ASTM. (2009). *ASTM D 1883-07 Métodos de Ensayos de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. ASTM,
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/mecanica-de-suelos/astm-d-1883-ntp/11507418>
- ASTM. (2012). *ASTM D1557-12 Métodos de Ensayo Normalizado para las características de compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada (56,000 pie-ibf/pie³, 2,700 kN-m/m³)*. ASTM. <https://es.scribd.com/document/417508855/D-1557-12-Metodos-de-Ensayo-Normalizado-para-ensay-pdf>
- Becerra-Salas, M. (2012). *Autor: Tópicos de Pavimentos de Concreto I MBA, Ing. Mario Becerra Salas, PMP - Academia.edu*. Academia.edu.
https://www.academia.edu/9036949/Autor_Tópicos_de_Pavimentos_de_Concreto
- Bester, J., Kruger, D. & Hinks, A. (1993). *AASHTO 93 Guide for Design of Pavement Structures. Proceedings of the International Conference on Sustainable Waste*

Management and Recycling: Construction Demolition Waste.

<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>

Cal, R. y Cárdenas, J. (2009). *Ingeniería del tránsito fundamentos y aplicaciones 8va.*

Edición (Alfaomega (ed.)). Academia.edu.

https://www.academia.edu/en/49278632/Ingenieria_de_Transito_Fundamentos_y_Aplicaciones

Civicos, A. y Hernández, M. (2011). Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en Trabajo Social. *Acciones e Investigaciones Sociales*, 23, 25. https://doi.org/10.26754/ojs_ais/ais.200723306

CODISEC. y Municipalidad Distrital de Salaverry. (2023). *Portal de COSIDEC Municipalidad Distrital de Salaverry*. Portal de CODISEC Municipalidad Distrital de Salaverry.

<https://www.munisalaverry.gob.pe/codisec1.html>

Corficolombiana. (2022). *Infraestructura vial: Retos y oportunidades ante el cambio climático.*

Investigaciones Corficolombiana.

https://investigaciones.corficolombiana.com/sostenibilidad/estudios-de-desarrollo-sostenible/infraestructura-vial-retos-y-oportunidades-ante-el-cambio-climatico/informe_1229539

CPI Research. (2022). PERÚ: POBLACIÓN 2022. *CPI Research, MarketReport*, 1-21.

https://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/23/poblacion_2022.pdf

De La Cruz, S. y Paredes, G. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible

para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria*

Investigaciones en Ingeniería, 21(21), 108-114. <https://doi.org/10.36561/ING.21.9>

Frascara, J. (2000). *JORGE FRASCARA, DISEÑO GRÁFICO Y COMUNICACIÓN*. Ediciones

Infinito. <https://catedragrafica1.files.wordpress.com/2009/09/disen-y-comunicacion.pdf>

- García Zanabria, J., Sánchez Aguilar, A., Hidalgo, N., Gutiérrez, C., Dávila, E., Manayay, E., Hilario, V., Mejía, D., Javier, P., Valenzuela, M., Zanabria, J. y Montero, M. (2019). *PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018 – 2020*. INEI. Perú.
- Gobernación de Perú. (2022). *Inversión en infraestructura de transporte supera los USD 430 millones en 2022 - Noticias - Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público - Gobierno del Perú*. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/ositran/noticias/643296-inversion-en-infraestructuras-de-transporte-supera-los-usd-325-millones-en-el-2022>
- Google Earth. (2022). *Versiones de Earth – Google Earth*. Página web de Google Earth. <https://www.google.com/intl/es/earth/versions/>
- Guerrero, J. y Vásquez, E. (2022). Propuesta de diseño estructural del pavimento flexible en la carretera panamericana Sur entre los tramos Puente Montalvo y Camiara para el mejoramiento de la transitabilidad vial. *Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9347>
- INEI. (2019). *Cinco departamentos concentran más de la mitad de la población del país*. Página Web INEI. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/cinco-departamentos-concentran-mas-de-la-mitad-de-la-poblacion-del-pais-10843/>
- INEI. (2022). *Población peruana alcanzó las 33 millones 396 mil personas en el año 2022*. Página Web INEI. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/poblacion-peruana-alcanzo-los-33-millones-396-mil-personas-en-el-ano-2022-13785/>
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2010). NORMA TÉCNICA CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS. ICG, 1-68. www.construccion.org/icg@icgmail.org

- Kulanthayan, S., Ng, C. P., Law, T. & Jakami, F. (2019). Road infrastructure development and economic growth. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012045>
- Lujan-Garcia, H. (2022). Diseño estructural del pavimento flexible de las avenidas de Alto Trujillo, Sectores 1,2,3 y 4, Trujillo 2021. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9832>
- Medina, K. y Mueras, W. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible, utilizando el Método Pavement Condition Index (PCI) en la Avenida Cieneguilla del distrito de Cieneguilla. *Repositorio Académico USMP*, 1-354. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8482>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013. En *Página web de MTC*. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014, octubre 1). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014*. Página web de MTC. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). MANUAL DE CARRETERAS EETT GENERALES PARA LA CONSTRUCCION. *R.D. N° 22-2013-Mtc/14, 1*, 1-605. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-01-13 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 - \(Versión Revisada - JULIO 2013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-01-13 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Revisada - JULIO 2013).pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016, mayo 1). *Manual de Ensayos de Materiales Edición Mayo 2016*. Página web de MTC. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. *Portal del MTC*, 1-23.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2018*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). *Estadística - Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial - Informes y publicaciones - Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Gobierno del Perú*. Plataforma digital única del Estado Peruano.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>
- Montejo-Fonseca, F. (2002). *Ingeniería de pavimentos - Alfonso Montejo Fonseca - Academia.edu*. Academia.edu.
https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca
- Moreno, L. y Marcillo, W. (2022). Diseño estructural del pavimento flexible de la calle teniente Hugo Ortiz del Cantón de Portoviejo [Tesis de pregrado]. En *Repositorio Digital UNESUM*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4310>
- Municipalidad Provincial de Trujillo. (2017). PLAN DE DESARROLLO LOCAL CONCERTADO DE LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2017-2030. *Página Web de MuniTrujillo*, 1-155.
https://www.munitrustujillo.gob.pe/Archivosvirtual/Transparencia/Adjuntos/9000_portalTransparencia.pdf
- Ocaña-Torrejón, H. (2018). Propuesta técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la avenida Las

- Amapolas, en los distritos de Veintiséis de Octubre y Piura, provincia de Piura, Región Piura [Universidad Nacional de Piura]. En *Universidad Nacional de Piura / UNP*.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1247>
- Ortiz-Mancera, A. L. (2017). *INSTRUCTIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VÍA EN PAVIMENTO FLEXIBLE* ANGIE LORENA ORTIZ MANCERA. Repositorio de Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6833/OrtizManceraAngieLorenaAnexo-1.pdf?sequence=2>
- Rodríguez-Lázaro, S. (2023). Diseño estructural del pavimento de la vía entre kilómetro 22.5 carretera Simbal y el anexo CPM Ciudad De Dios, Trujillo, La Libertad. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/10399>
- Rodríguez-Velásquez, E. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Piura. En *Universidad de Piura*.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf
- Rondón, A. y Reyes, F. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17-2, 41-65.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>
- Subsecretaría De Infraestructura-SCT. (2018). MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 2018. *SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES*, 3, 1-588.
<https://comunicaciones.edomex.gob.mx/sites/comunicaciones.edomex.gob.mx/files/files/SCT - Manual Proyecto Geométrico Carreteras 2018.pdf>
- Vásquez-Valera, L. (2015). Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras. *Ingepav*, 90.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Wikipedia. (2022). *Anexo: Países de América por población* - Wikipedia, la enciclopedia libre.

Wikipedia La enciclopedia libre.

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Países_de_América_por_población

Wikipedia. (2022). *Anexo: Países y territorios dependientes por población* - Wikipedia, la enciclopedia libre. Wikipedia La enciclopedia libre.

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Países_y_territorios_dependientes_por_población

ANEXOS

ANEXO A. Autorización para concluir los estudios de suelos y levantamiento topográfico en el Asentamiento Humano Alto Salaverry



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SALAVERRY
GERENCIA DE PROYECTOS Y DESARROLLO URBANO

AUTORIZACIÓN MUNICIPAL

LA GERENCIA DE PROYECTOS Y DESARROLLO URBANO, SUSCRIBE QUE el Sr. CLEMENTE VICTOR RAUL RODRIGUEZ URQULAGA con DNI N° 70280731, BACHILLER DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DEL PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO, se le brinda autorización para ESTUDIO DE SUELOS Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO realizados en el ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY con fines educativos, en la zona donde se desarrollará el Proyecto de Tesis Denominado "Propuesta viable de Diseño Estructural para la Pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Alto Salaverry, Trujillo, 2022."

Se expide el presente permiso a solicitud de parte interesada, de conformidad con el Expediente N° 9204 – 2022, 42786 – 2023, para los fines convenientes.

Por lo tanto, LA GERENCIA DE PROYECTOS Y DESARROLLO URBANO, resuelve:

OTORGAR LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN.

Salaverry, 21 de Julio del 2023.


 Gerente



1870 1870

 044-437150
  munisalaverry@munisalaverry.gob.pe
  www.munisalaverry.gob.pe

ANEXO B. Plano de ubicación y localización del Asentamiento Humano Alto Salaverry

Figura 46

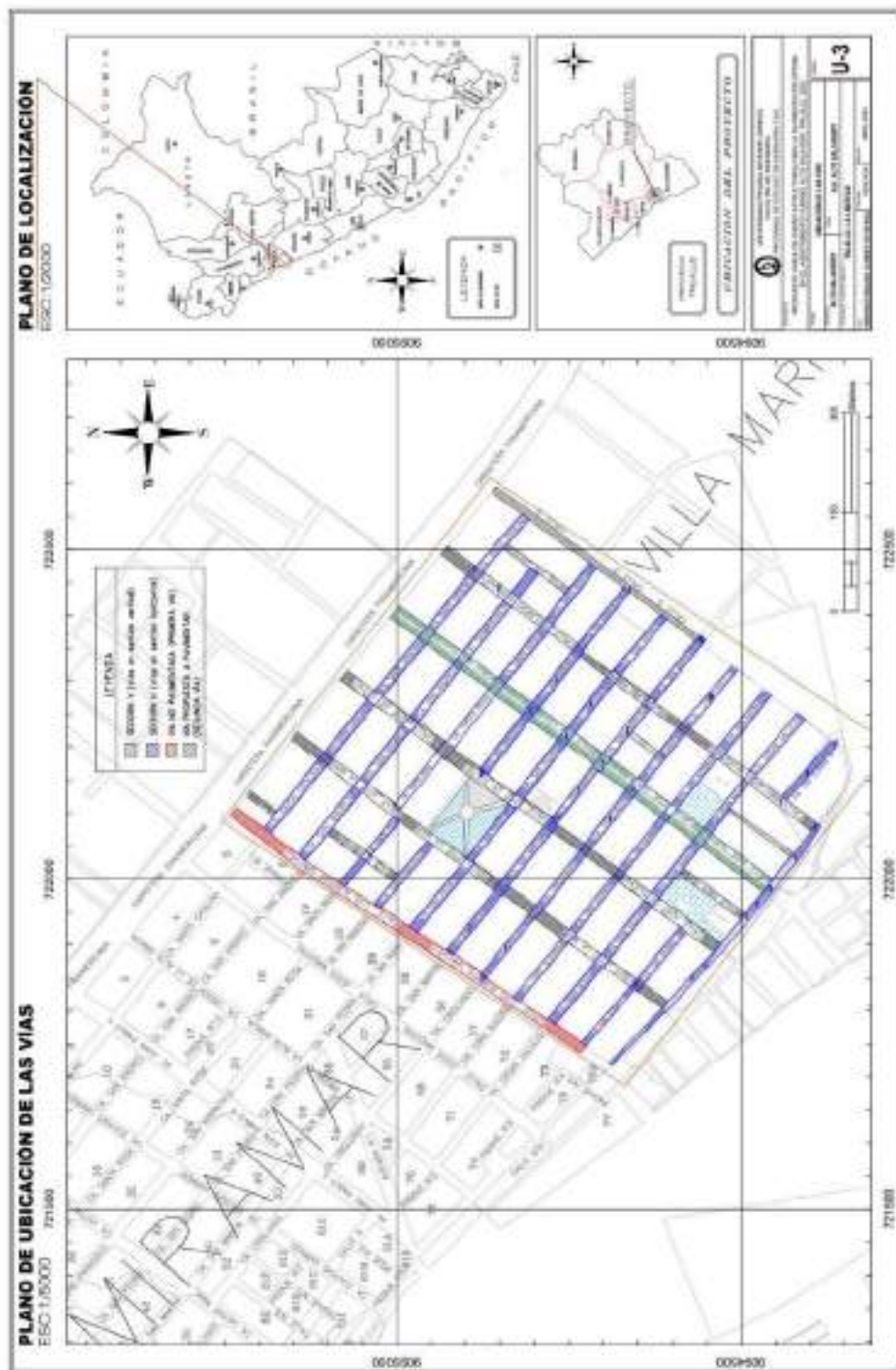
Plano de ubicación y localización



ANEXO C. Plano de ubicación de calicatas y puntos de control vehicular



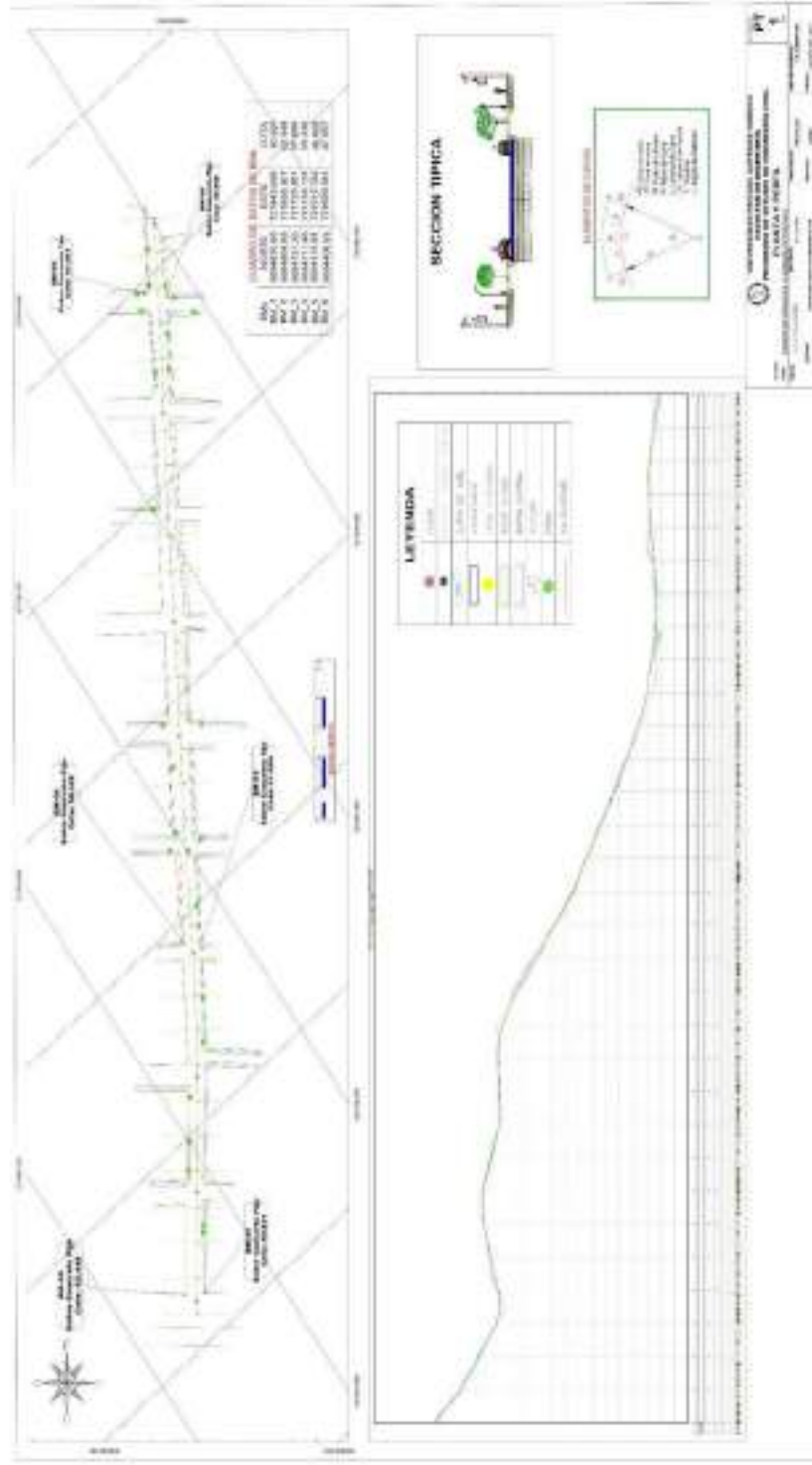
ANEXO D. Plano de ubicación de las vías



ANEXO E. Plano de planta y perfil de la primera vía

Figura 47

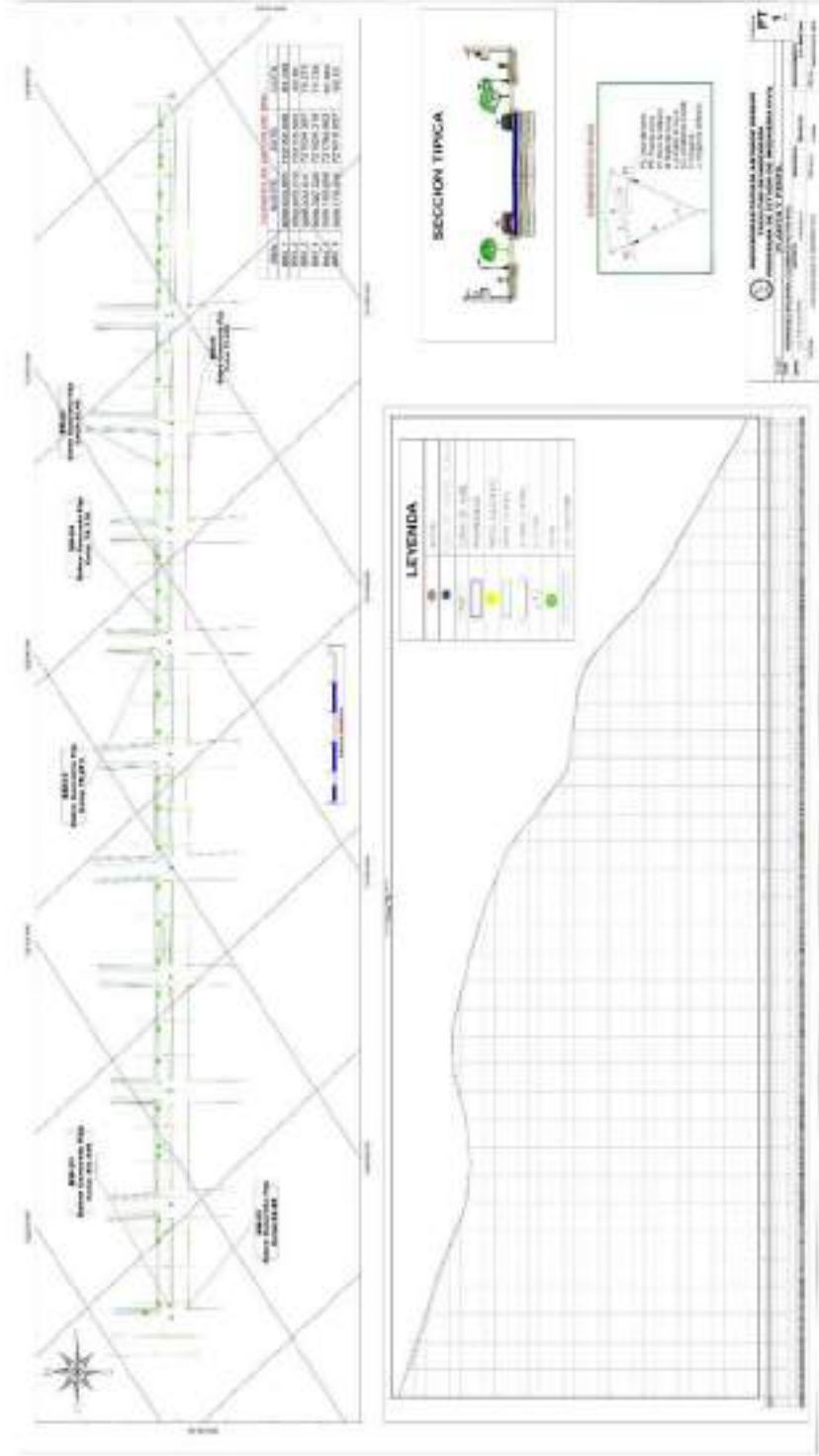
Plano de planta y perfil de la calle Luis Albarto Sánchez (A1)



ANEXO F. Plano de planta y perfil de la segunda vía

Figura 48

Plano de planta y perfil de la avenida José Olaya (A1)



ANEXO G. Planos de secciones transversales de la primera vía

Figura 49

Plano de secciones transversales de la calle Luis Alberto Sánchez (A1)

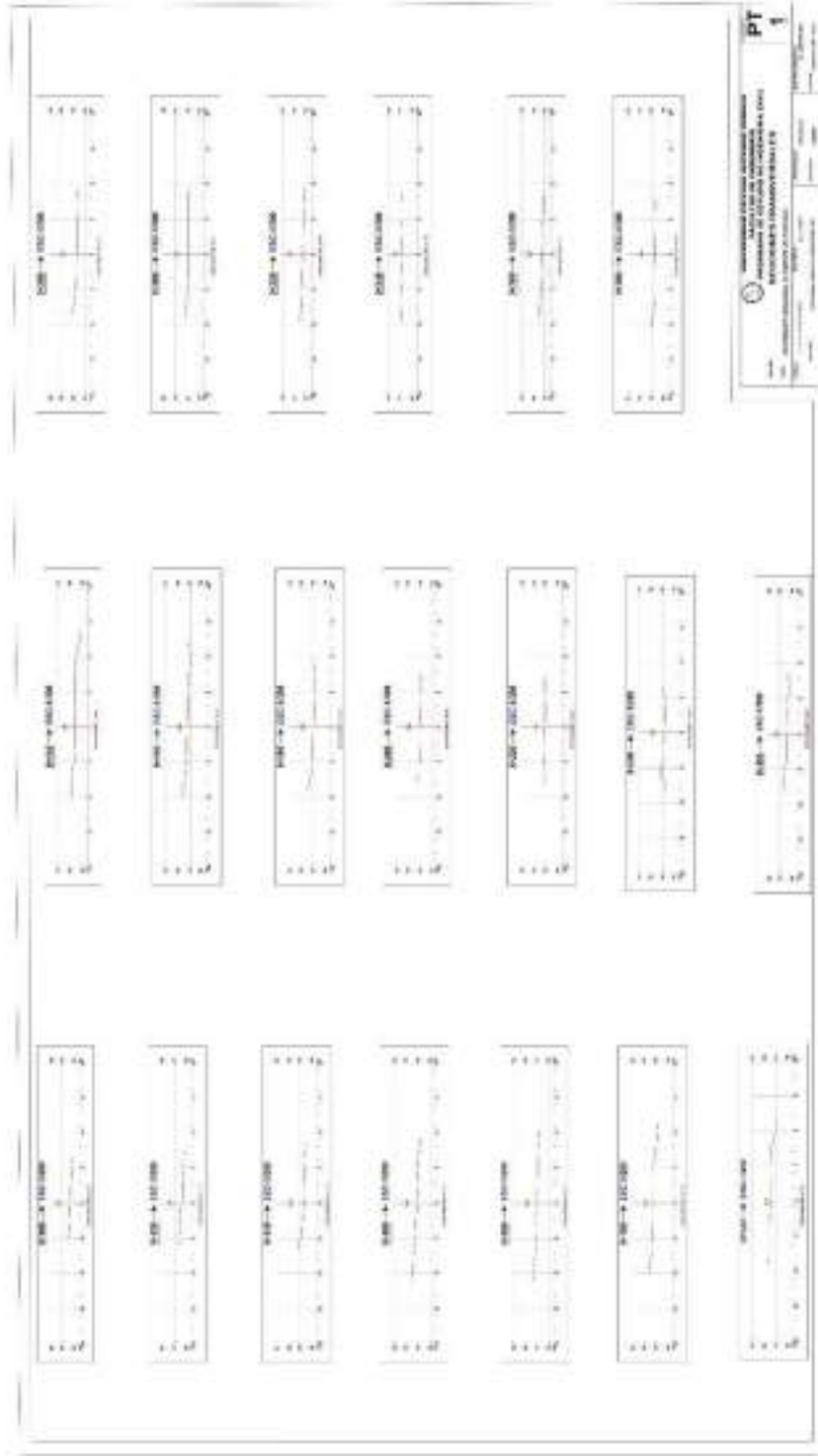


Figura 50

Plano de secciones transversales de la calle Luis Alberto Sánchez (A1)



ANEXO H. Planos de secciones transversales de la segunda vía

Figura 51

Plano de secciones transversales de la av. José Olaya (A1)

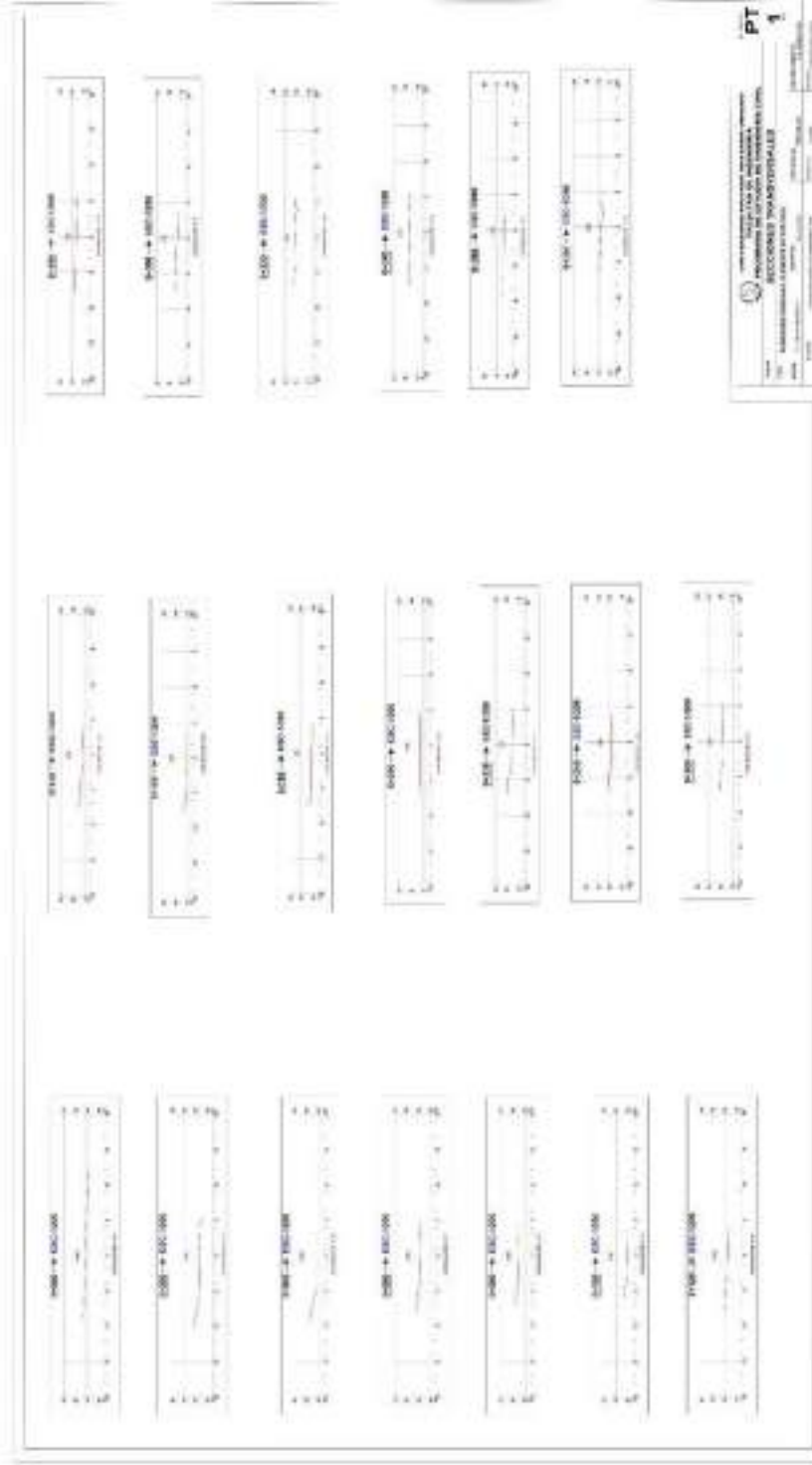
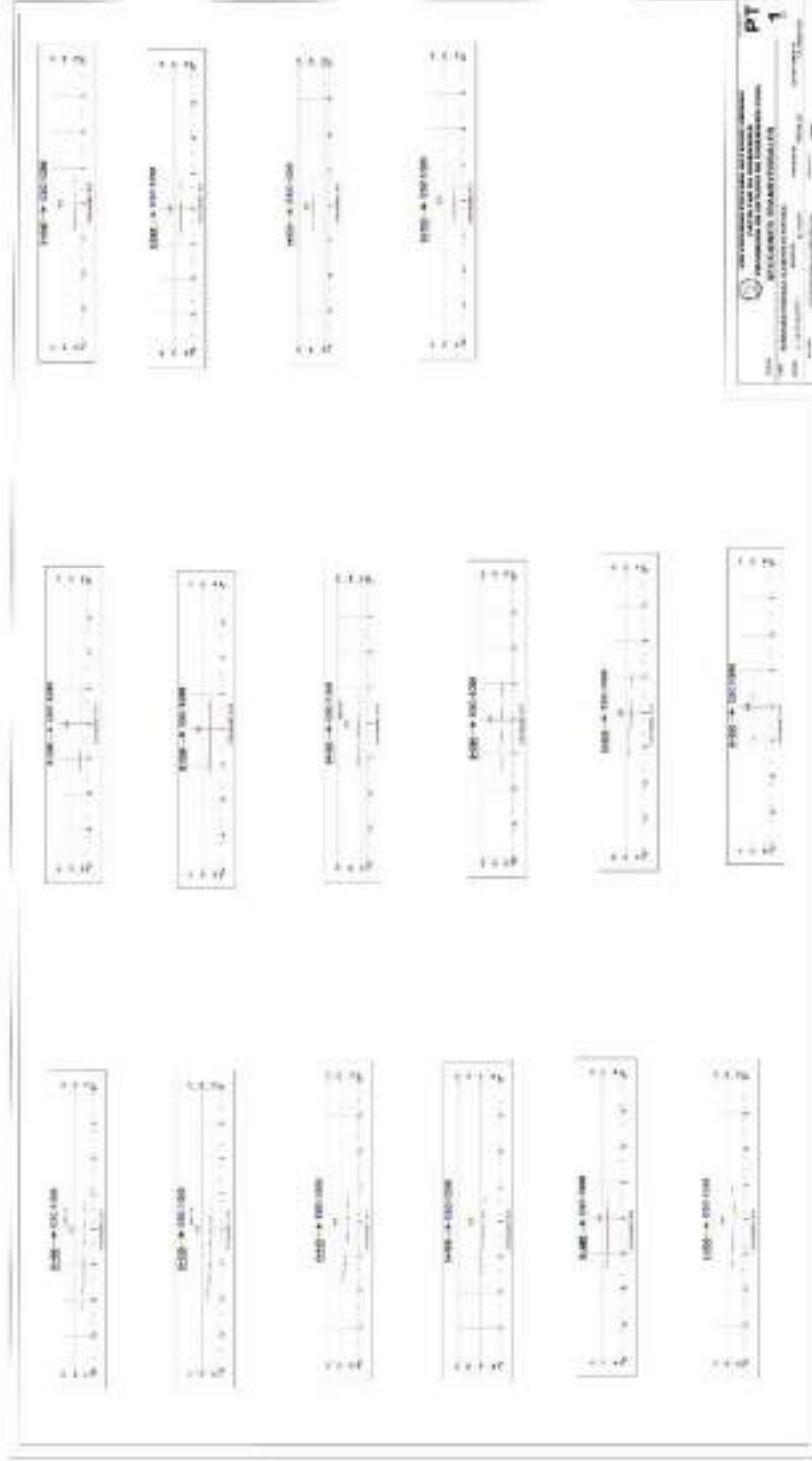



Figura 52
Plano de secciones transversales de la av. José Olaya (A1)



ANEXO I. Hoja de registro formato de la metodología PCI

Figura 53

1 Instrumento de recolección de datos (Hoja de registro, formato método PCI)

 Programa de Estudio de Ingeniería Civil		MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)	
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAGAMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO	
PROYECTO:		PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
NOMBRE DE LA VÍA:		LUGAR DE ESTUDIO:	Alto Salaverry - Provincia de Trujillo
UNIDAD DE MUESTRA A ESTUDIAR:		INVESTIGADOR:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiga
Nº DE UNIDAD DE MUESTRA (UM):		FECHA:	
PROGRESIVA INICIAL (Km):			
PROGRESIVA FINAL (Km):			
ANCHO DE LA VÍA (m):			
ÁREA DE LA UNIDAD (m ²):			

Nº	TIPO DE DAÑOS	CÓDIGO	UNIDAD
1	Fiel de Cochino	PC	m ²
2	Erodación	EX	m ²
3	Agrupamiento en Bloque	BLO	m ²
4	Abultamientos e Hundimientos	ABH	m
5	Corrugación	CCR	m ²
6	Depresión	DEP	m ²
7	Grietas de Bordo	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Bersa	DV	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parches	PA	m ²
12	Fulmento de Agregados	FU	m ²

Nº	TIPO DE DAÑOS	CÓDIGO	UNIDAD
13	Huecos	HUE	Und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Aluvionamiento	AHU	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grietas Parabólicas	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m ²

CAPACIDAD DE SEVERIDAD		
Baja	Low	L
Medio	Medium	M
Alta	High	H

DAÑO	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (Σ)	VALOR DEDUCIDO
									TOTAL VD=	

Número de valores deducidos > 2 (q):
 Valor deducido más alta (HDC):
 Número máximo de valores deducidos (m):

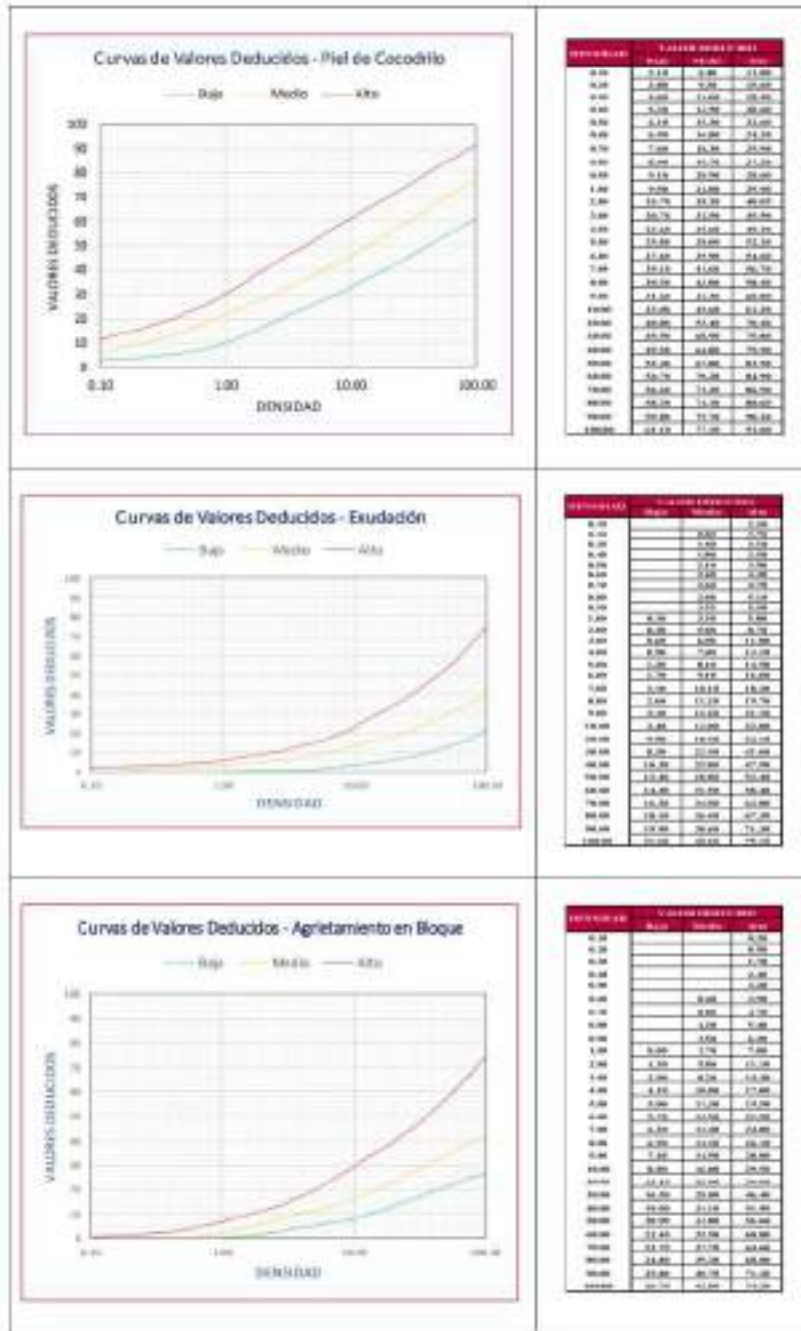
Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1								

MÁXIMO VDC =	
--------------	--

CONDICIÓN DEL PAGAMENTO (PCI) = 100 - (Mx VDC + Total VD)
 PCI =

CONDICIÓN DEL PAGAMENTO =

ANEXO K. Tablas del cálculo de curvas de valores deducidos según el manual PCI

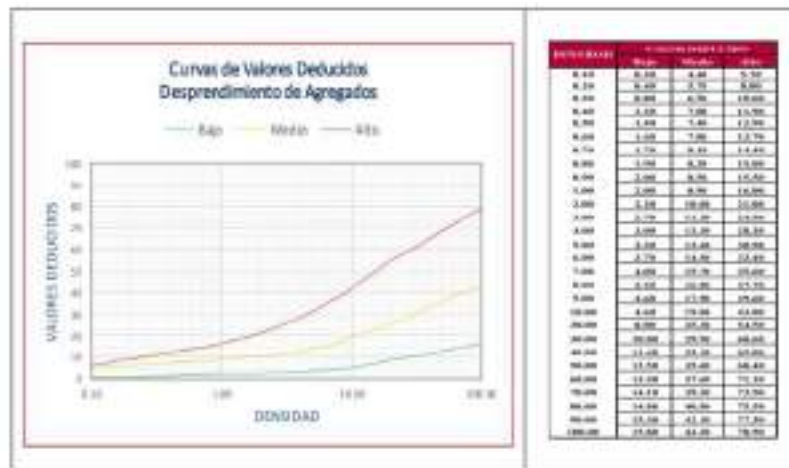












ANEXO L. Informes de resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos

	PROYECTO: PROYECTO VIAL DE DISEÑO (ESTRUCTURA) PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TUMBES, 2022	SONDEO: C-3
	TERMINAL: D. Obra de Estruct. Res. (Estructura)	
	UBICACIÓN: Alto Salaverry - Salaverry - Tumbes - La Libertad	
PERFIL ESTRATIGRAFICO		
EXPLORACION: A. (CORTA) (CORTA)		COTA (m)
CALLE LAS ALBERTO SANCHEZ		N.º (m)
PROF. (m)	Muestra	Descripción del estrato
-1.00		Arena predominantemente gravilosa color beige, de grano fino, partículas de forma sub angular a sub redondeada, de una compactación suelta compactada, de una humedad ligera. γ_s Grava = 0.00. γ_s Arena = 15.54 y ρ_{max} = 0.00.
0.00	N/A	N/A. A PROFUNDIDADES EXAMINADAS NO SE ENCONTRO EL NIVEL PRÁCTICO
UBICACIONES (Muestra obtenida en tubo) (Muestra obtenida en bloque) (Muestra obtenida en tubo)		

 UPAO	PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
	YESERA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	
	UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	
			SONDEO: C-2

PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calzata)	COTA (m)
GALLE LUIS ALBERTO SÁNCHEZ	Nº (n) No se encontró


Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS / AASHTO
-1.50			Arena pavimento graduado color beige, de grano fino, partículas de forma sub-angulosa a sub-redondeada, de una compactación semi compactada, de una humedad ligera. % Grava = 0.00. % Arena = 55.34 y % Fines = 4.05	SF / A-3 (0)
1.00	MAB		NAF. A PROFUNDIDADES (EXCAVADAS) NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO	

OBSERVACIONES

MAB: muestra alterada en bulva
 MIB: muestra inalterada en bloque
 MIT: muestra inalterada en tubo

 UPAO	PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2021	
	TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	
	UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	
			SONDEO: C-3


PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calicata)		COTA (m)		
CALLE LUIS ALBERTO SÁNCHEZ		N.F (m)	No se encontró	
Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS / AREHTO
-0.30			Arena pobremente graduada color beige, de grano fino, partículas de forma sub angular a sub redondeada, de una compactación semi compactada, de una humedad ligera. % Grava = 0.00, % Arena = 95.94 y % Finas = 4.06.	SP/A-1(2)
1.00	MAB		NIF. A PROFUNDIDADES ENCAJADAS NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO.	
OBSERVACIONES MAB: muestra alterada en bolsa MIB: muestra inalterada en bloque MIT: muestra inalterada en tubo				

 UPAO	PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
	TESISTA:	Dr. Clemente Victor Raúl Rodríguez Urquiza	
	UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	
			SONDIDO: C-4

PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calicata)	COTA (m):	
AVENIDA JOSÉ CLAYA	N.T. (m):	No se encontró

Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS / AASHTO
-0.30			Arena pobremente graduada color beige, de grano fino, partículas de forma sub angular a sub redondeada, de una compactación semi compactada, de una humedad ligera. % Grava = 0.00. % Arena = 95.94 y % Fines = 4.06.	SP / A-3(0)
1.00		MBB	NAF. A PROFUNDIDADES EXCAVADAS NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO	

OBSERVACIONES

MBB: muestra alterada en bolsa
 MBB: muestra inalterada en bloque
 MIT: muestra inalterada en tubo

 UPAO	PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
	TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	
	UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	
			SONDEO: CS


PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calicata)		COTA (m)		
AVENIDA JOSÉ OLANA		N.P (m)	No se encontró	
Prof. (m)	Muestra	Simbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS / AASHTO
-1.50			Arena pobremente graduada color beige, de grano fino, partículas de forma sub angular a sub redondeada, de una compactación semi compactada, de una humedad ligera. % Grava = 0.00, % Arena = 95.54 y % Finos = 4.86.	M / A-3 (0)
1.00	MAB		MAB. A PROFUNDIDADES ENCAJADAS NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO	
OBSERVACIONES				
MAB: muestra alterada en bolsa				
MIB: muestra inalterada en bloque				
MIT: muestra inalterada en tubo				

 UPAO	PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
	TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquía	
	UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	
			SONDEO: C-6


PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calicata)	COTA (m)
AVENIDA JOSÉ CLAYA	N.P (N) No se encontró

Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS / AASHTO
-1.50			Arena pobremente graduada color beige, de grano fino, partículas de forma sub angular a sub redondeada, de una compactación semi compactada, de una humedad ligera. % Óxido = 0.00, % Arena = 95.94 y % Fines = 4.95.	SF / A-3 (X)
1.00	MAB		NAF. A PROFUNDIDADES ENCAJADAS NO SE ENCONTRÓ EL NIVEL FREÁTICO	

OBSERVACIONES

MAB: muestra alterada en bolsa
 MIB: muestra inalterada en bloque
 MIT: muestra inalterada en tubo

 UPAO	INFORME DE ENSAYO
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raul Rodríguez Urquiza	NORMAS:	MTC E-108 - ASTM D-2216 - AASHTO T-93
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	31/03/2023
MATERIAL:	Terreno Natural		
LUGAR DE LA MUESTRA EXTRAÍDA:	CALLE LUIS ALBERTO SÁNCHEZ		

DATOS DE LA MUESTRA RECIBIDA

Nº de Calicata:	C-1	Presentación / Cantidad:	1 saco / 50 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Pobremente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		

REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº		1
Nº Tara		T-1
Peso de tara (g)		124.40
Peso de tara + muestra húmeda (g)		1875.70
Peso de tara + muestra seca (g)		1827.50
Peso del agua (g)		48.20
Peso del suelo seco (g)		1701.10
Contenido de humedad M1 (%)		2.83%

Nº de Calicata:	C-2	Presentación / Cantidad:	1 saco / 50 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Pobremente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		

REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº		1
Nº Tara		T-2
Peso de tara (g)		94.70
Peso de tara + muestra húmeda (g)		1499.20
Peso de tara + muestra seca (g)		1456.10
Peso del agua (g)		43.10
Peso del suelo seco (g)		1361.40
Contenido de humedad M1 (%)		3.17%

Nº de Calicata:	C-3	Presentación / Cantidad:	3 baldes / 10 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Pobremente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		

REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº		1
Nº Tara		T-3
Peso de tara (g)		151.50
Peso de tara + muestra húmeda (g)		2051.00
Peso de tara + muestra seca (g)		1991.40
Peso del agua (g)		59.60
Peso del suelo seco (g)		1839.90
Contenido de humedad M1 (%)		3.24%

	INFORME DE ENSAYO	
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO	
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
TERCERA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	NORMAS: MTCE-108 - ASTM D-2216 - AASHTO T-93
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA: 31/03/2023
MATERIAL:	Terrazo Natural	
LUGAR DE LA MUESTRA EXTRAÍDA:	AVENIDA JOSÉ GILYA	

DATOS DE LA MUESTRA RECIBIDA

Nº de Calicata:	C-4	Presentación / Cantidad:	3 Baldes / 50 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Polivalente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		

REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº	1		
Mº Tara	T-4		
Peso de tara (g)	85.80		
Peso de tara + muestra húmeda (g)	1888.70		
Peso de tara + muestra seca (g)	1827.50		
Peso del agua (g)	61.20		
Peso del suelo seco (g)	1741.80		
Contenido de humedad M1 (%)	3.51%		

Nº de Calicata:	C-5	Presentación / Cantidad:	3 Baldes / 50 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Polivalente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		


REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº	1		
Mº Tara	T-5		
Peso de tara (g)	162.10		
Peso de tara + muestra húmeda (g)	1354.70		
Peso de tara + muestra seca (g)	1325.70		
Peso del agua (g)	29.00		
Peso del suelo seco (g)	1163.50		
Contenido de humedad M1 (%)	2.49%		

Nº de Calicata:	C-6	Presentación / Cantidad:	3 Baldes / 50 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1		
Clasificación Visual:	Arena Polivalente Gradada (SP)	Método de Preparación:	Secado al horno
Prof. de la Muestra:	1.50 m		

REGISTROS Y CÁLCULOS DE ENSAYO

Prueba Nº	1		
Mº Tara	T-5		
Peso de tara (g)	166.70		
Peso de tara + muestra húmeda (g)	2595.05		
Peso de tara + muestra seca (g)	2304.50		
Peso del agua (g)	81.55		
Peso del suelo seco (g)	2337.80		
Contenido de humedad M1 (%)	2.63%		

	INFORME DE ENSAYO	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO ASTM D-422	
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TUMBILLO, 2022	
RESERVA:	Dr. Cemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	NORMAS: MTC E-115 - ASTM D-2228 - AASHTO T-180 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Tumbillo - La Libertad	FECHA: 04/04/2023
MATERIAL:	Areña Pobrimento Grusada (SP)	
LUG. MAT. EXT.	Calle Luis Alberto Sánchez	

DATOS DEL ENSAYO

Nº de Calicata:	C-3	Presentación / Cantidad:	3 bultos / 60 kg aprós.
Nº de la Muestra:	M5		
Peso de muestra seca:	3531.00	Método de Preparación:	Secado al horno
Peso perdido por lavado:	618.70		
Prof. de la Muestra:	0.0 a 1.50 m		

Registros y Cálculos del Ensayo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Masa Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.200				100.00
2 1/2"	63.500				100.00
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/4"	19.250				100.00
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	65.50	4.00	4.00	95.99
Nº 8	2.360	330.50	20.25	24.25	75.74
Nº 10	2.000	182.80	11.40	35.65	64.35
Nº 14	1.180	130.10	7.97	43.62	56.38
Nº 20	0.850	23.10	1.42	45.04	54.96
Nº 30	0.600	14.20	0.87	45.91	54.09
Nº 40	0.425	75.00	4.68	50.59	49.41
Nº 50	0.300	271.70	17.07	67.66	32.34
Nº 100	0.150	469.40	28.76	96.42	3.58
Nº 200	0.075	47.00	2.92	99.34	0.66
< 200		5.90	0.36	100.00	0.00
Total		3531.00			

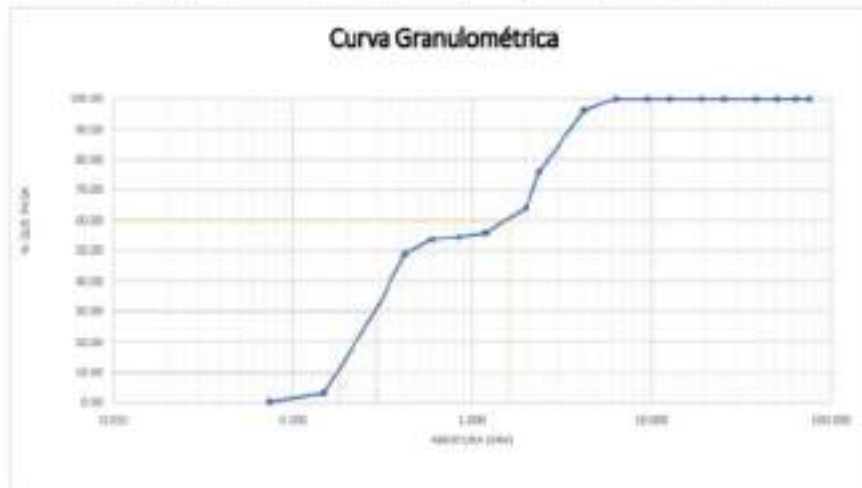
Masa Inicial Seca (g)	2242.70
Masa Lavada Seca (g)	618.70
Pérdida por Lavado (g)	1632.00

Grava (%)	4.00%
ARENA (%)	95.98%
FINES (%)	0.02%

$D_{10}(\text{mm}) =$	0.224
$D_{30}(\text{mm}) =$	0.395
$D_{60}(\text{mm}) =$	0.573
$C_u(\text{mm}) =$	2.550
$C_g(\text{mm}) =$	1.217

LÍMITE E ÍNDICES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido:	NP
Límite Plástico:	NP
Índice Plástico:	NP

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	SP
AASHTO (ASTM D 3282)	ARENA Pobrimento GRUSADA A-1 (1)

Curva Granulométrica

		INFORME DE ENSAYO	
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO ASTM D-422	
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022		
TESISTA:	Dr. Cesarita Victor Ruiz Rodriguez Urquiza	NORMAS:	NYC E-113 - ASTM D-2216 - ASTM D 1585
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	04/04/2023
MATERIAL:	Arena Pobrimente Gradada (SP)		
LUG. MAT. EXT.	Avenida José Olayo		
DATOS DEL ENSAYO			
Nº de Colocata:	C-5	Presentación / Cantidad:	3 baldes / 60 kg aprox.
Nº de la Muestra:	M1	Método de Preparación:	Secado al horno
Peso de muestra seca:	1745.40		
Peso perdido por lavado:	502.90		
Prof. de la Muestra:	0.0 a 1.50 m		

Registros y Cálculos del Ensayo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
TAMIZO	ABERTURA (mm)	Masa Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	76.200				100.00
2 1/2"	63.500				100.00
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/8"	9.525				100.00
1/2"	12.500				100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	9.80	0.56	0.56	99.44
Nº 8	1.900	999.20	55.69	56.25	43.75
Nº 16	1.000	122.90	18.53	74.78	25.21
Nº 30	1.180	45.60	2.63	77.41	22.59
Nº 20	0.841	4.70	0.27	77.68	22.31
Nº 30	0.600	0.70	0.04	77.72	22.28
Nº 40	0.420	4.20	0.24	77.96	22.04
Nº 50	0.300	8.30	0.47	78.43	21.57
Nº 100	0.150	119.00	18.33	96.76	3.24
Nº 200	0.074	12.90	1.01	99.76	0.24
< 200		4.30	0.24	100.00	0.00
Total		1745.40			

Masa Inicial Seca (g)	2242.70
Masa Lavada Seca (g)	502.90
Pérdida por Lavado (g)	1740.40

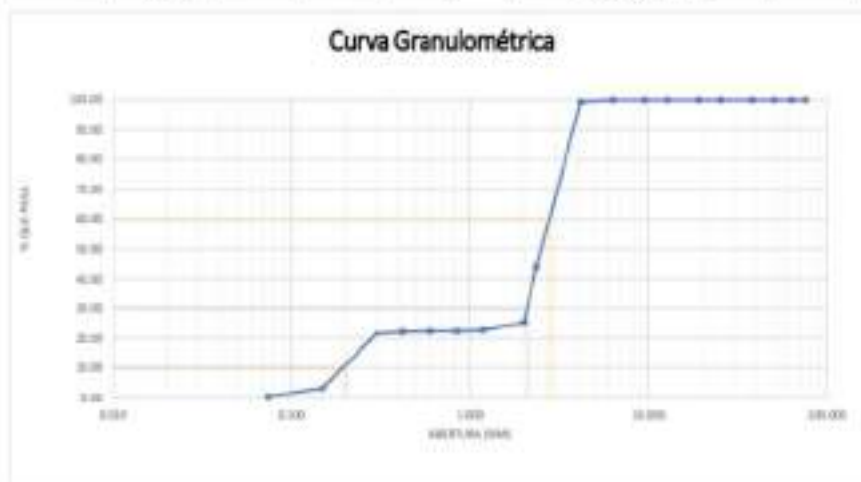
GRASA (%)	0.54%
ARENA (%)	99.20%
FINOS (%)	0.24%


D ₁₀ (mm) =	0.300
D ₃₀ (mm) =	2.113
D ₆₀ (mm) =	3.050
C _u (mm) =	12.792
C _c (mm) =	6.134

LÍMITE E ÍNDICES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido:	Nº
Límite Plástico:	Nº
Índice Plastico:	Nº

ELABORACIÓN DE SUELOS	
SUELO (ASTM D 2407)	SP
BASES (ASTM D 1582)	ARENA PORRIMENTE GRADADA A-1 (B)

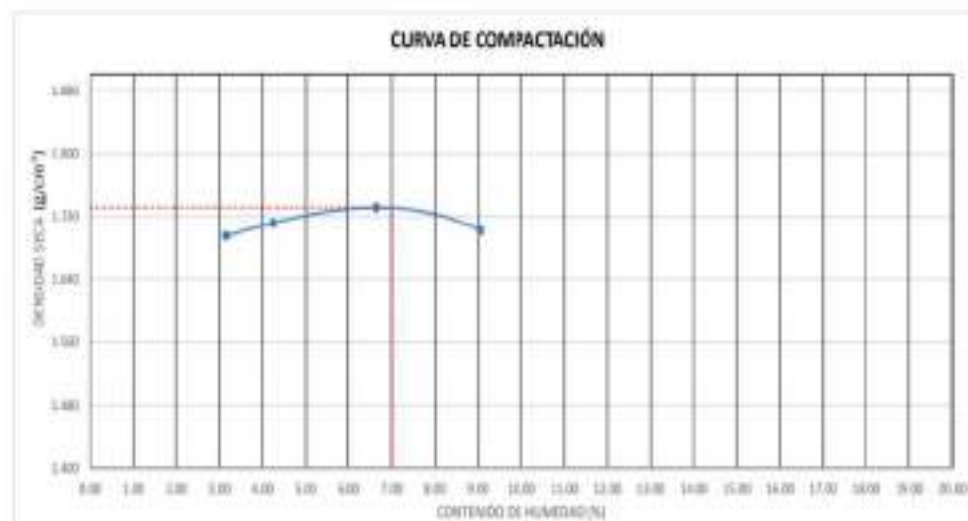
Curva Granulométrica



	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2021

TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Ravel Rodríguez Urquiza	NORMAS:	MTC E 315 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Polímero Gradada (AP)		
MUESTRA:	Nuestra in situ		
Nº CALICATA:	C-1 / N3		

COMPACTACIÓN				
METODO DE COMPACTACION	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS	5			
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5813.8	5846.8	5804.8	5914.5
PESO DE MOLDE (g)	4161.8	4161.8	4161.8	4161.8
PESO DE SUELO HUMEDO (g)	1651.5	1684.8	1743	1752.7
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944.34	944.34	944.34	944.34
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.749	1.784	1.846	1.856
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.695	1.731	1.731	1.700
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nº	1/n	2/n	3/n	4/n
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (g)	394.60	465.50	516.00	677.30
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	385.80	451.30	494.50	637.20
PESO DE LA TARA (g)	136.40	116.70	170.10	194.10
PESO DE AGUA (g)	8.80	14.20	21.50	43.10
PESO DE SUELO SECO (g)	279.40	334.60	324.40	443.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.15	4.24	6.63	9.05
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.731			ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
				7.00




	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

TERRESTA:	Rr. Clemente Victor Raúl Rodríguez Urquiza	NORMAS:	MTC E-115 - ASTM D-1557 - AASHTO T-990 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Polímero Grudada (SP)		
MUESTRA:	Muestra in situ		
Nº CALICATA:	C-2 / M		

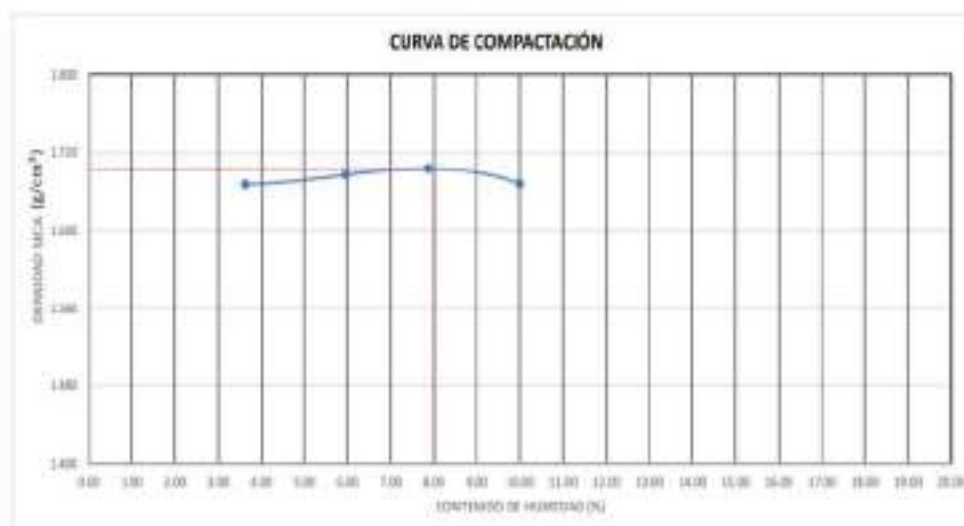
COMPACTACIÓN				
METODO DE COMPACTACIÓN:	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS:	5			
NÚMERO DE ENSAYO:	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5767.30	5859.70	5897.30	5935.30
PESO DE MOLDE (g)	4161.80	4161.80	4161.80	4161.80
PESO DE SUELO HÚMEDO (g)	1605.40	1697.90	1735.50	1773.50
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944.34	944.34	944.34	944.34
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.711	1.798	1.838	1.877
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.604	1.688	1.703	1.685
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nº	5/1	5/1	5/1	5/1
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	394.30	432.30	447.80	535.70
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	385.30	414.40	421.50	484.80
PESO DE LA TARA (g)	132.40	134.10	88.40	169.70
PESO DE AGUA (g)	9.00	24.50	26.30	30.90
PESO DE SUELO SECO (g)	262.70	285.30	333.10	335.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.43	6.48	7.90	9.81
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.703			ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
				8.30




	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2021

TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	NORMAS:	MTG 6-115 - ASTM D-1557 - AKSHRO 1-180 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Polivalente Gradada (IP)		
MUESTRA:	Muestra in situ		
Nº CALICATA:	C/3 / N/1		

COMPACTACIÓN				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS:	5			
NÚMERO DE ENSAYO:	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5813.06	5859.80	5897.00	5914.80
PESO DE MOLDE (g)	4161.80	4161.80	4161.80	4161.80
PESO DE SUELO HÚMEDO (g)	1651.26	1698.00	1735.20	1753.00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944.34	944.34	944.34	944.34
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.749	1.798	1.837	1.858
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.687	1.697	1.703	1.688
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPENTE Nº	1/h	2/h	3/h	4/h
PESO (SUELO HÚMEDO + TARRA) (g)	588.10	421.11	433.80	437.00
PESO (SUELO SECO + TARRA) (g)	496.90	409.30	411.30	406.30
PESO DE LA TARRA (g)	188.70	104.80	122.50	88.18
PESO DE AGUA (g)	11.20	17.80	22.70	31.72
PESO DE SUELO SECO (g)	308.20	298.50	288.80	317.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.63	5.96	7.87	10.00
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.703			ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
				8.00

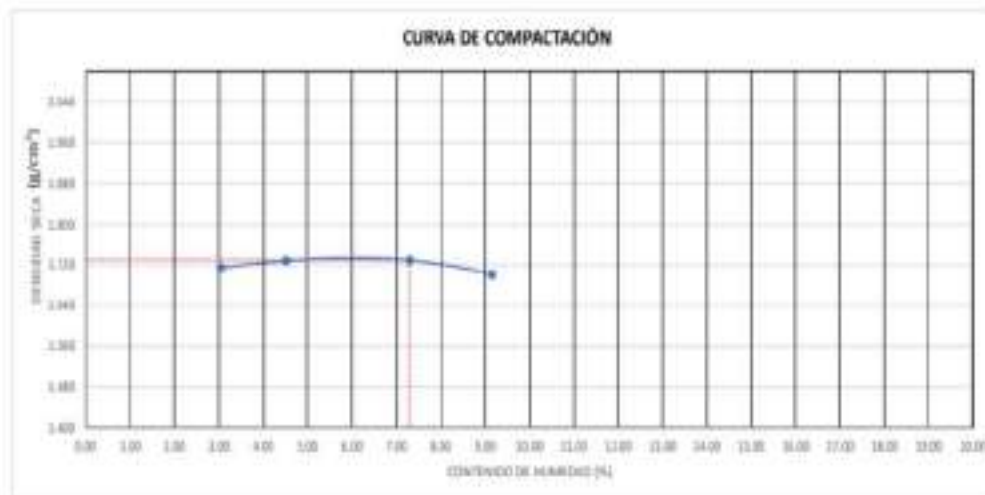



	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2023

TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raul Rodríguez Urquiza	NORMAS:	MTD 1-115 - ASTM D-1557 - AASHTO T-190 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Fofremente Gradada (GF)		
MUESTRA:	Muestra in situ		
WF CALICATA:	C-4 / VI		

COMPACTACIÓN				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS:	5			
NÚMERO DE ENSAYO:	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5892.34	5887.40	5854.30	5913.00
PESO DE MOLDE (g)	4151.80	4361.80	4551.80	4161.80
PESO DE SUELO HUMEDO (g)	1740.54	1525.60	1302.50	1751.20
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944.34	944.34	944.34	944.34
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.767	1.606	1.369	1.857
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.715	1.728	1.729	1.701

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE WF	1/1	1/1	1/1	1/1
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (g)	425.80	476.20	335.60	302.70
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	415.90	462.20	319.90	470.50
PESO DE LA TARA (g)	90.30	152.10	105.00	118.80
PESO DE AGUA (g)	9.90	14.00	25.70	32.20
PESO DE SUELO SECO (g)	325.90	310.10	214.90	351.70
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.04	4.51	7.31	9.16
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.730		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.31




	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

TEXISTA:	Dr. Clemente Victor Raul Rodriguez Urquiza	NORMAS:	NTC E-115 - ASTM D-1557 - AASHTO T-180 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Fobremonta Gradada (SP)		
MUESTRA:	Muestra in situ		
Nº CALICATA:	C-5 / M1		

COMPACTACIÓN				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS:	5			
NÚMERO DE ENSAYO:	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5830.40	5897.10	5914.58	5942.30
PESO DE MOLDE (g)	4181.80	4161.80	4161.80	4161.80
PESO DE SUELO HÚMEDO (g)	1668.60	1735.30	1752.78	1780.50
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	944.34	944.34	944.34	944.34
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.767	1.838	1.856	1.880
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.697	1.721	1.729	1.711

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nº	1/1	2/1	3/1	4/1
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	410.90	590.30	176.30	506.30
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	457.50	555.50	348.30	473.30
PESO DE LA TARA (g)	114.70	388.50	169.50	151.40
PESO DE AGUA (g)	13.40	34.80	27.80	32.50
PESO DE SUELO SECO (g)	312.80	387.00	178.80	322.30
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.25	8.76	7.37	10.08
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.735	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.48

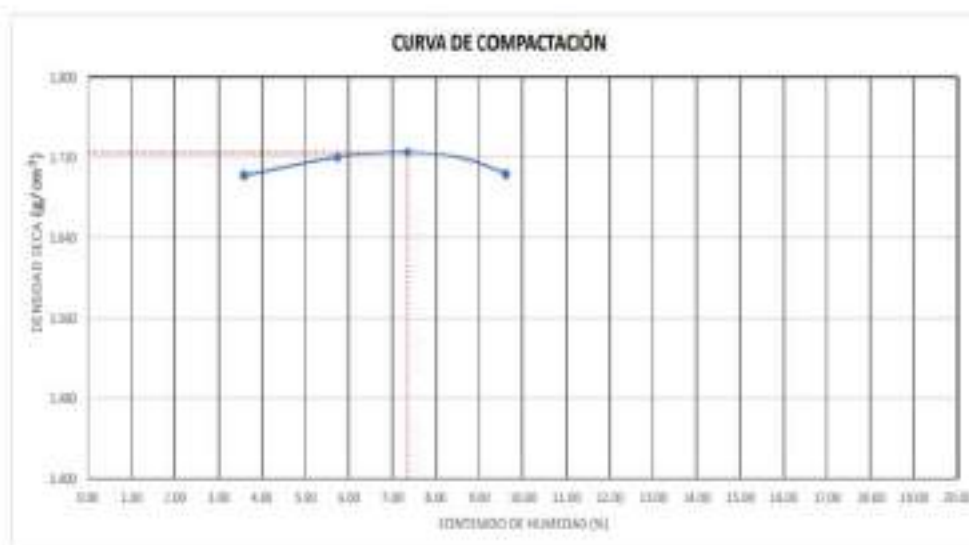


	INFORME DE ENSAYO
	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

TESISTA:	Rr. Clemente Victor Raul Rodriguez Urquiza	NORMAS:	NTC E 335 - ASTM D-1557 - AASHTO T-180 D
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA:	05/04/2023
MATERIAL:	Arena Fobnonente Gradada (SF)		
MUESTRA:	Muestra in situ		
MP CALICATA:	C16 / N10		

COMPACTACIÓN				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	"A"			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:	25			
NÚMERO DE CAPAS:	5			
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	5890.45	5882.35	5914.40	5928.55
PESO DE MOLDE (g)	4351.80	4181.80	4181.80	4181.80
PESO DE SUELO HÚMEDO (g)	1668.65	1720.55	1752.60	1766.75
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	946.36	946.36	946.36	946.36
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	1.763	1.818	1.852	1.867
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.702	1.726	1.725	1.701

CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECORTEnte MP	1/8	1/4	1/2	1/1
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	418.35	528.25	455.90	504.45
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	416.70	508.85	434.10	472.30
PESO DE LA TARA (g)	102.50	170.30	137.25	135.30
PESO DE AGUA (g)	11.65	19.40	21.80	32.35
PESO DE SUELO SECO (g)	314.20	338.55	296.85	337.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.59	5.73	7.34	9.58
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.725	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.34



	INFORME DE ENSAYO	
	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)	
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
TESISTA:	Dr. Cesarito Victor Raul Rodriguez Urquiaga	NORMAS: MTC E-132 - ASTM D-1883 - AASHTO T-193
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA: 10/04/2023
MATERIAL:	Arena Pebonome Gradada (SP)	
MUESTRA:	Muestra in situ	
CANTERA:	C-3 / M1	

Datos del Proctor			
MÁXIMA DENSIDAD SECA:	1.703 g/cm ³	CAPACIDAD:	10000 lbs.
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:	8.00 %	ANILLO:	1

Registros y Cálculos del Ensayo

COMPACTACIÓN	MOLDE Nº 01		MOLDE Nº 02		MOLDE Nº 03	
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
CONDICIÓN	3 / 56		5 / 25		5 / 12	
Número de Capas / Nº Golpes						
Muestra húmeda + Molde (g)	11816.20	11869.50	10834.8	11407.20	10839.30	11267.50
Masa del Molde (g)	7540.10	7530.18	7090.30	7090.30	7092.90	7060.90
Masa de la Muestra Húmeda (g)	4276.10	4339.40	3744.50	4316.90	3746.40	4174.60
Volumen del Molde	2149.31	2149.31	2140.71	2140.71	2139.88	2139.88
Densidad húmeda	2.012	2.019	1.748	2.017	1.751	1.961

LA DENSIDAD ES =

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)						
Tasa Nº	1	2	3	4	5	6
Masa muestra húmeda + Tara (g)	665.20	632.10	699.20	821.30	689.10	665.30
Masa muestra seca + Tara (g)	625.00	597.90	610.40	741.10	648.80	590.00
Masa del Agua (g)	40.20	34.20	78.80	80.20	40.30	75.30
Masa de la Tara (g)	185.20	132.10	198.20	270.60	189.10	165.30
Masa muestra seca (g)	439.80	465.80	412.20	470.50	459.50	424.70
Contenido de humedad (%)	8.74	7.34	18.71	17.47	8.81	18.81
DENSIDAD SECA	1.851	1.883	1.474	1.717	1.909	1.641
PESO UNITARIO SECO	18.35	18.45	14.45	16.81	15.78	16.70

EXPANSIÓN											
Factor del = 0.001" = 0.0254		MOLDE-1		MOLDE-2		MOLDE-3					
FECHA	HORA	Tiempo (hr)	Lectura (del)	EXPANSIÓN		Lectura (del)	EXPANSIÓN		Lectura (del)	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		Carga Estándar	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03			
			CARGA	CORRECCIÓN	% CBR	CARGA	CORRECCIÓN	% CBR	CARGA	CORRECCIÓN	% CBR	
(mm)	(psi)	kg/cm ²	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR	
0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.025		149.50	7.25	0.00	21.60	1.11		0.00	0.00		
1.27	0.050		199.30	17.54		64.30	2.86		0.30	0.01		
1.91	0.075		538.40	27.79		101.70	5.25		0.30	0.01		
2.54	0.100	30.5	678.80	35.00	49.71	154.40	7.97	1.84	1.20	0.06	0.09	
3.81	0.150		798.50	39.66		226.20	14.25		8.30	0.41		
5.08	0.200	185.7	702.30	36.24	94.30	352.60	18.20	1.67	68.60	3.34	3.15	
6.35	0.250		637.00	32.87		361.50	18.66		80.40	3.96		
7.62	0.300		564.80	29.15		346.80	17.80		343.50	17.73		
12.7	0.500		501.80	26.00		408.20	21.07		326.80	16.87		

	INFORME DE ENSAYO	
	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)	
PROYECTO:	PROPUESTA VARIANTE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALVARRI, TRUJILLO, 2022	
TESTA:	R. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Ornelas	
UBICACIÓN:	Alto Salvarri - Salvarri - Trujillo - La Libertad	
MATERIAL:	Asfalto heterométrico gradado (H)	
MUESTRA:	Muestra 01 (01)	
SP CALCULADA:	C (1 / M)	
NORMA:	MTC E-112 - ASTM D-1557 - AASHTO T-093	
FECHA:	02/04/2023	

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	18.38	cm ²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1 in)	70.3
	(5.08 mm) (0.2 in)	105.7

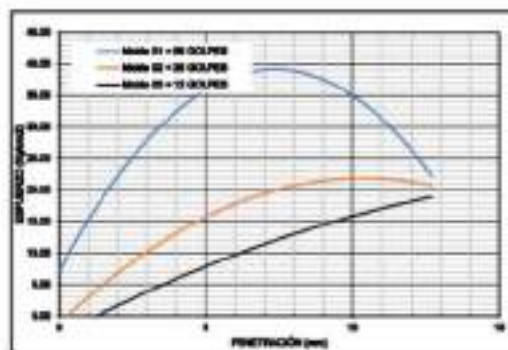
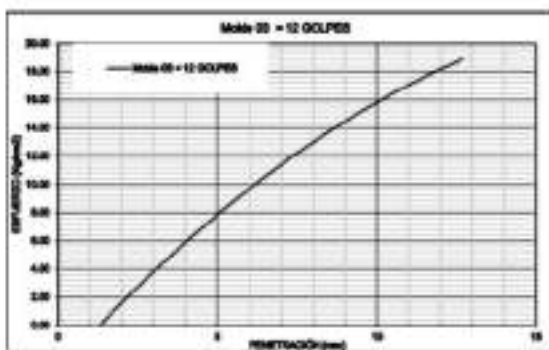
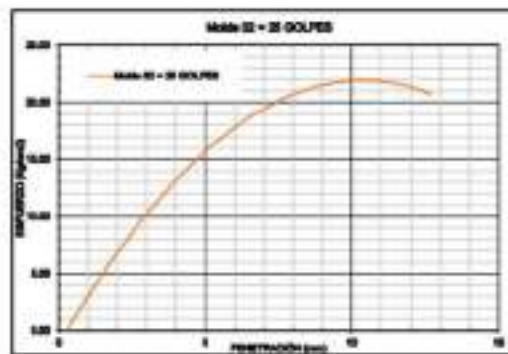
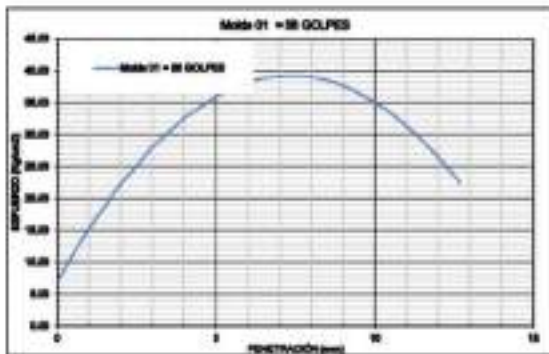
SP GOLPES	04	25	12
C.B.R. AL 50% (0.1 in) (0.1 in)	49.75	9.44	0.09
C.B.R. AL 90% (0.1 in) (0.1 in)	54.30	5.87	1.23

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA:	1.700	g/cm ³
W ₁ (M.D.S.):	3.818	%
ÓPTIMA CONTENIDO HUMEDAD:	8.00	%

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.

PENETRACIÓN:	0.1 in	0.2 in
PROCTOR C.B.R. AL 100% M.D.S.:	14.30	49.75
VALOR C.B.R. AL 90% M.D.S.:	15.00	34.30



	INFORME DE ENSAYO	
	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)	
PROYECTO:	PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
TESISTA:	Dr. Clemente Víctor Raúl Rodríguez Urquiza	NORMAS: MTC E-132 - ASTM D-2883 - AASHTO T-193
UBICACIÓN:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA: 05/04/2022
MATERIAL:	Ántrax Polímermente Gradado (AP)	
MUESTRA:	Muestra in situ	
CANTERA:	C-5 / M1	

Datos del Proctor			
MÁXIMA DENSIDAD SECA:	1.735 g/cm ³	CAPACIDAD:	10000 lbs.
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD:	8.40 %	ANILLO:	1

Registros y Cálculos del Ensayo

CONDICIÓN	MOLDE Nº 01		MOLDE Nº 02		MOLDE Nº 03	
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas / Nº Golpes	5 / 94		5 / 26		5 / 13	
Muestra húmeda + Molde (g)	11855.70	11864.40	11407.20	11418.80	11263.80	11268.70
Masa del Molde (g)	7510.10	7530.10	7090.30	7080.30	7091.80	7082.90
Masa de la Muestra Húmeda (g)	4345.60	4334.30	4316.90	4338.50	4171.00	4185.80
Volumen del Molde	2145.71	2145.71	2145.14	2145.14	2141.45	2141.45
Densidad húmeda	2.014	2.020	2.012	2.018	1.967	1.949

LA DENSIDAD ES =

Tasa Nº	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)					
	1	2	3	4	5	6
Masa muestra húmeda + Tara (g)	611.10	778.50	582.20	623.00	606.80	751.90
Masa muestra seca + Tara (g)	587.80	753.20	563.80	552.00	525.40	668.60
Masa del Agua (g)	41.20	67.30	78.50	71.00	80.40	83.30
Masa de la Tara (g)	302.40	370.50	62.30	134.80	105.80	168.90
Masa muestra seca (g)	285.50	422.70	421.50	417.20	419.60	499.70
Contenido de humedad (%)	14.27	15.55	18.62	17.02	19.18	18.57
DENSIDAD SECA	1.734	1.748	1.686	1.724	1.634	1.671
PESO UNITARIO SECO	17.00	17.14	16.64	18.81	16.02	16.38

EXPANSIÓN									
Factor Dial = 0.001" = 0.0254			MOLDE-1		MOLDE-2		MOLDE-3		
FECHA	HORA	TIEMPO (hr)	Lectura (dia)		EXPANSIÓN		Lectura (dia)		
			mm	%	mm	%	mm	%	%

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		Carga Estándar (kg/cm ²)	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
			CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN	
(mm)	(lb/ft ²)	kg/cm ²	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR	kg	Esfuerzo (kg/cm ²)	% CBR
0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025		388.20	8.68		24.30	1.25		0.00	0.00	
1.27	0.050		342.20	17.86		38.60	3.08		0.00	0.00	
1.91	0.075		543.60	28.95		106.50	5.50		0.10	0.01	
2.54	0.100	79.5	699.20	36.08	51.22	143.60	8.44	1.75	0.90	0.03	0.04
3.81	0.150		780.70	40.28		242.10	14.56		10.50	0.34	
5.08	0.200	305.7	707.10	36.49	34.53	348.70	18.62	1.69	79.50	4.10	1.88
6.35	0.250		651.00	33.70		375.60	19.38		326.40	16.85	
7.62	0.300		573.70	29.54		342.40	18.78		363.40	19.70	
12.7	0.500		513.80	26.52		425.40	21.95		355.10	18.33	

	INFORME DE ENSAYO	
	RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)	
PROYECTO:	PROPUESTA VARIA DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACION OPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022	
TESISTA:	B. Cleverth Victor Ravel Rodriguez Guajardo	NORMAS: MTC-112 - ASTM D-1822 - ASTM D-1557
UBICACION:	Alto Salaverry - Salaverry - Trujillo - La Libertad	FECHA: 02/06/2023
MATERIA:	Asfalto Portlandemanto Gravelita (OP)	
MAESTRA:	Muestra in situ	
MP CADUETA:	C 5 / MC	

GRÁFICO DE PENETRACION DE C.B.R.

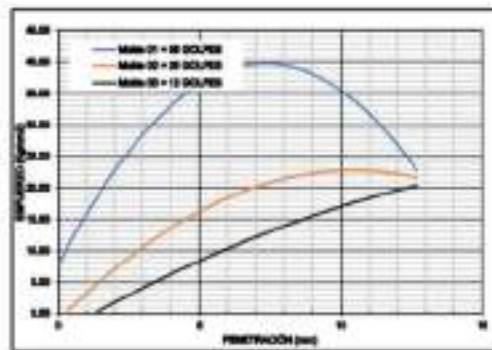
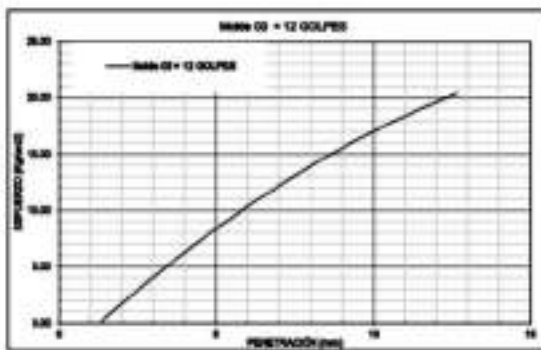
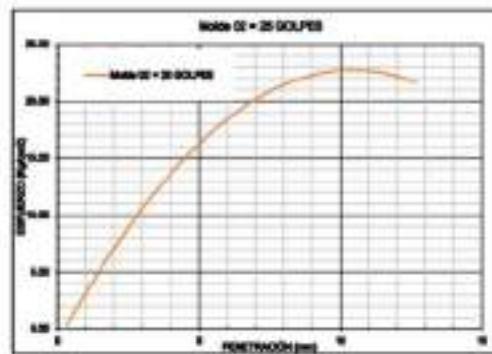
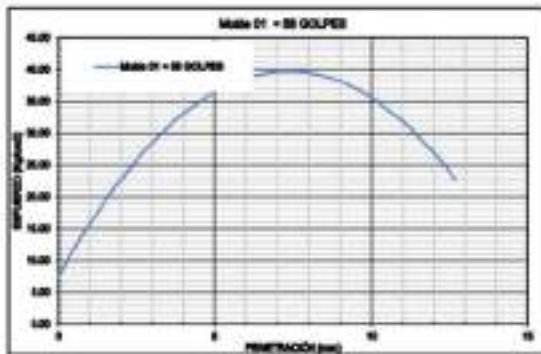


ÁREA DEL PISTON:	70.36 cm ²		
CARGAS PISTON:	12.34 kN (2.74 tf)	70.5	kg/cm ²
	15.08 kN (3.33 tf)	215.7	kg/cm ²

MP GOLPES		50	25	17
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	12.34 mm (0.5 in)	51.22	3.75	0.04
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	15.08 mm (0.6 in)	34.54	1.60	1.98

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557	
MAXIMA DENSIDAD SECA:	1.735 g/cm ³
PCN DE M.D.S.:	1.648 g/cm ³
OPTIMA CONTENIDO HUMEDAD:	8.40 %

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.		
PENETRACION:	0.2 in	0.5 in
VALOR C.B.R. AL 100% M.D.S.:	34.52	11.20 %
VALOR C.B.R. AL 95% M.D.S.:	22.80	34.52 %



ANEXO M. Análisis de precios unitarios de pavimento flexible de la primera vía de estudio

Figura 55

Análisis de precios unitarios del pavimento flexible de la calle Luis Alberto Sánchez

Análisis de precios unitarios

Proyecto	19961 PROPUESTA TABLA DE DATOS ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL SECTOR HABITACIONAL BLAVEROY, TRUJILLO, PERÚ						
Subproyecto	01 PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE LUIS ALBERTO SÁNCHEZ						
Item	01.01	INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO				Forma de pago	000000
Relevamiento	g/m²	0.000	EQ	0.000	Costo unitario directo por g/m²		2.048.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Porcentaje	
	Materia de Ocio						
110 0100001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hr	0.000	0.000	27.20	10.10	10.10
	Equipos						
200 0200 0001	CARRO PLATAFORMA EQUIPO 1	hr	1.000	1.000	2.176.40	107.10	2.176.40
Item	01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDADO					
Relevamiento	m²/m²	0.000	EQ	0.000	Costo unitario directo por m²		2.000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Porcentaje	
	Materia de Ocio						
110 010001	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDADO	g/m²		1.000	2.000.00	100.00	2.000.00
Item	01.03	CAPTEL DE OBRA					
Relevamiento	m²/m²	0.000	EQ	0.000	Costo unitario directo por m²		1.704.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Porcentaje	
	Materia de Ocio						
110 010001	OPERARIO	hr	1.000	0.000	20.20	20.10	20.10
110 010004	OPCAL	hr	1.000	0.000	20.00	19.90	19.90
110 010005	PCAL	hr	1.000	0.000	19.00	18.90	18.90
	Materiales						
200 020001	GRANITICANCHA	m²		17.000	30.00	510.00	510.00
200 0200 0000	CLAVES PARA ANCLAR CON OMBRA 2X 2	kg		2.000	0.00	0.00	0.00
200 0200 0002	PIEDRA OMBRADA 10"	m³		0.000	30.00	0.00	0.00
210 030001	CEMENTO PORTLAND TPO I (40) kg	kg		1.000	27.00	27.00	27.00
21 900001	WIRRO REANCLAR	m³		10.000	0.00	0.00	0.00
22 910001	GRASA TORRELLÉ	kg		10.000	0.00	0.00	0.00
	Equipos						
22 910000	HERRAMIENTO MANUALES	hora		1.000	50.10	10.10	10.10
Item	01.04	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DE OBRA					
Relevamiento	g/m²	0.000	EQ	0.000	Costo unitario directo por g/m²		1.700.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Porcentaje	
	Materiales						
200 0200 00	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD EN OBRA	g/m²		1.000	1.700.00	100.00	1.700.00
Item	01.05	SE MANTENIMIENTO Y SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO					
Relevamiento	m²/m²	0.000	EQ	0.000	Costo unitario directo por m²		2.000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Porcentaje	
	Subcontratos						
2400 0001	SE MANTENIMIENTO Y SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO	hr		1.000	2.000.00	100.00	2.000.00

Fecha	PUBLICIDAD		CANTON ARAUCA EN CAJONTE - arábica		Cantón		Cantón	
Revisión	MON	USD 200	CL 100.000		Cantón		Cantón	
Código	Descripción Recursos		Unidad	Cantidad	Caridad	Preco \$	Preco \$	
	Materiales							
0011000	OPAFALZ		m	3000	3000	3,46	3,00	
0011000	OPBAND		m	3000	3000	3,20	3,20	
0011000	OPCAL		m	3000	3000	3,10	3,10	
0011000	PCN		m	3000	3000	3,50	3,50	
								12,20
								30,00
0010000	WELLA ARAUCA		ca	200	200	30,00	30,00	
								30,00
								1,20
0011000	HERRAMIENTAS MANUALES		Unid	1000	1000	47,20	47,20	
0010000000	WELLA ARAUCA ALTOPREPARADO 10 - X/m		m	1000	1000	31,20	31,20	
0010000000	WELLA ARAUCA 10/15/m		m	1000	1000	31,20	31,20	
0010000000	PARAFINADO 2000 DOLAR 8 HP 10/15		m	1000	1000	30,10	30,10	
								7,20

Fecha	PUBLICIDAD		PINTURA DEL PAVIMENTO (continua)		Cantón		Cantón	
Revisión	MON	USD 50.000	CL 50.000		Cantón		Cantón	
Código	Descripción Recursos		Unidad	Cantidad	Caridad	Preco \$	Preco \$	
	Materiales							
0011000	OPBAND		m	1000	1000	3,20	3,20	
0011000	OPCAL		m	1000	1000	3,40	3,40	
0011000	PCN		m	4000	4000	3,50	3,50	
								30,00
0000010	PINTURA DE TRAFICO		gal	1000	1000	16,50	16,50	
0000010	DOCUMENTO PARA PINTURA TRAFICO		gal	1000	1000	13,00	13,00	
								29,50
								3,00
0011000	HERRAMIENTAS MANUALES		Unid	1000	1000	23,00	23,00	
0010000000	WELLA ARAUCA 10/15/m		m	1000	1000	23,00	23,00	
								3,00

Fecha	PUBLICIDAD		PINTURA DEL PAVIMENTO (semaforización - Bando)		Cantón		Cantón	
Revisión	MON	USD 50.000	CL 50.000		Cantón		Cantón	
Código	Descripción Recursos		Unidad	Cantidad	Caridad	Preco \$	Preco \$	
	Materiales							
0011000	OPBAND		m	1000	1000	3,20	3,20	
0011000	OPCAL		m	4000	4000	3,50	3,50	
								13,70
0000010	PINTURA DE TRAFICO		gal	1000	1000	16,50	16,50	
0000010	DOCUMENTO PARA PINTURA TRAFICO		gal	1000	1000	13,00	13,00	
								1,20
								3,00
0011000	HERRAMIENTAS MANUALES		Unid	1000	1000	23,00	23,00	
0010000000	WELLA ARAUCA 10/15/m		m	1000	1000	23,00	23,00	
								3,00

Fecha	PUBLICIDAD		PINTURA DEL PAVIMENTO (semaforización - Bando)		Cantón		Cantón	
Revisión	MON	USD 50.000	CL 50.000		Cantón		Cantón	
Código	Descripción Recursos		Unidad	Cantidad	Caridad	Preco \$	Preco \$	
	Materiales							
0011000	OPBAND		m	1000	1000	3,20	3,20	
0011000	OPCAL		m	1000	1000	3,50	3,50	
0011000	PCN		m	4000	4000	3,50	3,50	
								13,20
0000010	PINTURA DE TRAFICO		gal	1000	1000	16,50	16,50	
0000010	DOCUMENTO PARA PINTURA TRAFICO		gal	1000	1000	13,00	13,00	
								1,20
								3,00
0011000	HERRAMIENTAS MANUALES		Unid	1000	1000	23,00	23,00	
0010000000	WELLA ARAUCA 10/15/m		m	1000	1000	23,00	23,00	
								3,00

ANEXO N. Análisis de precios unitarios de pavimento flexible de la segunda vía de estudio

Figura 56

Análisis de precios unitarios del pavimento flexible de la avenida José Olaya

Análisis de precios unitarios								
Proyecto	110101 PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN OPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUBANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022							
Código recurso	000 PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA JOSÉ OLAYA						NEW PRECIOS	03.06.2022
Partida	41.01	MOVILIZACIÓN Y DEMOVILIZACIÓN DE EQUIPO						
Requisitos	UB-DIA	US. 1.000	EQ. 1.000			Costo unitario directo por UB	2.340,00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$1.	Partida \$1.		
01010100001	MANO DE OBRAS OPERADOR DE EQUIPO PASADIZO	hr	8.000	8.000	27,50	220,00	16,10	
							16,10	
020100010001	EQUIPOS CAMION PLATAFORMA EQUIPO 1	hr	1.000	1.000	170,40	170,40	270,40	
Partida	01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDARÍA						
Requisitos	MS-DIA	US. 1.000	EQ. 1.000			Costo unitario directo por MS	2.000,00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$1.	Partida \$1.		
01020001	MANO DE OBRAS ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACÉN Y GUARDARÍA	MS		1.000	2.000,00	2.000,00	2.000,00	
Partida	01.03	CARTEL DE OBRA						
Requisitos	UNIDAD	US. 1.000	EQ. 1.000			Costo unitario directo por UNIDAD	1.321,41	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$1.	Partida \$1.		
01030001	MANO DE OBRAS OPERARIO	hr	1.000	8.000	20,00	160,00	20,70	
01030002	OFICIAL	hr	1.000	8.000	20,00	160,00	19,40	
01030003	PEÓN	hr	1.000	8.000	18,40	147,20	18,20	
							18,20	
02010001	MATERIALES BARRIDO	MS		1.000	30,00	30,00	30,00	
020410010001	CLAVES PARA HAZERA CON CABEZA DE C	kg		1.000	8,00	8,00	8,00	
020700010001	PIEDRA CHACALISA 1/2	MS		1.000	21,30	21,30	21,30	
02101001	CEMENTO PORTLAND TPO 140 kg	kg		1.000	27,00	27,00	27,00	
02140001	PERNO HEXAGONAL	un		8.000	3,00	24,00	4,00	
02151001	HAZERA TORILLO	kg		7.000	6,60	46,20	47,20	
							47,20	
02010001	MATERIALES HERRAMIENTAS MANUALES	MS		1.000	60,70	60,70	60,70	
Partida	01.04	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DE OBRA						
Requisitos	UB-DIA	US. 1.000	EQ. 1.000			Costo unitario directo por UB	1.700,00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$1.	Partida \$1.		
02010001	MATERIALES SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DE OBRA	UB		1.000	1.700,00	1.700,00	1.700,00	
Partida	01.05	SE MANTEENIMIENTO Y SERVICIO DE TRÁNSITO						
Requisitos	MS-DIA	US. 1.000	EQ. 1.000			Costo unitario directo por MS	2.000,00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$1.	Partida \$1.		
04020001	MATERIALES SE MANTEENIMIENTO Y SERVICIO DE TRÁNSITO	MS		1.000	2.000,00	2.000,00	2.000,00	

ITEM 01							
TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA							
Subítema	WDSM	MSM	CJ	MSM	Costo unitario (Peso por m ²)	891	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Peso S.	Porcentaje	
01010001	OPERAÑO	m ²	1.000	0.000	20.2	0.0	
01010002	PCN	m ²	1.000	0.000	19.9	0.0	
Materiales							
01010001001	100 BOLSA 25 kg	bol		0.000	14.3	0.0	
01010001	CEMENTO PORTLAND	bol		0.000	1.0	0.0	
Equipos							
01010001001	MVD	hr		0.000	1.0	0.0	
01010002	OPERACION TOTAL	hr		0.000	4.0	0.0	
01010002	HORRERÍA MANUALES	hr		0.000	1.0	0.0	
8.28							
ITEM 02							
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE C/ESCALA							
Subítema	WDSM	MSM	CJ	MSM	Costo unitario (Peso por m ²)	1.78	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Peso S.	Porcentaje	
01010001	OPERAÑO	m ²	0.100	0.000	2.06	0.1	
01010002	OPERAÑO	m ²	1.000	0.000	20.2	1.0	
01010003	PCN	m ²	1.000	0.000	19.6	1.0	
Equipos							
01010002	HORRERÍA MANUALES	hr		0.000	1.0	0.0	
01010002	TRACCION DE ORUGA	hr		1.000	0.000	02.04	0.0
8.31							
ITEM 03							
SUMINISTRO DE MATERIAL RECORTADO C/ANCLAJE							
Subítema	WDSM	MSM	CJ	MSM	Costo unitario (Peso por m ²)	21.97	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Peso S.	Porcentaje	
01010001	OPERAÑO	m ²	0.100	0.000	2.06	0.0	
01010002	OPERAÑO	m ²	1.000	0.000	20.2	1.0	
Equipos							
01010002	HORRERÍA MANUALES	hr		0.000	1.0	0.0	
01010001001	OPERACION SOBRE LUMINARIA DE 15-18 W/3 p/0	hr		1.000	0.000	07.08	0.0
01010001002	CARON/COSTERA 300 g (AGUA)	bol		2.000	0.000	30.1	0.0
8.38							
ITEM 04							
RELACION DE LA SUBRASANTE C/MAQUINA							
Subítema	WDSM	MSM	CJ	MSM	Costo unitario (Peso por m ²)	4.01	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Peso S.	Porcentaje	
01010001	OPERAÑO	m ²	0.100	0.000	2.06	0.0	
01010002	OPERAÑO	m ²	1.000	0.000	20.2	0.0	
01010003	PCN	m ²	4.000	0.000	10.0	0.0	
Equipos							
01010002	HORRERÍA MANUALES	hr		0.000	1.0	0.0	
01010001001	REBOLLO 1000 WATT/220V/1.5 hp	hr		1.000	0.000	02.0	0.0
01010001001	REFORMACION 100-10 HP	hr		1.000	0.000	07.08	0.0
01010001002	CARON/COSTERA 300 g (AGUA)	bol		1.000	0.000	02.0	0.0
8.43							
ITEM 05							
SUBBASE SPINULAR C/12cm							
Subítema	WDSM	MSM	CJ	MSM	Costo unitario (Peso por m ²)	4.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Peso S.	Porcentaje	
01010001	OPERAÑO	m ²	1.000	0.000	20.2	0.0	
01010002	PCN	m ²	4.000	0.000	10.0	0.0	
Materiales							
01010001001	MATERIAL GRANULAR PARA SUBBASE	m ³		0.000	0.0	0.0	
Equipos							
01010002	HORRERÍA MANUALES	hr		0.000	1.0	0.0	
01010001001	REBOLLO 1000 WATT/220V/1.5 hp	hr		1.000	0.000	02.0	0.0
01010001001	REFORMACION 100-10 HP	hr		1.000	0.000	07.08	0.0
01010002	CARON/COSTERA 300 g (AGUA)	bol		1.000	0.000	02.0	0.0
8.48							

Fecha		0 00 00 00		BASE GRANULAR #0-20m					
Actividad	#DIA	NO. DIA	CC. NO. DIA	Cantidades (metros por m2)		14.25			
Código	Descripción Recurso	Unidad		Cantidad	Costo	Precio \$	Porcentaje		
		Metro de Base							
10101001	OPERARIO	m		1.000	0.000	35.22	0.00		
10101002	PCN	m		4.000	0.000	14.00	0.00		
								4.00	
2010001002	MATERIAL GRANULAR #0-20m	m2		1.000	0.000	35.00	0.00		
								35.00	
20101000	HERRAMIENTAS MANUALES	Sum		1.000	0.000	3.00	0.00		
2011000002	RODILLO MANUFORMA AUTOPROPELSADO 7.5 m	m		1.000	0.000	50.00	1.00		
201200010001	MOTOBOMBAS DE 10 HP	m		1.000	0.000	174.00	1.00		
20122001	CAMION CISTERNA 200 y 300L	m		1.000	0.000	94.99	1.00		
								4.00	
Fecha		0 00 00 00		BARRIO DE BASE PARA ASPHALTACION					
Actividad	#DIA	1.000.000	CC. 1.000.000	Cantidades (metros por m2)		5.42			
Código	Descripción Recurso	Unidad		Cantidad	Costo	Precio \$	Porcentaje		
		Metro de Base							
10101001	OPERARIO	m		1.000	0.000	35.00	0.00		
10101002	PCN	m		4.000	0.000	14.00	0.00		
								4.00	
20100001	BASE DE ASPHALTICA	m2		1.000	0.000	14.91	0.00		
								14.91	
20101000	HERRAMIENTAS MANUALES	Sum		1.000	0.000	3.00	0.00		
201200010001	CAMION BOMBAS (175)	m		1.000	0.000	161.11	1.00		
2013000002	CORCHA DE ASFALTO (20g)	m		1.000	0.000	165.00	1.00		
								1.00	
Fecha		0 00 00 00		ASPHALTACION					
Actividad	#DIA	1.000.000	CC. 1.000.000	Cantidades (metros por m2)		5.42			
Código	Descripción Recurso	Unidad		Cantidad	Costo	Precio \$	Porcentaje		
		Metro de Base							
10101001	OPERARIO	m		1.000	0.000	35.00	0.00		
10101002	PCN	m		4.000	0.000	14.00	0.00		
								4.00	
20100001	BASE DE ASPHALTICA	m2		1.000	0.000	14.91	0.00		
								14.91	
20101000	HERRAMIENTAS MANUALES	Sum		1.000	0.000	3.00	0.00		
201200010001	CAMION BOMBAS (175)	m		1.000	0.000	161.11	1.00		
2013000002	CORCHA DE ASFALTO (20g)	m		1.000	0.000	165.00	1.00		
								1.00	
Fecha		0 00 00 00		CAMBIO ASPHALTICA EN CALIENTE #0-20m					
Actividad	#DIA	1.000.000	CC. 1.000.000	Cantidades (metros por m2)		28.42			
Código	Descripción Recurso	Unidad		Cantidad	Costo	Precio \$	Porcentaje		
		Metro de Base							
10101001	OPERARIO	m		0.000	0.000	35.40	0.00		
10101002	OPERARIO	m		1.000	0.000	35.22	0.00		
10101004	OPERARIO	m		1.000	0.000	35.40	0.00		
10101005	PCN	m		4.000	0.000	14.00	0.00		
								1.00	
20100001	MEZCLA ASPHALTICA	m2		1.000	0.000	28.00	0.00		
								28.00	
20101000	HERRAMIENTAS MANUALES	Sum		1.000	0.000	1.00	0.00		
2011000001	RODILLO MANUFORMA AUTOPROPELSADO 1.5 - 20m	m		1.000	0.000	47.00	1.00		
2011000001	RODILLO MANUFORMA 1.5 - 10 m	m		1.000	0.000	91.20	1.00		
2013000002	PANDETERA SOBRE ORUGA 10 HP 15.0	m		1.000	0.000	81.10	1.00		
								1.00	

Item		M.B.O. 2017-18		PRECIO DEL PAVIMENTO (asfalto)			
Reclutamiento	m2DA	31.000	EQ. 31.000	Costo unitario (hectó por m2)		41,88	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Precio E	
Materia Prima							
01 01 002	OPORACO	m	1.000	0.222	35,21	5,01	
01 01 004	OPCAL	m	1.000	0.222	30,40	4,58	
01 01 005	PECH	m	4.000	0.889	19,65	16,59	
28,99							
Materiales							
0402001	PISTURA DE TRAFICO	gal		0,100	16,50	1,58	
0403001	DISOLVENTE PARA PINTURA TRAFICO	gal		0,000	45,50	1,31	
12,89							
Equipos							
02 01 000	HERRAMIENTAS MANUALES	Un		3,000	30,00	0,01	
02 14002002	BROCHA DE NYLON DE 7	und		0,000	23,00	0,01	
0,02							

Item		M.B.O. 2017-18		PRECIO DEL PAVIMENTO (seas discontinuas -blanco)			
Reclutamiento	m2DA	121.000	EQ. 121.000	Costo unitario (hectó por m2)		7,98	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Precio E	
Materia Prima							
01 01 002	OPORACO	m	1.000	0,040	35,21	1,39	
01 01 005	PECH	m	4.000	0,250	19,65	4,71	
6,10							
Materiales							
0402001	PISTURA DE TRAFICO	gal		0,010	16,50	1,51	
0403001	DISOLVENTE PARA PINTURA TRAFICO	gal		0,000	45,50	0,11	
1,28							
Equipos							
02 01 000	HERRAMIENTAS MANUALES	Un		3,000	6,45	0,11	
02 14002002	BROCHA DE NYLON DE 7	und		0,000	23,00	0,01	
0,21							

Item		M.B.O. 2017-18		PRECIO DEL PAVIMENTO (seas continuas -blanco)			
Reclutamiento	m2DA	151.000	EQ. 151.000	Costo unitario (hectó por m2)		9,08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio \$	Precio E	
Materia Prima							
01 01 002	OPORACO	m	1.000	0,000	35,21	1,40	
01 01 004	OPCAL	m	1.000	0,000	30,40	1,11	
01 01 005	PECH	m	4.000	0,010	19,65	0,24	
2,75							
Materiales							
0402001	PISTURA DE TRAFICO	gal		0,010	16,50	1,51	
0403001	DISOLVENTE PARA PINTURA TRAFICO	gal		0,000	45,50	0,11	
1,28							
Equipos							
02 01 000	HERRAMIENTAS MANUALES	Un		3,000	6,45	0,11	
02 14002002	BROCHA DE NYLON DE 7	und		0,000	23,00	0,04	
0,21							

ANEXO O. Resultados del análisis de datos de cada daño encontrado hasta obtener el valor deducido de cada calle o pasaje en la sección V

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	UM	COD. DAÑO	DAÑO	COD. SEVERIDAD	SEVERIDAD	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Pasaje El Porvenir	1	1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	43.15%	50
	Calle El Porvenir	2	1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	61
			2	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	61
			19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	H	ALTA	0.09%	5	
			19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M	MEDIA	1.77%	10	
			13	HUECOS	H	ALTA	0.43%	46	
			1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	64.56%	71	
			13	HUECOS	H	ALTA	0.43%	37	
			3	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	M	MEDIA	3.91%	25
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	76.88%	74
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	71.73%	67
			5	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	0.44%	24
	Calle José La Mar	3	7	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	4.13%	55
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	76.88%	88
			4	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	6.99%	66
			9	2	EXUDACIÓN	H	ALTA	0.58%	4
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	76.88%	88
			11	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	10.16%	89
			4	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	0.27%	15
			13	11	PARCHEO	M	MEDIA	1.42%	12
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	76.88%	90
			15	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	76.88%	90
	Calle José De Sucre	4	17	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	76.88%	74
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			5	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			7	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
13			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	

			15	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			17	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
	Calle Santa Ana	5	2	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			1	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	H	ALTA	3.77%	27
			1	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M	MEDIA	2.80%	11
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	39.49%	79
			1	11	PARCHEO	M	MEDIA	1.55%	12
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	39.08%	64
			3	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	39.08%	79
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	39.08%	64
			5	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	39.08%	79
			7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	39.08%	64
	Avenida José Olaya	6	7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	39.08%	79
			9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	39.08%	64
			9	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	M	MEDIA	1.29%	14
			9	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	26.94%	74
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	39.08%	64
			11	4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	H	ALTA	3.26%	52
			11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	34.08%	77
			13	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	78.16%	74
			15	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	78.16%	74
			17	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	78.16%	74
	Psje. Santa Rosa	7	1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
	Psje. Santa Rosa II	8	2	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			9	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
	Calle Abelardo Quiñones	9	11	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	53.02%	53
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	32.70%	62
			13	1	PIEL DE COCODRILO	L	MEDIA	100.00%	61
			15	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			17	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
	Pasejo Los Sauces	10	2	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61

Sección V de las 11 vías en sentido vertical	Calle G	11	3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			3	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			5	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			9	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92

ANEXO P. Resultados del análisis de datos de cada daño encontrado hasta obtener el valor deducido de cada calle o pasaje en la sección H

SECCIÓN	CALLE / PASAJE	Grupo U-M	UM	COD. DAÑO	DAÑO	COD. SEVERIDAD	SEVERIDAD	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Santa Catalina	12	1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			9	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			13	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			15	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
	Calle San Andrés	13	1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			13	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
	Calle Santa Rosa	14	15	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			5	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			7	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			9	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
11			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
13			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
Calle San Francisco	15	15	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	88.98%	60	
		1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
		3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
		5	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
			7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77

		11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92	
		13	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
		15	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
		1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77	
		3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77	
		5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77	
		7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77	
	Calle San Pedro	16	9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	13	HUECOS	H	ALTA	1.25%	55
			11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			13	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			15	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			1	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
	Calle San Martín	17	9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			13	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			13	1	HUECOS	H	ALTA	0.81%	48
			15	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
	Calle Crolungo	18	9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			13	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			15	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			3	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			7	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
	Calle Ciro Alegría	19	9	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			11	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			13	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			15	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			1	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	92.43%	76
			3	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
	Calle César Vallejo	20	5	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			5	11	PARCHEO	M	MEDIA	1.62%	13
			7	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92

			9	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			11	1	PIEL DE COCODRILO	H	ALTA	100.00%	92
			13	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			15	1	PIEL DE COCODRILO	M	MEDIA	100.00%	77
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			2	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
Sección H de las 12 vías en sentido horizontal	Calle Las Dunas I	21	3	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			4	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			5	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			1	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
			2	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
	Calle Las Dunas II	22	2	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
3			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
1			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
3			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
5			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
	Calle Salaverry	23	7	1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61
9			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	
11			1	PIEL DE COCODRILO	L	BAJA	100.00%	61	

ANEXO Q. Paneles fotográficos de la exploración de calicatas en las calles Luis Alberto

Sánchez y José Olaya

Figura 57

Paneles fotográficos de la exploración de calicatas C-1 y C-2 en la calle Luis Alberto Sánchez



Nota. Se muestra la exploración de calicatas C-1 y C-2 en la calle Luis Alberto Sánchez.

Figura 58

Panel fotográfico de la exploración de calicata C-3 en la calle Luis Alberto Sánchez



Nota. Se muestra la exploración de calicata C-3 en la calle Luis Alberto Sánchez.

Figura 59

Panel fotográfico de la exploración de calicata C-4 en la avenida José Olaya



Nota. Se muestra la exploración de calicata C-4 en la avenida José Olaya.

Figura 60

Paneles fotográficos de la exploración de calicata C-5 y C-6 en la avenida José Olava



Nota. Se muestra la exploración de calicatas C-5 y C-6 en la avenida José Olava.

ANEXO R. Paneles fotográficos del conteo vehicular**Figura 61**

Paneles fotográficos del conteo vehicular E-01 y E-02 en la calle Luis Alberto Sánchez



Nota. Se muestra el conteo vehicular E-01 en la intersección de las calles Luis Alberto Sánchez y San Martín (lado izquierdo) y el conteo vehicular E-02 en la intersección de las calles Luis Alberto Sánchez y San Andrés (lado derecho).

Figura 62

Panel fotográfico del conteo vehicular E-03 en la avenida José Olaya



Nota. Se muestra el conteo vehicular E-03 en la intersección de la avenida José Olaya y la calle San Martín.

Figura 63

Paneles fotográficos del conteo vehicular E-04 (ambos sentidos) en la avenida José Olaya



Nota. Se muestra el conteo vehicular E-04 en la intersección de la avenida José Olaya y la calle San Andrés en ambos sentidos.

ANEXO S. Anexo fotográfico de los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos.**Figura 64**

Las muestras obtenidas de las calcatas en el ensayo de Contenido de Humedad



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Contenido de Humedad en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 65

Procedimiento del ensayo de Granulometría por Tamizado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Granulometría por Tamizado en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 66

Procedimiento del cuarteo en el ensayo de Límites de consistencia



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Límites de consistencia o Atterberg en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 67

Procedimiento de la curación de las muestras en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Límites de consistencia o Atterberg en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 68

Procedimiento de la colocación de las muestras en la copa de Casagrande en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Límites de consistencia o Atterberg en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 69

Procedimiento de la división con un rotulador en el medio de la copa de Casagrande en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Límites de consistencia o Atterberg en el laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 70

Verificación del procedimiento de la primera prueba fue de 14 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra la comprobación de la primera prueba de 14 golpes para Límite Líquido en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.

Figura 71

Verificación del procedimiento de la segunda prueba fue de 14 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra la comprobación de la segunda prueba de 14 golpes para Límite Líquido en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.

Figura 72

Verificación del procedimiento de la tercera prueba fue de 12 golpes en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra la comprobación de la tercera prueba de 12 golpes para Límite Líquido en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg.

Figura 73

Verificación de las rupturas antes de llegar a los 3 mm (1/8") en el ensayo de Límites de consistencia o Atterberg



Nota. Se muestra la comprobación de las rupturas antes de llegar a los 3 mm (1/8") en las pruebas, lo que demuestra que no presentan Límite Plástico e Índice de Plasticidad en los ensayos de Límites de consistencia o Atterberg.

Figura 74

Procedimiento del tamizado que se emplea según el método en el ensayo del Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 75

Procedimiento de obtener el peso y mediciones del molde que exige el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 76

Procedimiento de la mezcla de la muestra con el porcentaje de agua destilada en el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 77

Procedimiento de la división de 5 capas para la compactación de las muestras en el molde del ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 78

Procedimiento de la compactación en 5 capas dentro del molde para las muestras en el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 79

Procedimiento de la última compactación y enrasado sin el collarín del molde para las muestras en el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 80

Procedimiento de obtener el peso de la muestra y el molde en el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 81

Procedimiento de obtener la muestra del medio luego de la última compactación y el peso del molde con muestra obtenida en el ensayo de Proctor modificado



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de Proctor modificado.

Figura 82

Procedimiento del peso del molde con muestra en el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR.

Figura 83

Procedimiento del peso de molde y las mediciones del molde que exige el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR.

Figura 84

Procedimiento de colocación del papel filtro sobre el disco espaciador dentro del molde en el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR.

Figura 85

Procedimiento de la compactación de las 5 capas dentro del molde en el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR.

Figura 86

Procedimiento de retiro del collarín y enrasado del molde en el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR.

Figura 87

Procedimiento del peso del molde con la muestra compactada sin el recipiente y collarín en el ensayo CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento del ensayo de CBR antes de sumergirlo el molde con la muestra compactada dentro de un recipiente con agua.

Figura 88

Procedimiento del peso de obtener una parte de la muestra compactada para obtener el contenido de humedad en el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento luego del peso del molde con la muestra compactada, se extrae una proporción de muestra para obtener el contenido de humedad en el ensayo de CBR.

Figura 89

Procedimiento para calibrar el tripode dial encima de la placa perforada con vástago con sobrecargas antes de sumergirlo en agua para el ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento para calibrar el tripode dial de la placa perforada con vástago con sobrecargas antes de sumergirlo en agua, este procedimiento es el ensayo de penetración que forma parte del ensayo de CBR.

Figura 90

Procedimiento del ensayo de penetración que se sumerge el molde con la muestra compactada, forma parte del ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento de la colocación del tripode dial encima de la placa perforada con vástago con sobrecargas para sumergirlo el molde con la muestra compactada dentro del recipiente con agua en el ensayo de CBR.

Figura 91

Procedimiento de obtener el peso de la extracción de la muestra compactada luego de 96 horas sumergida en agua del ensayo de CBR



Nota. Se muestra parte del procedimiento de obtener el peso de la extracción de la muestra compactada luego de 96 horas, la cual el molde fue sumergido en el agua, este procedimiento forma parte del ensayo de CBR.

ANEXO T. Paneles fotográficos del levantamiento topográfico de las 2 vías**Figura 92**

Panel fotográfico de la calle Luis Alberto Sánchez



Nota. Se muestra el procedimiento del levantamiento topográfico en campo de la calle Luis Alberto Sánchez.

Figura 93

Panel fotográfico de la avenida José Olaya



Nota. Se muestra el procedimiento del levantamiento topográfico en campo de la avenida José Olaya.

ANEXO U. Paneles fotográficos de la situación actual de las calles y/o pasajes del Asentamiento Humano Alto Salaverry

Figura 94

Paneles fotográficos de la situación actual de las calles y avenida de la sección V de las 11 vías en sentido vertical



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 3)



Descripción: Se observa la situación actual de la calle José La Mar (UM 7 y UM 11 respectivamente) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 4)



Descripción: Se observa la situación actual de la calle José De Sucre (UM 7 y UM 9 respectivamente) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 5)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Santa Ana (UM 1, UM 2 y UM 3 respectivamente) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 6)

Descripción: Se observa la situación actual de la avenida José Olaya, tanto para el lado izquierdo y derecho, y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 7)



Descripción: Se observa la situación actual del pasaje Santa Rosa (UM 1) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 8)



Descripción: Se observa la situación actual del pasaje Santa Rosa II (UM 1, UM 2 y UM 3 respectivamente) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 9)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Abelardo Quiñones (UM 1, 3, 5, 7, 9 y 11) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 9)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Abelardo Quiñones (UM 13, 15 y 17) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 10)



Descripción: Se observa la situación actual del pasaje Los Sauces (UM 1, UM 2 y UM 3 respectivamente) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 11)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle G (entre la carretera Panamericana Norte y la calle San Martín) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



Figura 95

1
Paneles fotográficos de la situación actual de las calles y pasajes de la sección H de 12 vías en sentido horizontal



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 13)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle San Andrés (UM 5 y 7) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 14)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Santa Rosa (UM 1, 3, 5 y 7) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 15)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle San Francisco (UM 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 16)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle San Pedro (UM 1, 5, 9 y 13) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

**PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 17)**

Descripción: Se observa la situación actual de la calle San Martín (UM 11 y 13) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 18)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Crolungo (UM 1 y 13) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

**PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 19)**

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Ciro Alegria (UM 1, 3, 5 y 7) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 20)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle César Vallejo (UM 1 y 15) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.

**PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 21)**

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Las Dunas I (UM 1, 2, 3 y 5) y la toma de mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 22)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Las Dunas II (UM 2 y 3) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



PANEL FOTOGRÁFICO (G U-M 23)

Descripción: Se observa la situación actual de la calle Salaverry (UM 1, 5, 9 y 11) y las mediciones para la hoja de registro formato del método PCI.



Trujillo, 21 de octubre del 2022

RESOLUCIÓN N° 2041-2022-FI/UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado **"PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022"**, del Bachiller: **CLEMENTE VICTOR RAUL RODRIGUEZ URQUIAGA**, del Programa de Estudio de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: Ing. **PAUL HENRIQUEZ ULLOA**, Presidente; Ing. **GILBERTO VELASQUEZ DIAZ**, Secretario; Ing. **MARCELO MERINO MARTINEZ**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme, y;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a este Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: **APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por el Bachiller: **CLEMENTE VICTOR RAUL RODRIGUEZ URQUIAGA**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: **APROBAR** y **DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: **"PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022"**.

TERCERO: **COMUNICAR** al Bachiller que tiene un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.


Dr. Ángel Alanoca Quenta
DECANO

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil
Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis
Fecha : Trujillo, 16 de junio del 2023.

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 2041-2022-FI-UPAO**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada: "Propuesta viable de diseño estructural para la pavimentación óptima en el Asentamiento Humano Abo Salaverry, Trujillo, 2022" del Bachiller Rodríguez Urquiga, Clemente Víctor Raut, cumpla con informar sobre el asesoramiento realizado, detallando lo siguiente:

La presente Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, así mismo informo que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Adjunto:

- Reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin y firmado por el suscrito, que no supera el 20%.

Atentamente,



Ing. VARGAS LOPEZ, SEGUNDO ALFREDO
Docente Asesor
Reg. Cp: 18887



FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

FORMATO: Permiso para el Uso de Laboratorio de Bachilleres

SOLICITO: PERMISO PARA USO DE LABORATORIOS

Señor Ms.

JORGE ANTONIO VEGA BENITES
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Mediante el presente, Clemente V. de Paul Rodríguez Ugaz con ID: 70280231 y
con ID, bachiller del Programa
de Estudio de Ingeniería Civil, ante usted nos presentamos y exponemos.

Que, habiendo sido aprobado nuestro Proyecto de Tesis con RESOLUCIÓN N° 2091 -2022-FI-
UPAO y siendo necesario el uso de laboratorio, se solicita el permiso para el ingreso al laboratorio
de mecánica de suelos II y laboratorio a fin de hacer uso de los equipos para el desarrollo de nuestra
tesis, titulada:

PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL
ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

Sin otro particular y en espera de una respuesta favorable reitero a usted mis cordiales saludos.

Trujillo, 26 de Octubre del 2022


Br. Clemente V. de Paul Rodríguez Ugaz
DNI: 70280231
Email: vitorodriguez1995@gmail.com
Celular: 949154452

Adjuntar:
Resolución de inscripción del Proyecto de Tesis



UPAO
Av. América Sur 3145 Miraflores
Teléfono (+51) (094) 609994
whatsapp: 0942
Trujillo - Perú

PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2 Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

2%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Activo



PROPUESTA VIABLE DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA PAVIMENTACIÓN ÓPTIMA EN EL ASENTAMIENTO HUMANO ALTO SALAVERRY, TRUJILLO, 2022

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

/0

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

PÁGINA 22

PÁGINA 23

PÁGINA 24

PÁGINA 25

PÁGINA 26

PÁGINA 27

PÁGINA 28

PÁGINA 29

PÁGINA 30

PÁGINA 31

PÁGINA 32

PÁGINA 33

PÁGINA 34

PÁGINA 35

PÁGINA 36

PÁGINA 37

PÁGINA 38

PÁGINA 39

PÁGINA 40

PÁGINA 41

PÁGINA 42

PÁGINA 43

PÁGINA 44

PÁGINA 45

PÁGINA 46

PÁGINA 47

PÁGINA 48

PÁGINA 49

PÁGINA 50

PÁGINA 51

PÁGINA 52

PÁGINA 53

PÁGINA 54

PÁGINA 55

PÁGINA 56

PÁGINA 57

PÁGINA 58

PÁGINA 59

PÁGINA 60

PÁGINA 61

PÁGINA 62

PÁGINA 63

PÁGINA 64

PÁGINA 65

PÁGINA 66

PÁGINA 67

PÁGINA 68

PÁGINA 69

PÁGINA 70

PÁGINA 71

PÁGINA 72

PÁGINA 73

PÁGINA 74

PÁGINA 75

PÁGINA 76

PÁGINA 77

PÁGINA 78

PÁGINA 79

PÁGINA 80

PÁGINA 81

PÁGINA 82

PÁGINA 83

PÁGINA 84

PÁGINA 85

PÁGINA 86

PÁGINA 87

PÁGINA 88

PÁGINA 89

PÁGINA 90

PÁGINA 91

PÁGINA 92

PÁGINA 93

PÁGINA 94

PÁGINA 95

PÁGINA 96

PÁGINA 97

PÁGINA 98

PÁGINA 99

PÁGINA 100

PÁGINA 101

PÁGINA 102

PÁGINA 103

PÁGINA 104

PÁGINA 105

PÁGINA 106

PÁGINA 107

PÁGINA 108

PÁGINA 109

PÁGINA 110

PÁGINA 111

PÁGINA 112

PÁGINA 113

PÁGINA 114

PÁGINA 115

PÁGINA 116

PÁGINA 117

PÁGINA 118

PÁGINA 119

PÁGINA 120

PÁGINA 121

PÁGINA 122

PÁGINA 123

PÁGINA 124

PÁGINA 125

PÁGINA 126

PÁGINA 127

PÁGINA 128

PÁGINA 129

PÁGINA 130

PÁGINA 131

PÁGINA 132

PÁGINA 133

PÁGINA 134

PÁGINA 135

PÁGINA 136

PÁGINA 137

PÁGINA 138

PÁGINA 139

PÁGINA 140

PÁGINA 141

PÁGINA 142

PÁGINA 143

PÁGINA 144

PÁGINA 145

PÁGINA 146

PÁGINA 147

PÁGINA 148

PÁGINA 149

PÁGINA 150

PÁGINA 151

PÁGINA 152

PÁGINA 153

PÁGINA 154

PÁGINA 155

PÁGINA 156

PÁGINA 157

PÁGINA 158

PÁGINA 159

PÁGINA 160

PÁGINA 161

PÁGINA 162

PÁGINA 163

PÁGINA 164

PÁGINA 165

PÁGINA 166

PÁGINA 167

PÁGINA 168

PÁGINA 169

PÁGINA 170

PÁGINA 171

PÁGINA 172

PÁGINA 173

PÁGINA 174

PÁGINA 175

PÁGINA 176

PÁGINA 177

PÁGINA 178

PÁGINA 179

PÁGINA 180

PÁGINA 181

PÁGINA 182

PÁGINA 183

PÁGINA 184

PÁGINA 185

PÁGINA 186

PÁGINA 187

PÁGINA 188

PÁGINA 189

PÁGINA 190

PÁGINA 191

PÁGINA 192

PÁGINA 193

PÁGINA 194

PÁGINA 195

PÁGINA 196

PÁGINA 197

PÁGINA 198

PÁGINA 199

PÁGINA 200

PÁGINA 201

PÁGINA 202

PÁGINA 203

PÁGINA 204

PÁGINA 205

PÁGINA 206

PÁGINA 207

PÁGINA 208

PÁGINA 209

PÁGINA 210

PÁGINA 211

PÁGINA 212

PÁGINA 213

PÁGINA 214

PÁGINA 215

PÁGINA 216

PÁGINA 217

PÁGINA 218

PÁGINA 219

PÁGINA 220

PÁGINA 221

PÁGINA 222

PÁGINA 223

PÁGINA 224

PÁGINA 225

PÁGINA 226

PÁGINA 227

PÁGINA 228

PÁGINA 229

PÁGINA 230

PÁGINA 231

PÁGINA 232

PÁGINA 233

PÁGINA 234

PÁGINA 235

PÁGINA 236

PÁGINA 237

PÁGINA 238

PÁGINA 239

PÁGINA 240

PÁGINA 241

PÁGINA 242

PÁGINA 243

PÁGINA 244

PÁGINA 245

PÁGINA 246

PÁGINA 247

PÁGINA 248

PÁGINA 249

PÁGINA 250

PÁGINA 251

PÁGINA 252

PÁGINA 253

PÁGINA 254

PÁGINA 255

PÁGINA 256

PÁGINA 257

PÁGINA 258

PÁGINA 259

PÁGINA 260

PÁGINA 261
