



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE
RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL
TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO -
PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Autor: Andrés Fernando Sánchez Núñez

Tutor: Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Enero – 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Andrés Fernando Sánchez Núñez, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180518543-4, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2023



Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Andrés Fernando Sánchez Núñez, con C.I. 180518543-4, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato. enero 2023



Andrés Fernando Sánchez Núñez

C.I. 1805185434

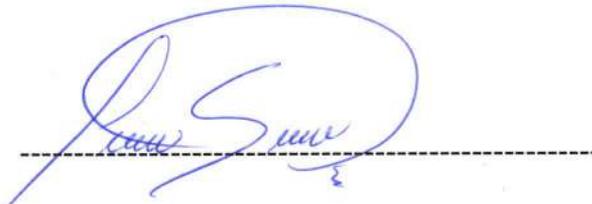
AUTOR

DERECHO DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2023



Andrés Fernando Sánchez Núñez

C.I. 1805185434

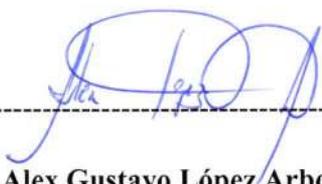
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Andrés Fernando Sánchez Núñez de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

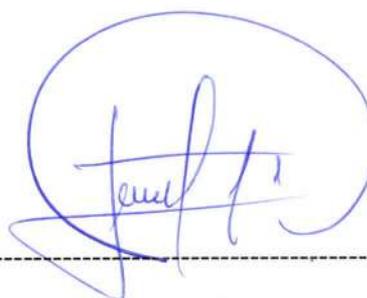
Ambato, enero 2023

Para constancia firman:



Ing. Alex Gustavo López Arboleda, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez, Ph.D.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto técnico lo dedico primero a Dios pues sin Él nada de esto hubiese sido posible, por llenarme de salud y acompañarme en cada paso que he dado en esta grandiosa travesía llamada Universidad.

A mis padres, Fernando y Elsy, que siempre me han apoyado durante toda mi vida, formándome como una persona de bien y por consiguiente un excelente profesional. Su amor y comprensión a pesar de los momentos difíciles por los cuales hemos pasado, hoy dieron como resultado esta gran meta y estoy dichoso de que ustedes sean parte fundamental de ella.

Como mención especial y con todo mi cariño, a mi hermana Sarita, que a pesar de su corta edad es un ejemplo grande de superación y perseverancia, que todo en la vida se puede realizar con esfuerzo y más cuando se tiene a Dios de nuestro lado. Ya quien siempre le deseare lo mejor para su formación personal y profesional.

A mis abuelitos, Hugo; Manuelita; Gonzalo y Nelvita, que supieron darme aliento y consejos cuando más lo necesitaba, siempre pendientes de mí y de mi familia. Cada uno de ustedes fueron parte de mi formación como profesional.

A mi familia, tíos y primos, que me han ayudado con su conocimiento y buenos deseos a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis amigos que a lo largo de la carrera hemos compartido vivencias y conocimientos, además, de ser un apoyo enorme en momentos difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme salud, vida y fuerza para lograr este gran objetivo en mi vida.

A mis padres, Fernando y Elsy, quienes con su gran amor y cariño me han formado con una excelente calidad humana, siempre teniendo en cuenta que más que ser un buen profesional, primero hay que ser buena persona sin distinción alguna. Gracias papitos por su ardua labor y darme todo lo necesario para cumplir con mi sueño. Quiero que sepan que todo su esfuerzo y dedicación han sido aprovechados de la mejor manera posible.

A mi hermana, Sarita, gracias por tu apoyo, por cada risa, broma y sobre todo por tu compañía que me hace tan dichoso de ser tu hermano. Cuán grande es tu fortaleza que ante las difíciles pruebas de la vida sigues luchando. Eres el significado vivo de perseverancia y fortaleza, por tal motivo te considero un ejemplo de vida y por lo cual me propongo ser un buen ejemplo para ti. Gracias “MI SARITA”

A mis abuelitos, quienes me motivaron cada día y en cada momento a perseguir esta meta, gracias a ustedes y sus consejos que guiaron cada uno de mis pasos, dotándome de sus experiencias y procurando no cometer los mismos errores pues creen en mi potencial y no dudaron ni una vez de lo capaz que puedo ser. Dios le pague abuelitos Hugo; Manuelita; Gonzalo y Nelvita.

A mi alma mater la Universidad Técnica de Ambato y a la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, quienes han dotado de todos los recursos para formarme como profesional. A mis docentes con quienes compartí cada una de las etapas dentro de la carrera, que con sus conocimientos me han motivado y ayudado dentro de mi formación académica. Es grato nombrar a mi docente tutor el Ing. Mg, Favio Portilla, quien ayudo en gran manera a la realización de este proyecto técnico.

A mi familia, tíos y primos, sus grandes deseos para conmigo y su ayuda en momentos importantes siempre han tenido gran repercusión en mi vida. Un Dios le pague a cada uno de ustedes.

A mis amigos a los cuales he llegado a considerar hermanos, gracias por compartir conmigo todas esas anécdotas y conocimientos durante estos últimos años.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE GENERAL FIGURAS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO 1	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes de proyecto técnico	1
1.1.1. Justificación.....	3
1.1.2. Fundamentación teórica	4
1.1.2.1. Levantamiento Topográfico	4
1.1.2.2. Vías.....	4
1.1.2.3. Estudios de suelo	7
1.1.2.4. Análisis de capa asfáltica	14
1.1.2.5. El tránsito	16
1.1.2.6. Pavimento	18
1.1.2.7. Evaluación de pavimentos.....	21
1.1.2.8. Anomalías en pavimentos flexibles.....	26
1.1.2.9. Ensayo de Viga Benkelman.....	38
1.1.2.10. Mantenimiento vial.....	39
1.2. Objetivos	42
1.2.1. Objetivo General	42
1.2.2. Objetivos Específicos.....	42
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	43
2.1. Materiales	43
2.1.1. Levantamiento topográfico	43

2.1.2.	Determinación TPDA.....	44
2.1.3.	Ensayo de Suelos	44
2.1.4.	Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	46
2.1.5.	Viga Benkelma.....	46
2.2.	Métodos	46
2.2.1.	Etapa I	47
2.2.2.	Etapa II.....	48
2.2.3.	Etapa III.....	48
2.2.4.	Etapa IV	49
2.2.5.	Etapa V.....	49
2.2.6.	Etapa VI	49
2.2.7.	Etapa VII.....	50
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		51
3.1.	Análisis de resultados.....	51
3.1.1.	Ubicación del proyecto	51
3.1.1.1.	Análisis Georreferenciado de la Vía	51
3.1.2.	Análisis de tráfico	52
3.1.2.1.	Conteo vehicular.....	52
3.1.2.2.	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	53
3.1.2.3.	Clasificación vial en función del Trafico Futuro.....	59
3.1.2.4.	Cálculo de Ejes Equivalentes	60
3.1.3.	Análisis del Estudio de Suelos	63
3.1.3.1.	Análisis Granulométrico	63
3.1.3.2.	Límites de Atterberg.....	63
3.1.3.3.	Proctor Modificado Tipo B	64
3.1.3.4.	Ensayo de Relación de Soporte California (CBR)	65
3.1.4.	Análisis de la capa asfáltica	66
3.1.4.1.	Cálculo del porcentaje de contenido de asfalto.....	66
3.1.4.2.	Análisis granulométrico de la capa asfáltica	67
3.1.5.	Evaluación de la Condición del Pavimento Asfáltico usando el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	68
3.1.5.1.	Cálculo de Unidades de Muestreo.....	68
3.1.5.2.	Cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	71
3.1.5.3.	Resultados del Índice de Condición de Pavimento (PCI)	77
3.1.6.	Evaluación del Pavimento mediante el Ensayo de la Viga Benkelman.....	78

3.1.6.1. Corrección por el Brazo con relación 1:2 de la Viga Benkelman.....	80
3.1.6.2. Corrección de Deflexiones por Efectos de Temperatura.....	82
3.1.6.3. Corrección por Efectos de Estacionalidad.....	84
3.1.6.4. Cálculo del Radio de Curvatura	86
3.1.6.5. Cálculo de Deflexión Característica.....	87
3.1.6.6. Cálculo de Deflexión Admisible	88
3.1.6.7. Cálculo de Deflexión Crítica.....	89
3.1.6.8. Tipos de Deflexiones.....	89
3.1.7. Propuesta de rehabilitación vial	92
3.1.7.1. Fallas representativas en las unidades de muestreo.....	94
3.1.7.2. Intervenciones propuestas por la NEVI-12, Volumen 6. Conservación vial.....	98
3.1.7.3. Conservación vial	100
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
4.1. Conclusiones	102
4.2. Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelo según la norma AASHTO.....	10
Tabla 2. Clasificación de suelo según norma AASHTO.....	11
Tabla 3. Clasificación de suelo según norma SUCS.....	12
Tabla 4. Clasificación de suelo según norma SUCS.....	13
Tabla 5. Clasificación de los suelos según CBR.....	14
Tabla 6. Rango de clasificación PCI.....	22
Tabla 7. Materiales y equipos para levantamiento topográfico	43
Tabla 8. Materiales y equipos para ensayos de suelos.....	44
Tabla 9. Especificaciones de los equipos e instrumentos para los ensayos de suelos.....	45
Tabla 10. Materiales y equipos para el ensayo de la Viga Benkelman.....	46
Tabla 11. Ensayos y sus normas	49
Tabla 12. Coordenadas de la ubicación del proyecto.....	51
Tabla 13. Ubicación de la estación de conteo vehicular	53
Tabla 14. Resumen de vehículos en la semana de conteo.....	53
Tabla 15. Conteo vehicular por 24h00 del sábado.....	55
Tabla 16. Proyección de Tráfico	55
Tabla 17. Resultado de desviación estándar	56
Tabla 18. Número total de vehículos por cada tipo y su porcentaje	57
Tabla 19. TPDA para cada tipo de vehículo	58
Tabla 20. Tasa de crecimiento vehicular Tungurahua	58
Tabla 21. Tráfico Futuro de la vía Cunchibamba – San Andrés.....	59
Tabla 22. Clasificación Funcional de las Vías en base al Tráfico Futuro.....	59
Tabla 23. Factores de Daño según el tipo de vehículo.....	60
Tabla 24. Factores de distribución direccional	61
Tabla 25. Porcentaje de W18 en el carril D1.....	61
Tabla 26. Ejes equivalentes proyectados a 20 años	62
Tabla 27. Análisis granulométrico	63
Tabla 28. Análisis granulométrico	64
Tabla 29. Resultados Proctor Modificado.....	65
Tabla 30. Resultado del Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR).....	65
Tabla 31. Resultados del porcentaje de contenido de asfalto.....	67
Tabla 32. Límites superior e inferior	68
Tabla 33. Datos para el cálculo de unidades de muestreo.....	69

Tabla 34. Unidades de muestreo	71
Tabla 35. Hoja de Cálculo del PCI de la Unidad de muestreo UC2.	73
Tabla 36. Proceso iterativo y determinación del máximo CDV	76
Tabla 37. Resultados de PCI de la Vía Cunchibamba – San Andrés	77
Tabla 38. Lectura de Deflexiones de la vía Cunchibamba – San Andrés	79
Tabla 39. Corrección por el Brazo con relación 1:2	81
Tabla 40. Corrección de Deflexiones por efecto de temperaturas	83
Tabla 41. Factores de corrección por estacionalidad	84
Tabla 42. Corrección por estacionalidad.....	85
Tabla 43. Resultados del cálculo del radio de curvatura.....	86
Tabla 44. Desviación estándar de cada una de las deflexiones.....	87
Tabla 45. Ecuaciones de deflexiones características.....	88
Tabla 46. Tipos de deflexiones	90
Tabla 47. Resultados del ensayo Viga Benkelman.....	90
Tabla 48. Deflexiones proyectadas cada 5 años.....	91
Tabla 49. Resumen del tipo de falla y su respectiva intervención en la vía Cunchibamba – San Andrés.	93

ÍNDICE GENERAL FIGURAS

Figura 1. Detalle de los límites de Atterberg	9
Figura 2. Centrifugadora de Asfalto	15
Figura 3. Análisis granulométrico.....	16
Figura 4. Esquema estructural de un pavimento flexible.....	19
Figura 5. Unidad de prueba para el desarrollo PCI.....	23
Figura 6. Gráfica para determinar el número de unidades de prueba a evaluar.	24
Figura 7. Piel de cocodrilo con severidad alta	27
Figura 8. Agrietamiento en bloque	29
Figura 9. Corrugación.....	30
Figura 10. Depresión.....	31
Figura 11. Agrietamiento de borde	32
Figura 12. Agrietamiento longitudinal y transversal.....	33
Figura 13. Parchados.....	34
Figura 14. Nivel de severidad en baches de acuerdo con sus dimensiones.	35
Figura 15. Baches.....	35
Figura 16. Equipo de Viga Benkelman.....	38
Figura 17. Mantenimiento periódico.....	40
Figura 18. Mantenimiento Rutinario.....	41
Figura 19. Reparación de emergencia.....	42
Figura 20. Ubicación del proyecto en estudio.....	52
Figura 21. Histograma de conteo vehicular	54
Figura 22. Comportamiento Diario vehicular	54
Figura 23. Análisis granulométrico del km 5+000 de la vía Cunchibamba – San Andrés	67
Figura 24. Curva de valores deducidos para Piel dde Cocodrilo (1).....	74
Figura 25. Determinación del CDV	76
Figura 26. Deflectograma	91
Figura 27. Deflexiones proyectadas cada 5 años	92
Figura 28. Fallas presentes en toda la unidad de muestreo UC5, 8+280 – 8+320.....	94
Figura 29. Bache con severidad alta encontrado en la unidad de muestreo U4, abscisa 5+840	94
Figura 30. Piel de cocodrilo con severidad alta encontrado en la unidad de muestreo UC1 en la abscisa 6+480.....	95
Figura 31. Baches, parches y piel de cocodrilo encontrados entre las unidades de muestreo U7 y UC3 entre las abscisas 6+560 y 6+600	95

Figura 32. Depresión con severidad alta en la unidad de muestreo UC5, abscisas 8+280 – 8+320.	96
Figura 33. Agrietamiento long, y trans., encontrado en la unidad de muestreo U1 entre la abscisa 6+400 – 6+440.....	97
Figura 34. Agrietamiento en bloque, encontrado en la unidad de muestreo U9, entre las abscisas 6+880 – 6+920.....	97

RESUMEN

Debido a las condiciones de la vía la cual presenta problemas y no brinda la seguridad vial necesaria para la movilización adecuada de sus habitantes, se propone este plan el cual permitirá ampliar su vida útil por medio de estudios de evaluación vial. Para iniciar se obtuvo un levantamiento georreferenciado, utilizando GPS, con un total de 324 puntos y una longitud de 4.4 kilómetros utilizando el programa CIVIL3D.

Se determinó el TPDA mediante un conteo vehicular manual durante una semana en un intervalo de doce horas diarias, catalogándolo como una vía Colectora Clase II.

Se extrajeron muestras de suelo con las cuales se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, ensayo de compactación y CBR; obteniendo un suelo arena mal graduada (SP) y arena limosa (SM). Además, con el ensayo CBR se concluyó que la calidad de suelo presentado varía de “Regular” a “Buena”.

Se realizó la inspección visual empleando el método PCI evaluando 18 unidades de muestreo, siendo 5 unidades críticas y dando como resultado un valor de 32.51 dictaminando como un pavimento MALO, siendo necesario la rehabilitación a lo largo de la vía.

El ensayo no destructivo de Viga Benkelman se lo realizó en 23 estaciones cada 200 metros a lo largo de la vía obteniendo una deflexión TIPO III calificando los comportamientos: subrasante como “BUENO” y del pavimento como “MALO”.

Finalmente, se considera mejorar la seguridad vial mejorando la calidad de vida de los usuarios.

Palabras Clave: Rehabilitación vial, TPDA, CBR, PCI, Viga Benkelman, Deflexión, Capa de Rodadura, Pavimento flexible.

ABSTRACT

Due to the conditions of the road, which presents problems and does not provide the necessary road safety for the adequate mobilization of its inhabitants, this plan is proposed to extend its useful life by means of road evaluation studies. To begin with, a georeferenced survey was obtained, using GPS, with a total of 324 points and a length of 4.4 kilometers using the CIVIL3D program.

The TPDA was determined by a manual vehicle count during one week at an interval of twelve hours per day, classifying it as a Class II collector road.

Soil samples were extracted and tested for granulometry, Atterberg limits, compaction test and CBR; obtaining a poorly graded sandy soil (SP) and silty sand (SM). In addition, with the CBR test it was concluded that the soil quality presented varied from "Fair" to "Good".

The visual inspection was carried out using the PCI method, evaluating 18 sampling units, 5 of which were critical, resulting in a value of 32.51, which is a BAD pavement, requiring rehabilitation along the road.

The non-destructive Benkelman Beam test was performed in 23 stations every 200 meters along the road, obtaining a TYPE III deflection, qualifying the subgrade as "GOOD" and the pavement as "BAD".

Finally, it is considered to improve road safety by improving the quality of life of road users.

Keywords: Road rehabilitation, TPDA, CBR, PCI, Benkelman beam, deflection, wearing course, flexible pavement.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de proyecto técnico

Actualmente, varios países del primer mundo como España, Reino Unido, Francia, Alemania e Italia han concentrado su atención al mantenimiento de las vías dotando de un mayor financiamiento a obras de prevención y mantenimiento de estas. Un estudio realizado en el año 2020 señala y recalca la preocupación por el estado de conservación de sus carreteras. Se trata, en su mayoría, de redes antiguas que soportan una densidad de tráfico mayor para las que fueron diseñadas en un principio. Y en todos estos se manifiesta la falta de inversión en cuanto a la conservación de las carreteras. Un mal del cual los países subdesarrollados en el pasado y actualmente se han visto afectados.[1]

Según Rubio. A. (2021) en su estudio realizado en la Universidad Católica de Colombia con el tema “Propuesta de un plan de mantenimiento para la vía de acceso al parque natural Chicaque en el Municipio de Soacha, Cundinamarca”, señala ciertos aspectos muy comunes dentro de los países de América Latina como son los siguientes[2]:

- Hay que destacar en primera instancia la topografía del área de estudio pues es imprescindible una caracterización del relieve y ubicación geográfica para definir los factores que afectan directamente la integridad de la vía.[2]
- El problema de las entidades en enfocar su atención a fallas o anomalías causadas por emergencias o visibles; esto conduce a la acumulación de obras de mantenimiento atrasadas y que en un futuro generaran mayores costos.[2]
- El método de Índice de Condición de Pavimentos (PCI) brinda una amplia base de tipos de anomalías, lo que hace más fácil la inspección in situ de cada una de ellas con el fin de obtener el estado actual de la carretera.[2]
- La mala infraestructura vial también influye en gran manera al desarrollo de la comunidad ya que son vías de comunicación comercial y turísticas que demandan un acceso de calidad para los usuarios.[2]

De igual manera, Perú ha dedicado un gran estudio en cuanto a la conservación vial como es el caso de Paucar E. (2019) en su estudio realizado en la Universidad Nacional

del Altiplano con el tema: “Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la av. Floral y jr. Carabaya, Puno”, mantiene como objetivo la evaluación del pavimento flexible y rígido utilizando metodologías de inspección visuales, en la que se puede mencionar el Método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) la cual es aceptada y utilizada por varios países permitiendo prever su conservación y mantenimiento oportuno.[3], [4]

En Ecuador, es importante destacar la intervención del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), dando a conocer “La Norma Ecuatoriana Vial NEVI -12 – MTOPE”, en el Volumen VI sobre “Conservación vial”. El cual insta a que previo cualquier proceso de pavimento se tiene que realizar estudios y ensayos para conocer el estado actual de la vía.[5]

- El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el cual se define como la cantidad de vehículos que circulan durante un periodo de tiempo. [5]
- Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso (Norma INEN 696); este método se utiliza principalmente para determinar la graduación y calidad de los materiales utilizados, en este caso, para la estructura vial. [5], [6]
- Ensayo Viga Benkelman permite determinar la deflexión elástica y puntual de una superficie bajo la acción de una carga normalizada.[7]

Se menciona otro estudio realizado por Veloz. K. (2022) en la Universidad Técnica de Ambato, con el tema “Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa km 3+200 hasta la abscisa km 6+400 de la provincia de Tungurahua”, en la cual se desarrolló el método de la Viga Benkelman con el fin de obtener la deflexión vertical y puntual de una superficie del pavimento por medio de ruedas gemelas de un eje tipo simple, es decir, bajo la acción de una carga normalizada. Al tratarse de una vía en estudio por la que muchos autos y personas transitan han dado como resultado una deflexión menor a la admisible, calificando al comportamiento de la subrasante como bueno. Este estudio abre paso a posteriores trabajos que aborden el tema de conservación vial y mantengan como un objetivo específico la utilización de la Viga Benkelman dentro de sus estudios principales.

El presente proyecto técnico, al igual que los anteriores, plantea una propuesta de rehabilitación vial de la vía Cunchibamba – San Andrés km 4+400 al 8+800, entre los cantones Ambato – Píllaro, en la provincia de Tungurahua; la cual constituye una importante arteria vial; por tal motivo es necesario realizar un estudio actual del estado de la vía.

1.1.1. Justificación

En la historia del Ecuador es muy importante destacar la infraestructura vial que posee el país, pues es uno de los factores que más aquejan a los ecuatorianos. Las redes viales han tenido un historial afectaciones constantes, como colapsos de puentes y caminos, debido al alto riesgo sísmico y por los factores climáticos a los que por décadas los Gobiernos han tenido que implementar respuestas inmediatas, sin ningún soporte de que estas soluciones garanticen la estabilidad vial en los años posteriores. [8], [9]

Además, la infraestructura vial que actualmente existe en el país es producto de un mejoramiento de antiguas vías rústicas y coloniales utilizando métodos ambiguos y carentes de nuevas tecnologías. Prosiguiendo con la historia vial es inevitable destacar el relieve que tiene nuestro país lo cual hace que el deseo de tener una infraestructura vial sólida y duradera sea simplemente un sueño que es truncado por deslaves, desbordamientos de ríos y fuertes sismos causados por la presencia de la línea de fuego en nuestro país. Sin antes mencionar de igual manera las pésimas metodologías constructivas por parte de las constructoras a cargo del diseño y mantenimiento vial en el país, que por medio de los gobiernos de turno han sido contratadas.[8], [9]

En la provincia de Tungurahua existen competencias en cuanto al diseño y conservación de la infraestructura vial las cuales son el Honorable Consejo Provincial encargada de la parte rural y los GADS Municipales encargadas de la parte urbana.

Estas mismas entidades debido a las limitaciones económicas, no cuentan con los suficientes recursos para que se garantice la integridad vial. De modo que existen sectores muy afectados en los que se deben priorizar un mantenimiento vial para garantizar un adecuado funcionamiento.

Tal es el caso de la vía Cunchibamba – San Andrés, entre los cantones Ambato – Píllaro, en la provincia de Tungurahua; la cual ha tenido muchas afectaciones a lo largo de la carretera principalmente por el tráfico de vehículos pesados, pues existe un gran

número de minas que proveen a los sectores constructores de piedra andesita, piedra bola, ripio, etc; además, de que la estructura del pavimento actual no satisface la carga que por ella trabaja a diario. Cabe recalcar que ésta es una arteria vial importante pues existen dos desfogues, uno de ellos ofrece una vía alterna hacia el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi y el otro va hacia el cantón Pillaro de la provincia de Tungurahua. Estos desfogues facilitan a los pobladores y personas de diferentes partes de la provincia de Tungurahua, ya que hacen uso de estas con el propósito de recurrir hacia los puntos de comercialización, principalmente actividades agropecuarias y agrícolas.

Otro factor muy interesante es el hecho de que a partir del kilómetro 4+300, el sector pasa a ser perteneciente a la jurisdicción de Cotopaxi, sin embargo, solo existe un acuerdo entre provincias, lo que hace que los moradores del sitio se encuentren en un predicamento y que la vía en mención no haya tenido un correcto estudio de rehabilitación. Además, es preciso mencionar el hecho de que no cuentan con un sistema de alcantarillado a partir del kilómetro 1+000 hasta el fin de la carretera. Por estos motivos es necesario evaluar y posteriormente proponer un plan de rehabilitación en función de las características físicas detectadas.

1.1.2. Fundamentación teórica

En el presente proyecto técnico se realizará una serie de estudios y ensayos para poder obtener la información adecuada que contribuya con el desarrollo de este. Por tanto, en esta sección se detallará ciertos conceptos y procedimientos.

1.1.2.1. Levantamiento Topográfico

Se entiende por levantamiento topográfico a un conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno. Para obtener los datos georreferenciados se puede emplear ciertos equipos como: GPS, estación topográfica, altímetros, ya que son equipos de alta precisión pues cuentan con satélites situados alrededor del mundo.[10]

1.1.2.2. Vías

Son diferentes tipos de estructuras construidas para la movilidad terrestre de vehículos, ciclistas, peatones y ganado, y, constituye parte integral de un medio de comunicación

que une a las regiones, estados, cantones y comunas de la república del Ecuador, su composición incluye una plataforma orbital dotando de todas las instalaciones necesarias para garantizar una correcta circulación, incluyendo derecho de la carretera.[11]

1.1.2.2.1. Clasificación vial

- Por su diseño:
 - Autopistas: Poseen características geométricas y estructurales propias. Entre estas características están: restricción de accesos, intersecciones controladas, contar mínimo dos carriles para cada sentido de circulación separadas entre sí, con un Tráfico Promedio Diario Anual desde 8000 vehículos.[11]
 - Autovías: Son las que no han reunido todos los requisitos de las autopistas, tienen calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de accesos a las propiedades colindantes.[11]
 - Vías rápidas: Son aquellas vías de una calzada con dos sentidos de circulación y con limitación total de acceso a las propiedades colindantes.[11]
 - Carreteras: Son aquellas vías que responden a características de diseño geométrico y de tipo estructural establecidas en las Normas Generales de Diseño emitidas por el ministerio rector.[11]
 - Caminos vecinales: Son aquellas vías que sirven para comunicar preferentemente áreas rurales internas, sin llegar a reunir las características de Carreteras.[11]
 - Urbanas: Son el conjunto de vías que conforman la zona urbana del cantón, la cabecera parroquial rural y aquellas que estén ubicadas en zonas de expansión urbana.[11]
- Por su funcionalidad:
 - Vías nacionales: son el conjunto total de las carreteras y caminos existentes en el territorio ecuatoriano.[11]
 - Vías locales: Son los caminos diseñados exclusivamente para conectar los distintos centros poblados o de actividad económica con las vías colectoras y secundarias.[11]
 - Vías de servidumbre: Se establecerán por excepción las vías por servidumbre como aquellos caminos previstos para otorgar acceso a terrenos privados y dentro de ellos.[11]

- Por su dominio:
 - Caminos públicos: Son todas las vías de tránsito terrestre, de dominio y uso público, construidas para el uso y goce común.[11]
 - Caminos privados: Son aquellos que se construyen a expensas de los particulares en terrenos de su pertenencia. Sin embargo, deberán respetar la norma técnica expedida.[11]

- Por su Tráfico Promedio Anual (TPDA):
 - Autopista AP2: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 80 000 a 120 000 vehículos.[12]
 - Carretera AP1: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 50 000 a 80 000 vehículos.[12]
 - Autovía o Carretera Multicarril AV2: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 26 000 a 50 000 vehículos.[12]
 - Autovía o Carretera Multicarril AV1: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 8 000 a 26 000 vehículos.[12]
 - Carretera de 2 carriles C1: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 1 000 a 8 000 vehículos.[12]
 - Carretera de 2 carriles C2: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 500 a 1 000 vehículos.[12]
 - Carretera de 2 carriles C3: Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 0 a 500 vehículos.[12]

1.1.2.2.2. Métodos de aforo

- Método manual

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo con el tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año.[13]

- Método mecánico

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son[13]:

Detectores neumáticos: consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes de este.

Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.

Fotoeléctrico: consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.

Radar: lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.

Fotografías: se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos.[13]

1.1.2.3. Estudios de suelo

1.1.2.3.1. Granulometría

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo.[14]

1.1.2.3.2. Límites de Atterberg

En un principio, seis "límites de consistencia" de los suelos de grano fino se definieron por Albert Atterberg: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite pegajoso, el límite de la cohesión, el límite plástico, y el límite de la contracción. En el uso de la ingeniería actual, el término se refiere sólo al límite líquido, límite plástico, y en algunas referencias, el límite de la contracción.[15]

- Límite líquido LL

Es el contenido de humedad ω_L requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande, cierre una ranura de 1/2" de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados.[16]

- Límite plástico LP

Es el menor contenido de humedad ω_P para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuando, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de 1/8" sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible.[16]

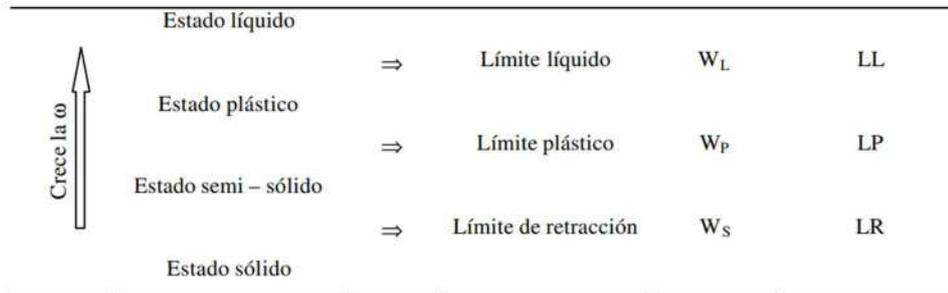
- Índice plástico

Es un parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de arcilla presente en el suelo, por otra: Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$IP = LL - LP > 10$ plástico.

$IP = LL - LP < 10$ no plástico.[16]

Figura 1. Detalle de los límites de Atterberg



Fuente: Terán, J. y Valenzuela, F. Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas, (2016)

1.1.2.3.3. Clasificación de los suelos

- Clasificación según norma AASHTO

El sistema de clasificación fue adoptado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) a partir de los trabajos iniciales desarrollados por el Bureau of Public Roads de los Estados Unidos; este método está basado en la agrupación de los suelos de acuerdo con el comportamiento que presentan ante las solicitudes de soporte de cargas en la aplicación como capas de cimiento de un firme. Este es el principal sistema utilizado para la clasificación de los suelos aplicables para la construcción de vías y carreteras.[17]

La clasificación está determinada de acuerdo con la plasticidad y la granulometría presente en los materiales, de acuerdo con estos parámetros se han establecido siete grupos principales los cuales se identifican desde el A-1 hasta el A-7, la granulometría tiene principal incidencia de acuerdo con los porcentajes del material que logran pasar a través de los tamices N°200, N°40 y N°10, los límites de Atterberg se establecen a partir del análisis de la fracción del material que pasa el tamiz N°40. A partir de la fracción de los materiales que pasan el tamiz N°200 se establecen dos grupos principales, los suelos granulares son aquellos en los que no se supera que el 35% de la muestra pase por el tamiz N°200, aquellos que superan este valor son considerados suelos limo-arcillosos (más del 35% pasa por el tamiz N°200).[17]

Tabla 1. Clasificación de suelo según la norma AASHTO.

Clasificación General						
Grupo de clasificación	A-1		A-2		A-3	
Característica del grupo	Mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedras, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.		Comprende gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino.			
Subgrupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-2-4 y A-2-5	A-2-6 y A-2-7		
Característica del subgrupo	Comprende materiales formados predominantemente por piedra o grava con o sin material ligante bien graduado.	Incluye materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante	Suelos cuyo contenido de material fino es $\leq 35\%$ y cuya fracción que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente. Incluyen suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) que tengan un contenido de limo o índices de grupo en exceso a los indicados por el grupo A-1, así mismo incluyen arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.	Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los del subgrupo A-2-4 y A-2-5, pero la fracción que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7 respectivamente.	Arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Incluye las arenas de río que contienen poca grava y arena gruesa.	
Análisis de tamices (% que pasa)						
N°10	50 máx.					
N°40	30 máx.	50 máx.				51 min
N°200	15 máx.	25 máx.	35 máx.	35 máx.		10 máx.
Característica de la fracción que pasa N°40			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Limite liquido			40 máx.	41 min	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 min	11 min
Valoración general	Excelente a bueno					

Fuente: Braja, M. (2015), Fundamentos de Ingeniería Geotécnica

Tabla 2. Clasificación de suelo según norma AASHTO

Clasificación General				
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7, A-7-5 y A-7-6
Característica del grupo	Suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N°200, además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 6.4%	Los suelos de este grupo son semejantes a los del grupo A-4, pero contienen material micáceo o diatomáceo, son elásticos y tienen límite líquido elevado.	Conformados principalmente por arcilla plástica, por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz N°200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.	Para los suelos del grupo A-7 se tiene que son semejantes a los suelos del grupo A-6, pero son elásticos, sus límites líquidos son elevados. El grupo A-7-5 incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. El subgrupo A-7-6 comprende los suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que además experimentan variaciones volumétricas altas.
Análisis de tamices (% que pasa)				
N°200	36 min	36 min	36 min	
Característica de la fracción que pasa N°40				
Límite líquido	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min
Valoración general	Regular a malo			
Notas	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 \leq a LI - 30			
	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 $>$ LI - 30			

Fuente: Braja, M. (2015), Fundamentos de Ingeniería Geotécnica

- Clasificación de suelos según SUCS

En la clasificación de los suelos de grano grueso se considera a la grava y arena que están en estado natural, considerándose a las partículas que pasan menos del 50% de la muestra original por el tamiz No 200, se simboliza con los prefijos S o G, donde S es para denominar a la arena o suelo arenoso y G para la grava. Para los suelos de grano fino se considera a las partículas que pasan más del 50% por el tamiz No 200 y se simboliza con el prefijo M cuando es un limo inorgánico, C en arcillas inorgánicas, O para limos orgánicos y arcillas y Pt cuando es turba u otros suelos altamente orgánicos.[18]

Además, para su clasificación se utilizan los siguientes símbolos como son W cuando el suelo está bien clasificado, P cuando está mal clasificado, L cuando tienen baja plasticidad es decir que su límite líquido es menor a 50 y H cuando los suelos tienen alta plasticidad con un límite líquido mayor a 50. Para la implementación de este

método es necesario contar con la siguiente información como es el porcentaje de grava, arena, limos y arcillas; coeficiente de uniformidad y gradación y finalmente datos del límite líquido e índice de plasticidad.[18]

Tabla 3. Clasificación de suelo según norma SUCS

Sub-Tipos		Identificación		Simbolo de Grupo		
Suelos (Partículas menores a 7.5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N° 200 (0.075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3.	Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	Gw
				Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	GP
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más del 12% en masa pasa la malla N° 200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH	GM
				Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla.	Más del 12% en masa pasa la malla N° 200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH.	GC
		ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3.	Menos de 5% en masa pasa la malla N° 200.	SW
				Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos de 5% en masa pasa la malla N° 200.	SP
	ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)		Arena limosa; mezcla de arena grava y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N° 200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH	SM	

Fuente: Braja, M. (2015), Fundamentos de Ingeniería Geotécnica

Tabla 4. Clasificación de suelo según norma SUCS

			Arena arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla.	Más de 12% en masa pasa la malla N° 200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH	SC
SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200	LIMO Y ARCILLA Limite Líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la Zona I de la carta de plasticidad.		ML
			Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la Zona II de la carta de plasticidad.		CL
			Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la Zona I de la carta de plasticidad.		OL
		Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la Zona III de la carta de plasticidad.		MH
			Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la Zona IV de la carta de plasticidad.		CH
			Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la Zona III de la carta de plasticidad.		OH
		ALTAMENTE ORGÁNICO		Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa frecuentemente por su textura fibrosa.	

Fuente: Braja, M. (2015), Fundamentos de Ingeniería Geotécnica

1.1.2.3.4. Compactación de suelos por el método de Proctor Modificado

Se entiende por compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar artificialmente las características de resistencia, compresibilidad y el comportamiento esfuerzo – deformación de estos. En general implica una reducción de los vacíos y, como consecuencia de ello, en el suelo ocurren cambios volumétricos de importancia ligados a la pérdida de aire, porque por lo común no se presenta expulsión de agua.[19]

Ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-180), como respuesta a las exigencias de subrasantes más densas en aeropistas, demandadas por los pesados equipos de aviación militar que se desarrollaron por entonces. Este ensayo modificó el Estándar aumentando el número de capas de 3 a 5; el número de golpes en cada una de ellas se llevó de 25 a 55; el peso del pisón se elevó a 4,5 [kg] y la altura de caída a 45,7 [cm]. Básicamente con ello se evitó incrementar las 3 compactaciones relativas por encima del 100% del Proctor Normal o Estándar, y la dificultad que presentan algunos suelos en ser compactados en campo cuando su humedad óptima, determinada por ésta última prueba, es cercana al Límite Plástico.[19]

1.1.2.3.5. Relación de Soporte de California (CBR)

Es un método de análisis que permite realizar la clasificación del suelo considerando su capacidad, para ser utilizado como material base o de sub-base. Se lo conoce también como ensayo de relación de soporte en el que mediante pruebas de laboratorio y bajo condiciones de humedad y densidad controlada es posible medir la resistencia a corte del suelo en su estado actual, se utiliza generalmente para analizar materiales con un diámetro máximo de partículas de $\frac{3}{4}$ ".[18]

Tabla 5. Clasificación de los suelos según CBR

CBR	CLASIFICACIÓN	USO
2 - 5	Muy mala	Subrasante
5 - 8	Mala	Subrasante
8 - 20	Regular - Buena	Subrasante
20 - 30	Excelente	Subrasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Vásquez, L. (2002), Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras

1.1.2.4. Análisis de capa asfáltica

El análisis de asfalto es un proceso necesario dentro de la determinación de la estructura de pavimento pues el estado de la carretera depende del mismo. Existen varios ensayos dentro de un análisis de asfalto. En este documento se destacarán dos de estos los cuales son:

- Extracción cuantitativa de asfaltos en mezclas en caliente
- Análisis granulométrico del asfalto

1.1.2.4.1. Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas en caliente

La norma ASTM D 2172 describe métodos para la determinación cuantitativa del asfalto en mezclas asfálticas en caliente y en muestras de pavimentos. Los agregados obtenidos mediante estos métodos se pueden emplear para análisis granulométrico y otro tipo de ensayos.[20]

La extracción cuantitativa de asfalto se lo realiza con un disolvente el cual disgrega el asfalto de las partículas que lo componen. Además, es necesario mencionar la presencia de la centrifugadora que deberá tener una velocidad variable y controlada hasta 3600 rpm. El aparato debe estar provisto de un recipiente para retener el solvente que escapa de la taza y un desagüe para remover dicho solvente. Debe tener también accesorios protectores para explosiones y deberá instalarse en una cámara con buena ventilación.[20]

Figura 2. Centrifugadora de Asfalto

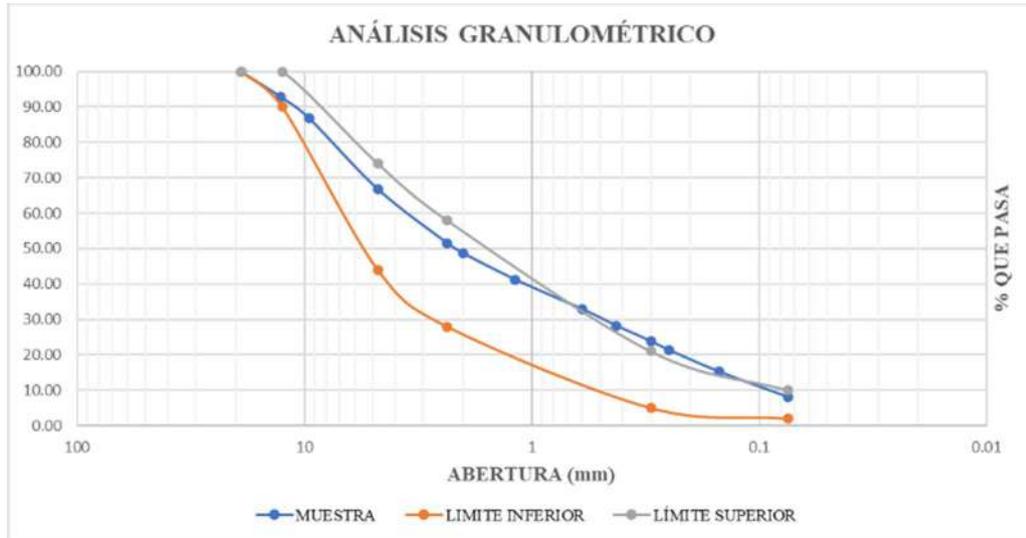


Fuente: ASTM D 2172

1.1.2.4.2. Análisis granulométrico

Siguiendo la norma ASTM D 2172 y de la mano de la norma AASHTO T-164 se establece la realización del análisis granulométrico con el fin de determinar la composición de la capa de asfalto in situ. Este ensayo permite conocer la distribución de los agregados en la capa asfáltica y determinar su cumplimiento en base a las normas establecidas.[20]

Figura 3. Análisis granulométrico



Elaborado por: Sánchez, A.

Los límites inferiores y superiores ayudan a que la comparativa sea más fácil. Cada uno de estos límites dependerán del tamaño máximo nominal del agregado, por ende, es de mucha importancia primero establecer aquel factor para después realizar una comparación y dar a conocer si la muestra en estudio cumple o no con la normativa.

1.1.2.5.El tránsito

El tránsito indica para qué servicio se va a construir la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño. No es lógico diseñar una carretera sin la suficiente información acerca del tránsito; esta información permite conocer las cargas para el diseño geométrico al igual que el diseño estructural. Los datos tienen que incluir específicamente la cantidad y composición de los vehículos. [12]

- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Representa el tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la carretera.[12]

- Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.[21]

- Volumen de Proyecto (VHP)

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. Se trata de un volumen horario que se pueda dar un número máximo de veces al año.[21]

$$VHP = k * (TPDA) \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

Donde:

- k: valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año del proyecto.

Si se selecciona el volumen de la 30ava hora como el de proyecto, para proyecciones ca años futuros en carreteras, se recomienda os siguientes valores de k[21]:

- Para carreteras suburbanas: $k= 0.08$
- Para carreteras rurales secundarias: $k= 0.12$
- Carreteras rurales secundarias: $k= 0.16$

1.1.2.5.1. Tránsito futuro (TF)

Es el pronóstico y composición del tránsito que tendrá la vía en el futuro basándose en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años. La predicción de tráfico sirve, además, para indicar cuando una carretera debe mejorar su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad; esto se hace mediante la comparación entre el flujo máximo que puede soportar una carretera y el volumen correspondiente a la 30ava hora, o trigésimo volumen horario anual más alto, que es el volumen horario excedido sólo por 29 volúmenes horarios durante un año determinado.[21]

$$TF = TA(1 + i)^n \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

Donde:

- TA: Es el tráfico actual establecido a partir de conteos vehiculares (TPDA)
- i: Tasa de incremento de tráfico.
- n: Número de años del proyecto.

1.1.2.6.Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras son estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. [22]

1.1.2.6.1. Características que debe reunir un pavimento

Un pavimento para que funcione adecuadamente tiene que cumplir los siguientes parámetros[22]:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

1.1.2.6.2. Tipos de pavimento

1.1.2.6.2.1.Pavimento tratamiento superficial

Los tratamientos superficiales dobles o triples pueden ser utilizados como capas de revestimiento en carreteras de tráfico leve a medio. Se construyen mediante la aplicación de capas de ligante bituminoso sobre las cuales se conforman capas de materiales pétreos compactados, cuya granulometría debe ser rigurosamente

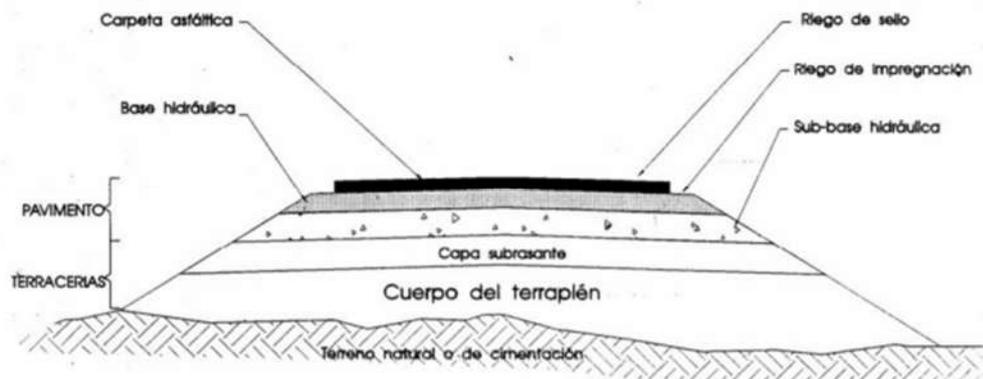
controlada para satisfacer las exigencias de las especificaciones técnicas adoptadas en el proyecto.[23]

El deterioro del revestimiento se produce principalmente por la fisuración debida a la fatiga y/o al desgaste. Los tratamientos superficiales simples que deben ser utilizados apenas para accesos donde el tráfico de proyecto es del orden del 1% del tráfico de proyecto de las fajas de rodadura, o para la protección provisoria de bases granulares hasta que el revestimiento definitivo sea construido.[23]

1.1.2.6.2.2.Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.[22]

Figura 4. Esquema estructural de un pavimento flexible



Fuente: Montejo, A. (1998), Ingeniería de pavimentos para carreteras.

1.1.2.6.2.2.1. Funciones de las capas de un pavimento flexible

La subbase granular

- **Función económica:** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la

más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica.[22]

- **Capa de transición:** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.[22]
- **Disminución de las deformaciones:** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.[22]
- **Resistencia:** La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante.[22]
- **Drenaje:** En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.[22]

La base granular

- **Resistencia:** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.[22]
- **Función económica:** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.[22]

Carpeta asfáltica

- **Superficie de rodamiento:** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.[22]
- **Impermeabilidad:** Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.[22]
- **Resistencia:** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.[22]

1.1.2.6.2.3. Pavimento rígido

Son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción de bajo la losa producen su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. La capa inmediatamente inferior a las losas de C.C.P. denominada sub-base, por esta razón, puede ser constituida por materiales cuya capacidad de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles.[23]

1.1.2.6.2.4. Pavimentos semirrígidos

En términos amplios, un pavimento semirrígido o compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima.[23]

1.1.2.7. Evaluación de pavimentos

- Definiciones

Tramo: Un Tramo es una parte fácilmente identificable de la red de Pavimento y cada tramo tiene características distintas. Por ejemplo, una calle individual o un lote de parqueo podría considerarse como un tramo separado dentro la red vial.[23]

Sección: Ya que los tramos son típicamente unidades grandes en la red de pavimento, esto hace que no siempre tengan las mismas características a lo largo de toda su área o longitud. Por esta razón es que los tramos son divididos en pequeños componentes denominadas “Secciones” para propósitos evaluativos.[23]

1.1.2.7.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

El PCI fue desarrollado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. La información de anomalías obtenida como la parte del estudio de la condición de PCI proporciona una visión de las causas de anomalía, y si es relativo a la carga o al clima.

El grado de deterioración del pavimento se determina en función del tipo de anomalía, el nivel de severidad, y cantidad o densidad de anomalía. Claramente, este método ha sido muy útil para evaluar la condición del pavimento permitiendo realizar una inspección visual directa del pavimento, además, reconocer las posibles causas de estas.

El PCI es un índice numérico, que varía de 0 para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en perfectas condiciones. Para determinar el PCI de una sección de pavimento, primero se divide la sección en unidades de inspección, llamadas “Unidades de Prueba”.

Tabla 6. Rango de clasificación PCI

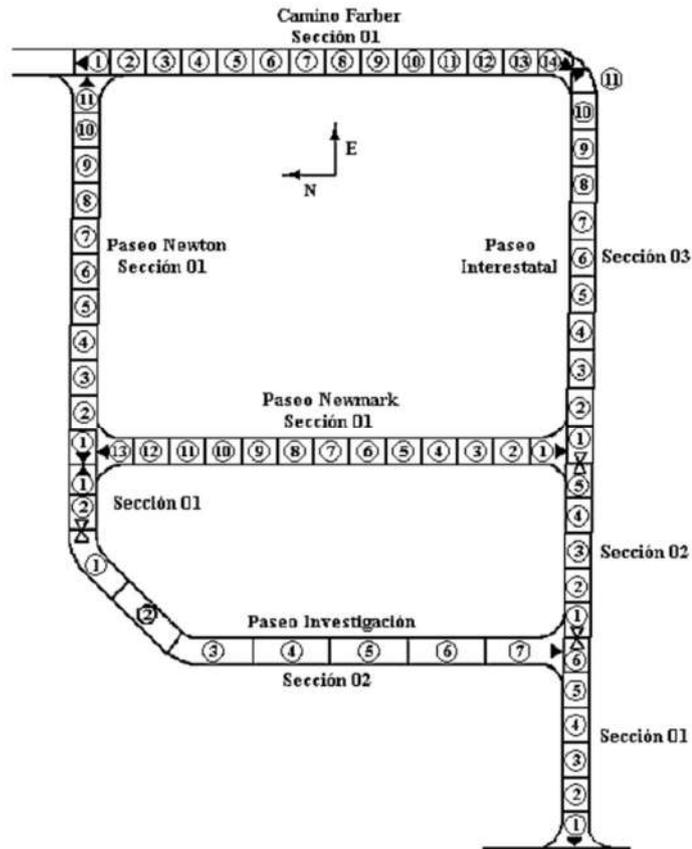
RANGO	COLOR	CLASIFICACIÓN	TIPO DE INTERVENCIÓN
100 - 85		Excelente	Mantenimiento: Preventivo - Rutinario (sellos de fisuras, parcheo y lechada asfáltica)
85 - 70		Muy bueno	
70 - 55		Bueno	Mantenimiento: Correctivo - Periódico (refuerzo de la capa de rodadura, recapeo)
55 - 40		Regular	
40 - 25		Malo	Rehabilitación (reemplazo de la capa de rodadura, reciclados)
25 - 10		Muy malo	Reconstrucción (reconformación de todas las capas estructurales)
10 - 0		Fallado	

Fuente: Paviment Condition Index PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002

1.1.2.7.1.1. Unidad de Prueba

Una unidad de prueba es convenientemente definida como una porción de una sección de pavimento designada solo con los propósitos de la inspección del pavimento. Para caminos sin pavimento y para caminos recubiertos de asfalto (incluidos asfaltos sobre concreto), una unidad de prueba está definida como un área de 2500 ± 1000 pies² (232 ± 93 m²).[23], [24]

Figura 5. Unidad de prueba para el desarrollo PCI



Fuente: Paviment Condition Index PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002

1.1.2.7.1.2. Número de unidades de prueba a ser inspeccionadas

El primer paso en la evaluación es determinar el número mínimo de unidades de prueba (n) que serán evaluadas para obtener una adecuada estimación del PCI de la sección. [25]

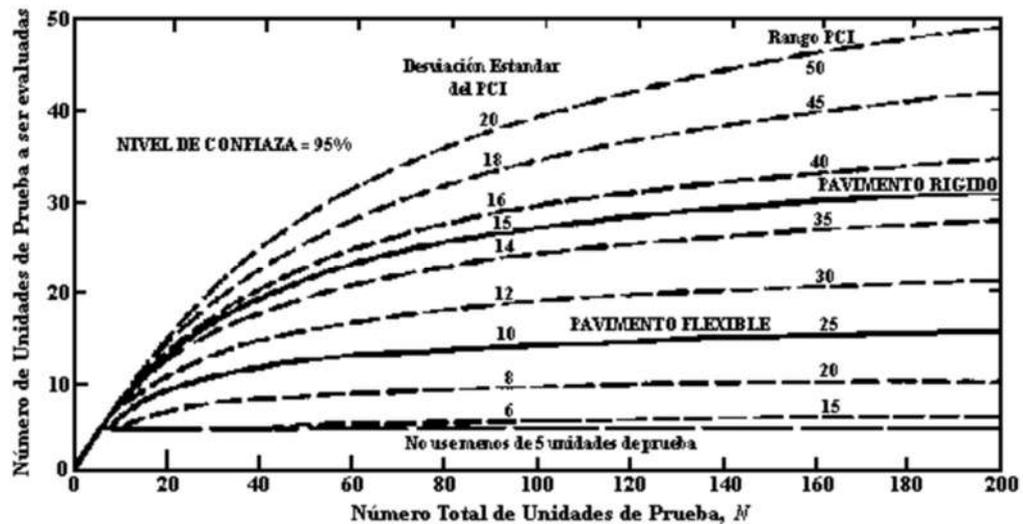
$$n = \frac{N * s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) (N - 1) + s^2} \quad \text{Ecuación (1.3)}$$

Donde:

- **N:** Número total de unidades de prueba en la sección de pavimento
- **e:** Error permitido en la estimación de la sección PCI (e=5)
- **s:** Desviación estándar del PCI entre las unidades de prueba en la sección.

Este número es determinado para una evaluación de nivel de proyecto usando las curvas mostradas en la Fig 3. Usando este número, se obtendrá una estimación razonable del PCI verdadero de la sección. El 95% de los casos, el valor estimado está dentro de ± 5 puntos del PCI verdadero.[23], [25]

Figura 6. Gráfica para determinar el número de unidades de prueba a evaluar.



Fuente: Paviment Condition Index PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002

Al realizar la inspección inicial, la desviación estándar del PCI para una sección del pavimento se asume como 10 para pavimentos superficiales de concreto asfáltico (AC) (o rango de PCI de 25) y 15 para pavimentos superficiales de concreto de cemento Portland (PCC) (o rango de PCI de 35).[23]

1.1.2.7.1.3. Selección de unidades de prueba para inspeccionar

Es recomendable que las unidades de prueba a ser inspeccionadas estén espaciadas a iguales intervalos a lo largo de la sección; y que el primero sea elegido de forma aleatoria. Esta técnica, conocida como el “Sistema Aleatorio”. [23], [24]

$$\text{Intervalo } (i) = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación (1.4)}$$

Donde:

- N: Número de Unidades de Prueba en la sección.
- n: Número Mínimo de Unidades a ser evaluadas.

1.1.2.7.1.4.Cálculo del PCI de una unidad de prueba

Cuando la evaluación de condiciones se ha completado para cada unidad de prueba elegida, los resultados son usados para hallar el PCI.[25]

Paso 1. Determinación de los valores deducidos.[23], [24]

- A. Sumar los totales para cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad, y registrarlas bajo la columna “Total” en el formulario de evaluación.
- B. Dividir la cantidad de cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad por el área total de la unidad de prueba, entonces multiplicar por 100 para obtener el porcentaje la densidad por unidad de prueba.
- C. En función del tipo de cada anomalía y su severidad, se procederá a revisar las curvas del “Valor deducido”.

Paso 2. Determinación del número máximo aceptable de deducción (m).[23], [24]

- A. Enlistar los “Valores Deducidos Individuales” en orden descendente.
- B. Determinar el “Número Aceptable de Deducciones”, m, usando la siguiente ecuación.

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \quad \text{Ecuación (1.5)}$$

Donde:

- **m_i**: Número aceptable de deducciones, incluyendo fracciones, para la unidad de prueba i.
 - **HDV_i**: Valor Deducido Individual más alto para la unidad de prueba i.
- C. El número de valores deducidos individuales es reducido a m, incluyendo la parte fraccionada. Si menos que m valores deducidos están disponibles, entonces todos los valores deducidos son usados.
 - D. Si sólo un valor deducido (o ninguno) es >2, el valor total deducido se usa en lugar del valor máximo de CDV en el paso 4; de otra forma, los pasos 2a y 2b deben seguirse.

Paso 3. Determinación del Valor Deducido Máximo Compensado (CDV).[23], [24]

El CDV es el resultado de un proceso iterativo, empleando lo siguiente:

- A. Determinar el número de deducciones con un valor mayor a 2, que será igual a “q”.
- B. Determinar el “Valor Deducido Total”, sumando todos los valores deducidos individuales.
- C. Utilizar la curva de corrección para determinar el CDV con “q” y el “Valor Deducido Total”.
- D. Se deberá reducir a 2 el menor dato obtenido de los “Valores Deducidos individuales” que sean mayores a 2 y repetir los ítems A y C, hasta que “q” sea igual a 1.
- E. El máximo CDV es el valor más grande de CDV’s determinados.

Paso 4. Cálculo del PCI

El PCI se calcula sustrayendo de 100 el valor máximo de CDV.

1.1.2.7.1.5. Cálculo del PCI para una sección

Si todas las unidades de prueba son evaluadas, el PCI de la sección será determinada por la media de los PCI’s de todas las unidades de prueba.[23], [25]

Si alguna unidad de prueba adicional es inspeccionada, una media ponderada debe ser usada. La media ponderada es computada usando la siguiente ecuación:

$$PCI_s = \frac{(N - A)PCI_r + A * PCI_a}{N} \quad \text{Ecuación (1.6)}$$

Donde:

- **PCI_s**: PCI de la sección pavimentada.
- **PCI_r**: PCI medio de las muestras aleatorias (o representativas).
- **PCI_a**: PCI medio de las muestras adicionales.
- **N**: Número total de muestras en la sección.
- **A**: Número total de muestras adicionales inspeccionadas.

1.1.2.8. Anomalías en pavimentos flexibles

1.1.2.8.1. Piel de cocodrilo

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende al iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son

mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas.[26]

- Nivel de Severidad
- L (Baja): Adicionalmente se han desarrollado grietas suaves de piel de cocodrilo dentro del área.
- M (Medio): Las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1mm y 3mm, sin evidencia de bombeo.
- H (Alto): Las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3mm), se presenta desgaste en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven.

Figura 7. Piel de cocodrilo con severidad alta



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009.

1.1.2.8.2. Exudación o sangrado

Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.[26]

- Nivel de severidad

- L (Bajo): La exudación se hace visible en la superficie, aunque en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos.
- M (Medio): Sangrado ocurre con frecuencia, y el asfalto se pega a los calzados y vehículos durante unas pocas semanas al año.
- H (Alto): Sangrado frecuente y considerable, el asfalto se pega a los calzados y vehículos durante al menos varias semanas al año.

1.1.2.8.3. Agrietamiento en bloque

Las “grietas en bloque”, son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas rectangulares aproximadamente. Los bloques tienen un rango de tamaño aproximado que van de 1 pies por 1 pies (0.30 m por 0.30 m) a 10 pies por 10 pies (3 m por 3 m). Es causada principalmente por contracción del concreto asfáltico y por acción del ciclo diario de temperaturas (tensión-contracción). Esta no es asociada a cargas. Esta anomalía usualmente indica que el asfalto es significativamente más duro. Además, generalmente ocurre sobre todo al ancho de la porción de pavimento, pero a veces también ocurre solo en áreas sin tráfico.[23]

- Nivel de severidad
 - L (Bajo): Bloques son definidos por grietas de severidad baja.
 - M (Medio): Bloques son definidos por grietas de severidad media
 - H (Alto): Bloques son definidos por grietas de severidad alta.

Figura 8. Agrietamiento en bloque



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.4. Bombeo y hundimiento

Los “Bombeos” son desplazamientos pequeños y localizados hacia arriba de la superficie pavimentada. Estos son diferentes de la anomalía de “empellones” que son causadas por inestabilidad del pavimento.[23]

Los “Hundimientos” son desplazamientos pequeños y abruptos hacia abajo de la superficie pavimentada. Distorsiones y desplazamientos que ocurren a lo ancho del área de la superficie pavimentada causan depresiones anchas y/o largas en el pavimento, que son también llamadas “protuberancias”. [23]

- Nivel de severidad
 - L (Bajo): Bombeo o hundimiento causa severidad baja en el “ride quality”
 - M (Medio): Bombeo o hundimiento causa severidad media en el “ride quality”.
 - H (Alto): Bombeo o hundimiento causa severidad alta en el “ride quality”

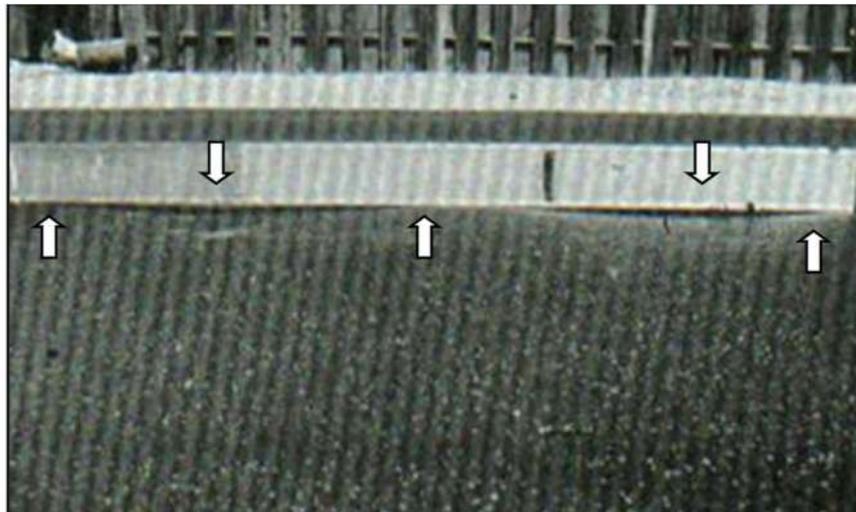
Ride quality: es una calificación cualitativa en cuanto a la comodidad del conductor al pasar por estas fisuras.

1.1.2.8.5. Corrugación

Movimiento plástico caracterizado por la ondulación de la superficie del pavimento, formando crestas y valles que se suceden próximas unas de otras perpendicularmente a la dirección del tráfico. La separación entre crestas es menor de 3m, encontrándose por lo general en un rango de 0.60 a 0.90m.[26]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): La ondulación causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a general incomodidad.
- M (Medio): La ondulación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad.
- H (Alto): La ondulación causa una vibración excesiva en el vehículo, que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una reducción en la velocidad de circulación tanto por razones de confort como de seguridad.

Figura 9. Corrugación



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.6. Depresión

Las “Depresiones” son áreas de superficie de pavimentos localizadas con elevaciones ligeramente más bajas. En muchos casos, las depresiones ligeras no son notorias hasta después de una lluvia, cuando el agua estancada crea áreas con “charcos”; sobre el

pavimento seco, las depresiones pueden ser reconocidas, buscando manchas causadas por el agua estancada.[23]

Los “hundimientos” son distintos a las depresiones ya que son caídas abruptas en la elevación.

- Nivel de severidad
- L (Bajo): ½ a 1 pulgadas (13 a 25 mm)
- M (Medio): 1 a 2 pulgadas (25 a 51 mm)
- H (Alto): > 2 pulgadas (más de 51 mm)

Figura 10. Depresión



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.7. Agrietamiento de borde

Las grietas de borde son paralelas al borde del pavimento en 1 a 2 pies (0.3 m a 0.6 m). Esta anomalía es acelerada por las cargas de tráfico y pueden ser a causa del escarchado, debilitamiento de la base o sub-base cerca del borde del pavimento.[23]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): Grietas leves o medias con ningún desmembramiento.
- M (Medio): Grietas medias con algunos desmembramientos.
- H (Alto): Considerables desmembramientos a lo largo del borde.

Figura 11. Agrietamiento de borde



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.8. Caída Externa de Vía / Hombarrera

Es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la hombrera. Esta anomalía es causada por erosión de la hombrera, asentamiento de la hombrera o por construcción del camino sin ajuste del nivel de hombrera.[23]

- Nivel de severidad
 - L (Bajo): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la hombrera, es 1-2 pulgadas (25-51 mm).
 - M (Medio): La diferencia en elevación está entre 2 y 4 pulgadas (51-102 mm).
 - H (Alto): La diferencia en elevación es > 4 pulgadas (> 102 mm).

1.1.2.8.9. Agrietamiento Longitudinal y Transversal

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o la dirección del movimiento vehicular.[23]

Las grietas transversales cruzan al eje del pavimento en ángulos rectos aproximadamente. Este tipo de grietas no son usualmente asociadas a las cargas de tráfico.[23]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): Una de las siguientes condiciones existe:
 - Grietas no llenas cuyo ancho es $< 1/8$ pulgadas (10 mm), o
 - Grietas llenas, de cualquier ancho (condición satisfactoria)
- M (Medio): Una de las siguientes condiciones existe:
 - Grietas no llenas cuyo ancho de $3/8$ pulgadas a 3 pulgadas (10 a 76 mm).
 - Grietas no llenas, de un ancho encima de 3 pulgadas (76 mm), rodeadas por grietas aleatorias ligeras.
 - Grietas llenas, de cualquier ancho rodeadas de grietas aleatorias ligeras.
- H (Alto): Una de las siguientes condiciones existe:
 - Cualquier grieta llena o no, rodeada por agrietamientos aleatorios de severidad media o alta.
 - Grietas no llenas, de un ancho encima de 3 pulgadas (76 mm).
 - Una grieta de cualquier ancho donde existan agrietamientos alrededor de la misma que estén severamente quebradas.

Figura 12. Agrietamiento longitudinal y transversal



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.10. Parchados

Un parchado es un área de pavimento que fue reemplazado con un nuevo material para reparar el pavimento existente. Un parchado es considerado un defecto no tanto del material como del buen trabajo ejecutado. Generalmente, algunas rugosidades son asociadas con esta anomalía.[23]

- Nivel de severidad
 - L (Bajo): Parchado está en buenas condiciones.
 - M (Medio): Parchado está moderadamente deteriorado.
 - H (Alto): Parchado está muy mal, muy deteriorado. Necesita reemplazo pronto.

Figura 13. Parchados



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.11. Agregados pulidos

Agregados excesivamente pulidos en la superficie de rodamiento. Dan lugar a una textura muy lisa y suave al tacto, que reduce considerablemente la adherencia con los neumáticos de los vehículos.[26]

- Nivel de severidad

No se definen niveles de severidad. Es suficiente con indicar que existe pulimento de la superficie. El grado de pulimento debe ser significativo para ser reportado: un examen de cerca debe revelar que el número de puntos de contacto con el agregado sobre la superficie es muy reducido, y esta se presenta suave al tacto.[26]

1.1.2.8.12. Baches

Descomposición o desintegración total de la superficie del pavimento y su remoción en una cierta extensión, usualmente menor de 0.9m de diámetro, formando un hoyo o cavidad redondeada, de bordes netos y lados verticales en su parte superior. Constituyen daños estructurales que interrumpen la continuidad del pavimento; su presencia es indicativa de insuficiente mantenimiento.[26]

- Nivel de severidad

Los niveles de severidad de los baches < 30 pulgadas (762 mm) en diámetro se basan en la profundidad de los baches, según la tabla:

Figura 14. Nivel de severidad en baches de acuerdo con sus dimensiones.

Profundidad máxima del bache	Diámetro Medio, pulgadas (mm)		
	4 a 8 pulgadas (102 a 203 mm)	8 a 18 pulgadas (203 a 457 mm)	18 a 30 pulgadas (457 a 762 mm)
½ - 1 pulgadas (12,7 a 25,4 mm)	L	L	M
1 - 2 pulgadas (25,4 a 50,8 mm)	L	M	H
> 2 pulgadas (> 50,8 mm)	M	M	H

Fuente: Manual Completo de Diseño de Pavimentos

Figura 15. Baches



Fuente: Rodriguez, E. y Piura V. “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla,” 2009

1.1.2.8.13. Cruce de ferrocarril

El cruce del ferrocarril ocasiona depresiones o bombeos alrededor y/o entre las vías.[23]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): Cruce de ferrocarril produce severidad baja en el “ride quality”.
- M (Medio): Cruce de ferrocarril produce severidad media en el “ride quality”.
- H (Alto): Cruce de ferrocarril produce severidad alta en el “ride quality”.

1.1.2.8.14. Ruteo

Un ruteo es una depresión superficial en la ruta de la rueda. Alguna elevación puede ocurrir a lo largo de los lados de la ruta, pero en muchos casos, el ruteo no es perceptible; solo después de las lluvias cuando la ruta se llena con agua. Es provocado usualmente por consolidación o movimientos laterales de los materiales debido a la carga de tráfico. Un ruteo significativo puede llevar a una mayor falla estructural del pavimento.[23]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): ¼ a ½ pulgadas (6 a 13 mm).
- M (Medio): ½ a 1 pulgadas (13 a 25 mm).
- H (Alto): > 1 pulgadas (más de 25 mm).

1.1.2.8.15. Empellones

Es un desplazamiento permanente y longitudinal de un área localizada de la superficie pavimentada causada por cargas de tráfico. Cuando el tráfico es apresurado en el pavimento, esto produce ondas cortas, abruptas en la superficie del pavimento. Esta anomalía normalmente ocurre en mezclas inestables de pavimentos de asfalto líquido (emulsiones o cutbacks).[23]

- Nivel de severidad
- L (Bajo): Empellón produce severidad baja en el “ride quality”.
- M (Medio): Empellón produce severidad media en el “ride quality”.
- H (Alto): Empellón produce severidad alta en el “ride quality”.

1.1.2.8.16. Agrietamiento en arco

Fisuras en forma de medialuna –o más precisamente de cuarto creciente– que tienen generalmente sus dos extremos apuntando hacia fuera en la dirección del tráfico.

Ocurren fundamentalmente en las huellas de canalización del tránsito en correspondencia con sectores de frenado o cambio de dirección. A veces se las denomina también “fisuras por resbalamiento” aludiendo al mecanismo que las produce. [26]

- Nivel de severidad

No se definen diferentes niveles de severidad: es suficiente con indicar que existen fisuras en arco, por resbalamiento. Sin inicialmente se presentan como un conjunto de fisuras finas dispuestas paralelamente, una vez que el deslizamiento de la mezcla ha tenido lugar su evolución es muy rápida: se fractura el área alrededor de las grietas en trozos fácilmente removibles, que desaparecen rápidamente por acción del tránsito, dando lugar a un “bache”. [26]

1.1.2.8.17. Protuberancia

La protuberancia está caracterizada por una joroba hacia arriba en la superficie del pavimento. Es una onda gradual > 10 pies (3 m) de largo. Las protuberancias pueden estar acompañadas por grietas en la superficie. Esta anomalía es causada usualmente por la acción del escarchamiento de la subrasante o por hinchamiento del suelo. [23]

- **Nivel de severidad**

- L (Bajo): Protuberancia produce severidad baja en el “ride quality”. A este nivel no es fácil de identificar, pero se puede detectar manejando al límite de la velocidad sobre la sección del pavimento.
- M (Medio): Protuberancia produce severidad media en el “ride quality”.
- H (Alto): Protuberancia produce severidad alta en el “ride quality”.

1.1.2.8.18. Intemperismo

Es el desgaste de la superficie del pavimento debido a pérdida de adherencia del asfalto o alquitrán y el consecuente desalojo de las partículas de agregado. Esta anomalía indica también que la adherencia del asfalto tiene un endurecimiento apreciable, o que una pobre calidad de mezcla está presente. La suavización de la superficie y la pérdida de los agregados son usualmente debido al derrame de combustible, y también deben ser incluidos aquí. [23]

- Nivel de severidad

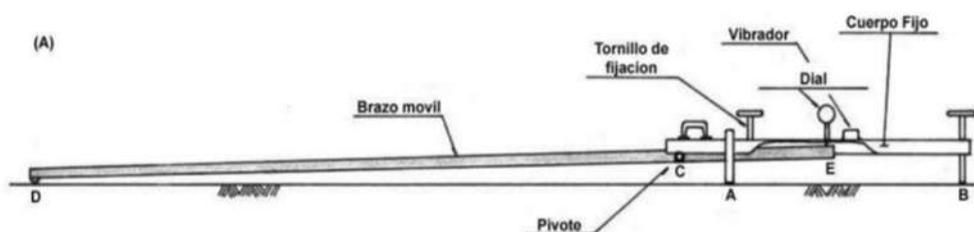
- L (Bajo): El agregado o el ligante han comenzado a desgastarse. En algunas áreas de la superficie se están empezando a formar hoyuelos. En caso de derrame de combustible, la mancha de este puede ser visto, pero la superficie es dura y no puede ser penetrado con una moneda.
- M (Medio): El agregado o el ligante se está desgastando. La textura de la superficie está moderadamente rugosa y con hoyuelos. En caso de derrame de combustible, la superficie se suaviza y puede ser penetrada con una moneda.
- H (Alto): El agregado o el ligante ha sido considerablemente desalojado. La textura de la superficie es muy rugosa y severamente agujereada. El área de los hoyuelos es menor a 4 pulgadas (100 mm) de diámetro y menor a ½ pulgadas (13 mm) de profundidad; los hoyuelos con áreas más grandes que éstas son contabilizadas como “baches”. En caso de derrame de combustible, el ligante asfáltico se pierde y el agregado comienza a perderse.

1.1.2.9. Ensayo de Viga Benkelman

Alvin Carlton Benkelman es la persona que crea la viga con su nombre, la Viga Benkelman. Es una de las principales herramientas que se conocen para hallar las deflexiones por ende para la evaluación estructural de un pavimento.[27]

Esencialmente, este ensayo permite medir las deflexiones suscitadas en un pavimento flexible por medio de cargas vehiculares, este método es muy usado ya que es práctico y los resultados que se obtienen son buenos. Este método se ejecuta bajo el principio de la palanca, su manejo es mecánico y simple diseño.[27]

Figura 16. Equipo de Viga Benkelman



Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. (1998)

1.1.2.9.1. Procedimiento

La viga se conforma por un cuerpo de apoyo colocado sobre el pavimento y un brazo móvil que se incorpora al cuerpo fijo, el equipo lleva incorporado un vibrador que, al entrar en funcionamiento, evita que se creen interferencias en la lectura.[27]

El espesor de la punta de la viga es colocado entre uno de los neumáticos del eje posterior del camión cargado; y las cargas actuantes del camión cargado sobre el pavimento es equilibrado hacia las mismas. Previo a realizar el ensayo, se selecciona un punto referencial, con ayuda de una varilla se traza una línea horizontal en la superficie desde el borde del pavimento, según las distancias elegidas por el MTC de acuerdo con el ancho de carril. Las llantas son ubicadas en el punto elegido, de manera que exista coincidencia con el centro de gravedad del eje vertical. [27]

Situados los neumáticos sobre el pavimento, se inserta parte del extremo del brazo móvil de la viga. Se prende el vibrador, colocando el dial en 0, se toman lecturas previas. La aplicación de este ensayo requiere de 3 lecturas adicionales a la primera lectura, a través de la cual se obtiene la deflexión máxima. La primera marca adicional, se elige a una distancia tal que, la deflexión hallada sea igual a la mitad de la deflexión máxima de la lectura que se realizó inicialmente; la segunda marca se realiza al doble de distancia de la primera marca; la lectura final se realiza cuando la deflexión sea igual a 0. Es importante que las marcas adicionales se consideren efectivas mediante previos tanteos al iniciar la toma de datos. Una vez instalada la viga Benkelman se debe verificar el alineamiento longitudinal con el curso del camión, se moviliza el camión de forma lenta a través de la viga, luego se toman las respectivas mediciones. Cuando la varilla vertical coincida con la primera y segunda marca; se registra la lectura final en un punto muy apartado de la viga, cuando el indicador del dial este completamente detenido.[27]

1.1.2.10. Mantenimiento vial

Las técnicas de mantenimiento caen dentro de dos categorías generales: actividades correctivas y actividades preventivas. Las actividades correctivas reparan una falla dada y mejoran la serviciabilidad del pavimento. La reparación de espesor completo y reparación de espesor parcial son actividades correctivas. Las actividades preventivas son actividades que retardan o previenen la aparición de una falla con el fin de mantener una buena serviciabilidad.[28]

- **Mantenimiento periódico:** Aunque este concepto puede inducir a error, pues todas las actividades de conservación son periódicas, es decir que deben ser repetidas cada cierto tiempo, se ha optado por la utilización de este término, pues se diferencia del mantenimiento rutinario en que las actividades “periódicas” se realizan cada cierto número de años. Se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía.[29]

Figura 17. Mantenimiento periódico



Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

- **Mantenimiento rutinario:** Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura; en la nivelación de esta y de las bermas; en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización. Se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía.[29]

Figura 18. Mantenimiento Rutinario



Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

- **Mejoramiento:** El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino y la velocidad de circulación, así como la seguridad de los vehículos que por él transitan. En sentido estricto, estos trabajos no son considerados como actividades de conservación, excepto la renovación de superficie.[29]
- **Reparaciones de emergencia:** Son aquellas que se realizan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural, por no disponerse de los recursos necesarios para reconstruirlo o rehabilitarlo, que es lo que correspondería hacer. Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado. Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular.[29]

Figura 19. Reparación de emergencia



Fuente: Portal Quito informa

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Realizar una propuesta de rehabilitación del pavimento de la vía Cunchibamba– San Andrés km 4+400 hasta km 8+800 del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Disponer de un levantamiento topográfico del tramo 4+400 km de la vía Cunchibamba – San Andrés 8+800 km en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua
- Realizar aforo vehicular mediante conteo manual 12 horas diarias 7 días a la semana, para el cálculo del TPDA actual de la vía.
- Calificar el estado actual del pavimento existente, mediante el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para la sección determinada.
- Estimar las deflexiones elásticas del pavimento mediante el ensayo de la viga Benkelman y las características de las capas del pavimento.
- Preparar una propuesta de rehabilitación del pavimento de acuerdo con las especificaciones técnicas AASHTO y MTOP.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Levantamiento topográfico

Para la realización del levantamiento topográfico se utilizarán los siguientes materiales e instrumentos.

Tabla 7. Materiales y equipos para levantamiento topográfico

Cinta métrica	Flexómetro	Pintura en aerosol
Marca: Stanley Longitud: 50 metros	Marca: Stanley Longitud: 5 metros	Marca: Evans Colores: Rojo y blanco
		
Utilización: La cinta para la medición manual de la vía en estudio.	Utilización: Se lo utiliza para medir distancias cortas y equipos que se utilizan durante el levantamiento.	Utilización: Es necesario en cuanto al levantamiento con el objetivo de marcar y acotar puntos importantes dentro de la vía.
Sistema de posicionamiento global (GPS)	Software CIVIL3D	
Marca: Garmin Versión: etrex 10	Versión: 2022	
		
Utilización: Se utiliza para obtener unas coordenadas de puntos importantes en el levantamiento.	Utilización: Se utiliza para el trazado o dibujo planimétrico de la vía.	

Elaborado por: Sánchez, A.

2.1.2. Determinación TPDA

Es de suma importancia conocer el Trafico Promedio Diario de una vía con el propósito de identificar el número y tipos de vehículos que transitan, así como también su composición vehicular. Para lo cual se deberá contar con los siguientes materiales.

- Formato para la determinación de PCI
- Estación determinada
- Excel

2.1.3. Ensayo de Suelos

Dentro de los estudios de suelo se encuentran diferentes ensayos como: Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR.

Tabla 8. Materiales y equipos para ensayos de suelos

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS
Extracción de muestras	Pico, pala ,sacos y flexómetro	
Granulometría	Muestra de suelo	Tamizadora, juego de tamices, balanzas y recipientes
Límite Líquido	Muestra de suelo que pasa por el tamiz #40, agua	Copa de Casagrande, enrasador, recipientes, espátula, balanza
Límite Plástico	Muestra de suelo que pasa por el tamiz #40, agua	Placa de vidrio, espátula, mortero de porcelana, horno
Proctor Modificado	Muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos, bandejas, martillo compactador, palustre, enrasador, recipientes balanza, horno
CBR	Muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, probeta, enrasador, palustre, bandejas, balanzas, recipientes, horno, pesa anular, pesa ranurada, máquina multispeed
Medición de deflexiones	Tiza, agua, cinta métrica, combo	Viga Benkelman, volqueta, termómetro, flexómetro

Elaborado por: Sánchez, A.

Tabla 9. Especificaciones de los equipos e instrumentos para los ensayos de suelos

Tamizador	Tamices	Balanza
Marca: Controls Versión: 15-d0407/BZ	Marca: Humbolt Versión: 2011	Marca: México
		
Utilización: Se utiliza dentro del proceso de tamizado del suelo. Comprende una serie de tamices de tamaños diferentes.	Utilización: Se utiliza este equipo para que la muestra de suelo puesta dentro de los tamices sea tamizada por medio de la vibración que produce este equipo.	Utilización: Es necesario en cuanto al levantamiento con el objetivo de marcar y acotar puntos importantes dentro la vía.
Horno	Copa Casagrande	Molde Cilíndrico
Marca: Humbolt	Marca: Sin marca	Marca: Sin marca
		
Utilización: Se utiliza dentro del proceso de secado de las muestras a ensayar.	Utilización: Este equipo se utiliza para la ejecución del ensayo de límite líquido.	Utilización: Se utiliza como molde donde se podrá la muestra de suelo a compactar.
Máquina Multispeed	Martillo Compactador	
Marca: Controls Versión: 34V1174	Marca: Controls Versión: 33T 0075	
		
Utilización: Es un equipo utilizado para el ensayo de CBR..	Utilización: Se utiliza para la compactación del suelo.	

Elaborado por: Sánchez, A.

2.1.4. Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Para la determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI), se necesita de diversos materiales como son:

- Formato para recolección de fallas por cada unidad de muestra.
- Cinta métrica 50m
- Aerosoles de color rojo
- Flexómetro

2.1.5. Viga Benkelma

Las deflexiones del pavimento son uno de los factores importantes a analizar dentro de un estudio vial con él se podrá observar la capacidad de la capa de rodadura de absorber y resistir las cargas que actúan sobre ella.

Tabla 10. Materiales y equipos para el ensayo de la Viga Benkelman

Viga Benkelman	Volqueta (8.2 ton)
Marca: Controls Versión: 80-B0180	Marca: Hino Capacidad: 8 m ³
	
Utilización: Se utiliza en la medición de deflexiones en pavimentos flexibles bajo la acción de cargas de ruedas en movimiento	Utilización: Se utiliza para aportar carga al pavimento flexible.

Elaborado por: Sánchez, A.

2.2. Métodos

Dentro del desarrollo del presente proyecto técnico se utilizará diversos tipos de investigación ya que existen varias etapas en las que se necesita información detallada

para llegar a obtener resultados óptimos que sirvan de referencia para proyectos futuros.

Datos exploratoria

En la primera etapa de desarrollo se necesitará de información detallada del área de estudio, lo que quiere decir, que se debe realizar visitas técnicas del sitio. Esto se evidenciará en la realización del levantamiento topográfico ya que esto se lo hace in situ al igual que el conteo o aforo vehicular durante una semana. Además, la inspección visual de fallas o anomalías que tenga la capa de rodadura para posteriormente determinar el PCI de la vía en estudio.

Investigación bibliográfica

Esta investigación es necesaria en un segundo plano con el propósito de recolectar la suficiente información sobre normas, ecuaciones y definiciones necesarias en cuanto a la determinación del TPDA; la ejecución de los ensayos de suelos; los tipos, niveles de severidad y dimensiones de las fallas o anomalías; y, por último, el mantenimiento y conservación de la capa de rodadura siguiendo una Norma confiable y vigente.

Investigación descriptiva

Es necesaria la investigación descriptiva en cuanto a la fase de terminación de fallas o anomalías que posee la capa de rodadura pues de esa manera se destacarán las características, niveles de severidad y tipo de cada una de las fallas. Esta investigación se lo realiza de manera directa por lo que está perfectamente ligada a la investigación exploratoria.

2.2.1. Etapa I

En esta etapa se contempla en el levantamiento topográfico del tramo de vía, a partir del km 4+400 hasta el km 8+800 con los instrumentos y equipos que anteriormente fueron ya mencionados. Cabe recalcar que es necesario que el equipo a utilizar, en este caso, la estación total, deberá tener una excelente precisión y por ende un mínimo error en cuanto a la medición. Para el desarrollo de esta actividad se ha presidido de la investigación de campo pues de manera obligatoria.

2.2.2. Etapa II

En esta etapa II se procede a realizar el conteo manual de tráfico para obtener el Tráfico Promedio Diario Actual (TPDA). Un dato importante es el hecho de que para el presente proyecto se optó por realizar el conteo 7 días en un intervalo de tiempo de 12 horas, comenzando a las 06h00 y terminando a las 18h00. Todo esto con el propósito de obtener datos más certeros en cuanto al aforo vehicular que circula por el tramo de vía en estudio.

El conteo vehicular se realizará de la siguiente manera:

- a. Recorrer todo el tramo de vía en busca de un sitio apto para implantar la estación en donde se llevará a cabo el conteo.
- b. Se identificará el o los sentidos que posee la vía.
- c. Se contarán cada uno de los vehículos en un formato establecido para el aforo vehicular en el cual se evidenciará el tipo de automóvil respecto al número de ejes o su composición.
- d. También es conveniente identificar el clima durante el conteo vehicular pues también es un factor para tomar en cuenta.
- e. Una vez terminado el día se procede a sumar cada uno de los vehículos contabilizados para tener el tráfico total que circula por la vía.

2.2.3. Etapa III

En esta presente etapa se procederá a determinar las características del suelo mediante estudios y ensayos que son importantes dentro del ámbito vial. Los ensayos que se llevarán a cabo son los siguientes: granulometría, límites de Atterberg, clasificación de los suelos, Proctor modificado y CBR. Cada uno de estos ensayos se lo realizarán en base a las normas AASHTO y ASTM con el fin seguir las especificaciones debidas para la realización de estos. Siguiendo la normativa las calicatas de donde se obtendrán las muestras para el estudio se las realizará a cada 500m y a un costado de la vía.

Pasos para la obtención de la muestra:

- a. Se deberá localizar un terreno al costado de la vía, en la que permita la extracción de la muestra.
- b. Con ayuda de las herramientas y/o materiales enlistados en la anterior sección del capítulo, se excavará una profundidad de 1.50.

- c. En sacos se almacenará una muestra representativa del suelo inalterado, es decir, sin ningún componente vegetal.
- d. Posteriormente se lo llevará a laboratorio y se lo pondrá en bandejas con el propósito de que este se seque para después continuar con cada uno de los ensayos.

Tabla 11. Ensayos y sus normas

ENSAYO	NORMA
Contenido de Húmedad	ASTM D2216
Granulometría	ASTM C136
Límites de Atterberg	ASTM D4318
Proctor Modificado	AASHTO T-180
	ASTM D1557
CBR	AASHTO T-193
	ASTM D1883

Elaborado por: Sánchez, A.

2.2.4. Etapa IV

En esta última etapa se procederá a realizar la extracción del contenido de asfalto, para el cual en primera instancia se deberá extraer asfalto in situ y posteriormente llevarlo al laboratorio. Además, se determinará el análisis granulométrico del asfalto.

Para lo cual se aplicará las siguientes normas: ASTM D2172 y AASHTO T-164.

2.2.5. Etapa V

En esta etapa será el comienzo para la determinación del estado actual del pavimento. Se plantea en esta etapa el uso del método de Índice Condición de Pavimento (PCI) en el cual se verá plasmado la cantidad de anomalías o fallas existentes en base a una visita en campo a lo largo del tramo de la vía en estudio. Claramente existen pasos fundamentales, los cuales ya fueron expuestos en la fundamentación teórica, sin embargo, es de importancia recalcarlos de una manera rápida y concisa sobre el proceso que implica el uso del PCI.

2.2.6. Etapa VI

En esta etapa se procederá a realizar el ensayo de la viga Benkelman en todo el tramo de la vía. Este ensayo cuenta con materiales, que ya fueron descritos en el anterior punto, sumamente importantes como es en sí misma la viga Benkelman y la volqueta

de 8m³, es por dicha razón que para esta etapa se hará uso exclusivo de lo que es la investigación explotaría, sin dejar de lado la investigación bibliográfica, pues es necesario un estudio previo del ensayo para poder ejecutarlo sin ningún problema.

Se lo realizará en campo y siguiendo una serie de parámetros, como es la acotación de cada punto en el que se colocará la viga Benkelman. Posteriormente se medirá la deflexión que llega a tener la viga Benkelman cuando la capa de rodadura es afectada por la carga de la volqueta.

2.2.7. Etapa VII

En esta etapa se propondrá un método de rehabilitación de la vía, posterior a la obtención de los resultados de cada ensayo propuesto. Cabe recalcar que para el inicio de esta etapa ya se conocerá el estado actual de la carretera por medio del método de PCI. Es indispensable el uso de la investigación bibliográfica para tener un criterio acertado acerca de que método de rehabilitación vial podría ser el más adecuado y que éste supla las necesidades de los usuarios.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de resultados

3.1.1. Ubicación del proyecto

La vía en estudio está ubicada en la provincia de Tungurahua, entre los cantones Ambato y Pillaro, el tramo en análisis comprende desde la abscisa km 4+400 hasta el km 8+800, equivale a una longitud de estudio de 4.4 km, con las siguientes coordenadas:

Tabla 12. Coordenadas de la ubicación del proyecto.

ABSCISA	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE
4+400	9876488.46	770270.97
8+800	9875662.97	771848.46

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.1.1. Análisis Georreferenciado de la Vía

El propósito de la georreferenciación de la vía en estudio es posicionar dicha vía sobre la superficie de la Tierra a través de coordenadas UTM WGS84 Zona 17 Sur. Como se mencionó anteriormente las coordenadas fueron obtenidas con la ayuda de GPS, el cual fue posicionado en el eje de la vía. Además, con la ayuda de la cinta métrica se obtuvo la separación entre cada punto con una longitud de aproximadamente 50 metros en tramos rectos y de 10 a 5 metros en tramos con curvas.

En la siguiente tabla se podrá observar las características de la vía gracias al levantamiento georreferenciado:

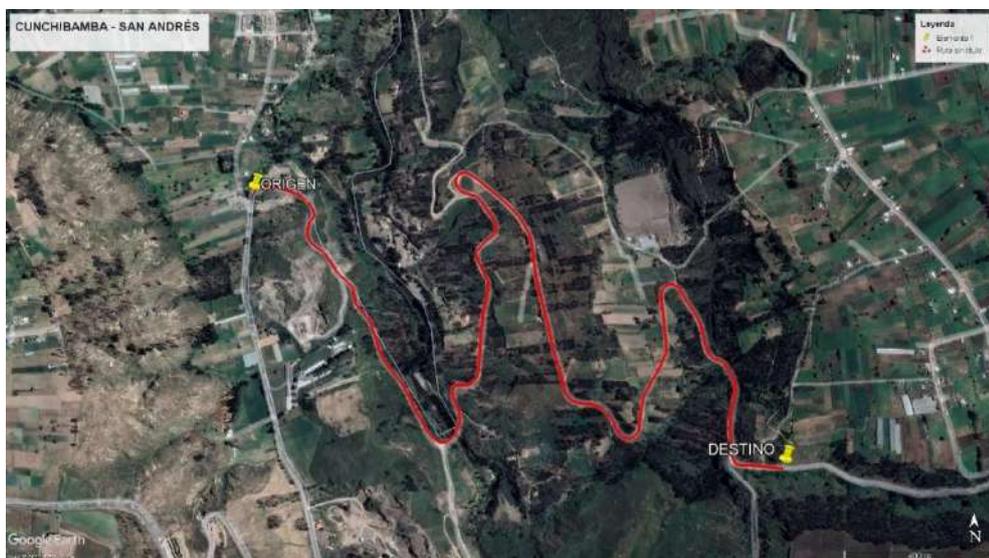
Tabla 13. Datos del levantamiento georreferenciado

Características del levantamiento	Unidades
Número de carriles	2
Ancho promedio de la Calzada	7.50 m
Longitud Total de la Vía	4.40 Km
Número de coordenadas obtenidas	324

Elaborado por: Sánchez, A.

Al culminar con el levantamiento georreferenciado se obtuvo como producto un plano vial con cada una de las características antes mencionadas, esto con la ayuda de los materiales e instrumentos dichos en el anterior capítulo. Es necesario volver a mencionar el software utilizado el cual fue AutoCad Civil 3D versión estudiantil 2020, pues sirvió de mucha ayuda en el procesamiento de los puntos obtenidos por el GPS, y transformando cada uno de estos en una representación digital de la vía Cunchibamba – San Andrés el cual se muestra en el anexo.

Figura 20. Ubicación del proyecto en estudio



Fuente: Google Earth

3.1.2. Análisis de tráfico

El análisis de tráfico se realiza con la finalidad de obtener el tipo y cantidad de vehículos que circulan por la vía en estudio. Para determinar el tipo de carretera se debe calcular el TPDA, que para su realización primero se efectúa un conteo manual en una estación definida y apoyándose en formatos establecidos para obtener los parámetros de diseño, como son el ancho de vía y los espesores de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento.

3.1.2.1. Conteo vehicular

Para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se efectuó un conteo vehicular manual en los dos sentidos de la vía por 7 días consecutivos con un intervalo de tiempo de 12 horas por cada día, siendo la hora de inicio a las 06h00 am hasta las 18h00 pm. La estación de conteo se ubicó en la abscisa km 4+440, se consideró esta

ubicación debido a la existencia de un desfogue hacia el cantón Salcedo provincia de Cotopaxi, lo que afectaría al conteo vehicular. Además, de ser un espacio que no interrumpe al curso normal del tránsito.

Tabla 13. Ubicación de la estación de conteo vehicular

ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR			
ESTACIÓN	ABSCISA	NORTE	ESTE
1	4+440	9876512.74	770308.44

Elabora por: Sánchez, A.

3.1.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

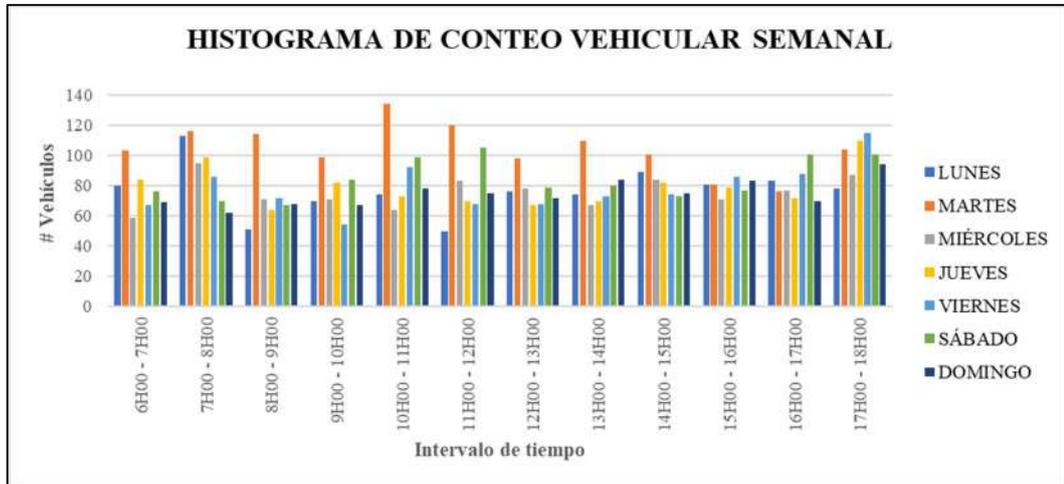
Se realizó el cálculo del TPDA con los datos obtenidos en campo del conteo vehicular en la vía Cunchibamba – San Andrés.

Tabla 14. Resumen de vehículos en la semana de conteo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
Proyecto:	Via Cunchibamba - San Andrés			Realizado por:	Ándrés Sánchez		
Provincia:	Tungurahua			Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		
Cantón:	Ambato - Pillaro			Fecha:	16/5/2022		
RESUMEN SEMANAL DEL CONTEO VEHICULAR							
HORA / DÍA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6H00 - 7H00	80	103	59	84	67	76	69
7H00 - 8H00	113	116	95	99	86	70	62
8H00 - 9H00	51	114	71	64	72	67	68
9H00 - 10H00	70	99	71	82	54	84	67
10H00 - 11H00	74	134	64	73	92	99	78
11H00 - 12H00	50	120	83	70	68	105	75
12H00 - 13H00	76	98	78	67	68	79	72
13H00 - 14H00	74	110	67	70	73	80	84
14H00 - 15H00	89	101	84	82	74	73	75
15H00 - 16H00	81	81	71	79	86	77	83
16H00 - 17H00	83	76	77	72	88	101	70
17H00 - 18H00	78	104	87	110	115	101	94
TOTAL:	919	1256	907	952	943	1012	897

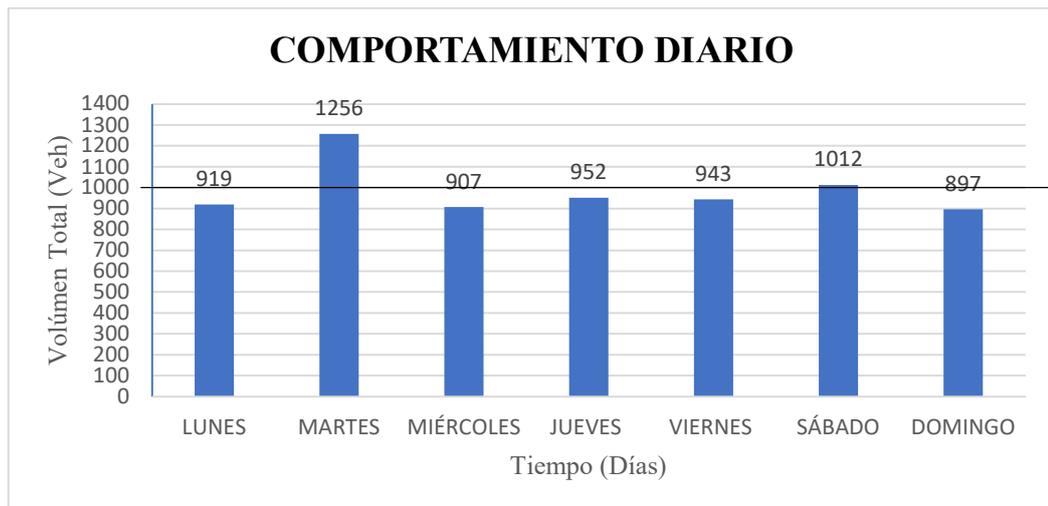
Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 21. Histograma de conteo vehicular



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 22. Comportamiento Diario vehicular



Elaborado por: Sánchez, A.

Con la ayuda de la tabla 14., se determinó el volumen total de vehículos que circularon en los siete días de conteo. Con este dato se obtuvo el promedio de vehículos que transitaron durante la semana, el cual es de 984 veh/día.

Con este promedio y siguiendo la figura 11. Se determinó que el viernes y sábado 13 y 14 de mayo de 2022 se acerca más al promedio, por ende, se realizó un conteo nocturno, el cual comenzó a las 18h00 hasta las 06h00 del día siguiente. Obteniendo un conteo de 24h00 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15. Conteo vehicular por 24h00 del sábado

INTERVALO DE TIEMPO		DÍA	VIERNES - SÁBADO	%
		VIERNES - SÁBADO		
0	0-1	7	104	8.2%
1	1-2	11		
2	2-3	19		
3	3-4	12		
4	4-5	18		
5	5-6	37		
6	6-7	76	1011	80.1%
7	7-8	70		
8	8-9	67		
9	9-10	84		
10	10-11	99		
11	11-12	105		
12	12-13	79		
13	13-14	80		
14	14-15	73		
15	15-16	77		
16	16-17	101		
17	17-18	100		
18	18-19	42	147	11.6%
19	19-20	35		
20	20-21	27		
21	21-22	16		
22	22-23	14		
23	23-24	13		
			1262	

Datos Viernes - Sábado abscisa 4+440

Elaborado por: Sánchez, A.

Con los porcentajes obtenidos se realizó una proyección para toda la semana dando como resultado Tráfico Promedio Diario Semanal.

Tabla 16. Proyección de Tráfico

Intervalo de Tiempo		Porcentaje de Tráfico	Días de Aforo Vehicular							TPDS
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
00:00 - 06:00	8.2%	95	130	94	98	98	105	93	1230	
06:00 - 18:00	80.1%	919	1256	907	952	943	1012	897		
18:00 - 00:00	11.6%	134	183	132	139	138	148	131		
Total:			1148	1569	1133	1189	1179	1265	1121	

Elaborado por: Sánchez, A.

Una vez se obtuvo el TPDS, el cual es de 1230 veh/día, se procedió a calcular el Tráfico Promedio Diario Anual.

- Cálculo de Tráfico Promedio Diario Anual Total

Para determinar el TPDA primero se realizó el cálculo de la desviación estándar muestral S, con la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}} \quad \text{Ecuación (3.7)}$$

Donde:

S: Desviación estándar muestral

TD_i: Volumen de tránsito del día i

n: Tamaño de la muestra en número de días de conteo.

$$S = \sqrt{\frac{148442}{7 - 1}}$$

$$S = 157.29$$

Tabla 17. Resultado de desviación estándar

DÍA	TD	(TD - TPDS) ²
LUNES	1148	6724
MARTES	1569	114921
MIÉRCOLES	1133	9409
JUEVES	1189	1681
VIERNES	1179	2601
SÁBADO	1265	1225
DOMINGO	1121	11881
TOTAL	8604	148442

S	157.29
---	--------

Elaborado por: Sánchez, A.

Luego se determinó el TPDA con la siguiente ecuación:

$$TPDA = TPDS \pm Zc * \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \quad \text{Ecuación (3.8)}$$

Donde:

TPDS: Tráfico Promedio Diario Semanal

TDi: Nivel de confianza (95% = 1.96)

N: Los 365 días del año

n: Tamaño de la muestra en número de días de conteo

$$TPDA = 1230 \pm 1.96 * \frac{157.29}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$TPDA = 1346 \frac{veh}{día}$$

- Cálculo Tráfico Futuro

En primer lugar, se realizó la suma total de cada tipo de vehículos con la finalidad de tener los suficientes datos para realizar los posteriores cálculos.

Tabla 18. Número total de vehículos por cada tipo y su porcentaje

	TIPOS DE VEHÍCULOS						TOTAL DE CAMIONES	TOTAL
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES					
			C-2P	C-2G	C3	C>3		
TOTAL SEMANAL	4896	147	683	905	210	44	1842	6885
PORCENTAJE (%)	71.1	2.1	9.9	13.1	3.1	0.6		100.0

Elaborado por: Sánchez, A.

Con la tabla anterior y con el TPDA, el cual es 1346 veh/día, se realizó el cálculo del TPDA para cada tipo de vehículo.

Tabla 19. TPDA para cada tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO		PORCENTAJE	TPDA
LIVIANOS		71.1	957
BUSES		2.1	28
CAMIONES	C-2P	9.9	133
	C-2G	13.1	176
	C-3	3.1	42
	C>3	0.6	9
TOTAL		100.0	1346

Elaborado por: Sánchez, A.

Con la Tabla 19., se procedió a determinar el Tráfico Futuro. El mismo que, en este proyecto, es de un periodo de 20 años el cual inicia en el año en curso 2022 y termina en el año 2042.

Se resalta el hecho de que, al tratarse de una vía existente, el tráfico atraído no se incluye en el cálculo del tráfico futuro. Además, que actualmente la vía no hace factible su ampliación de esta debido a las ordenanzas vigentes.

La siguiente tabla muestra la tasa de crecimiento vehicular para la provincia de Tungurahua propuesto por la INEC, acerca de los vehículos que han sido matriculados

Tabla 20. Tasa de crecimiento vehicular Tungurahua

PERIODO	TASA DE CRECIMIENTO
	%
2021 - 2026	0.81
2026 - 2031	0.66
2031 - 2036	0.55
2036 - 2041	0.47
2041 - 2046	0.42

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Para realizar este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$Tf = Ta * (1 + i)^n \quad Ec(1.2)$$

Tabla 21. Tráfico Futuro de la vía Cunchibamba – San Andrés

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)	TRÁFICO FUTURO (veh/día)						TPDAf (veh/día)
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				
				C-2P	C-2G	C3	C>3	
2022	0.81	957	28	133	176	42	9	1346
2023	0.81	965	28	134	178	43	10	1358
2024	0.81	973	29	135	179	43	10	1369
2025	0.81	980	29	137	181	43	10	1380
2026	0.81	988	29	138	182	44	10	1391
2027	0.66	989	29	138	182	44	10	1392
2028	0.66	996	29	139	183	44	10	1401
2029	0.66	1002	30	140	185	44	10	1410
2030	0.66	1009	30	140	186	44	10	1419
2031	0.66	1015	30	141	187	45	10	1429
2032	0.55	1011	30	141	186	45	10	1423
2033	0.55	1017	30	142	187	45	10	1430
2034	0.55	1022	30	142	188	45	10	1438
2035	0.55	1028	30	143	189	45	10	1446
2036	0.55	1033	31	144	190	46	10	1454
2037	0.47	1027	30	143	189	45	10	1444
2038	0.47	1032	30	144	190	45	10	1451
2039	0.47	1036	31	144	191	46	10	1458
2040	0.47	1041	31	145	192	46	10	1465
2041	0.47	1046	31	146	193	46	10	1472
2042	0.42	1041	31	145	192	46	10	1464

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.2.3. Clasificación vial en función del Tráfico Futuro

En base al manual de diseño geométrico de carreteras MOP en el año 2003, las vías se clasifican de acuerdo con el TPDAf como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22. Clasificación Funcional de las Vías en base al Tráfico Futuro

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	TPDAf (AÑO FINAL DE DISEÑO)	ANCHO DE LA CALZADA	
			RECOMENDABLE	ABSOLUTO
Corredor Arterial	RI - RII (2)	> 8000	7.3	7.3
	I	3000 - 8000	7.3	7.3
Colectora	II	1000 - 3000	7.3	6.5
	III	300 - 1000	6.7	6
Vecinal	IV	100 - 300	6	6
	V	300	4	4

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

La vía Cunchibamba – San Andrés / km 4+400 al km 8+800, presenta un tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) 1346 veh/día, y al proyectar un periodo de 20 años se obtuvo un Tráfico Futuro de 1464 veh/día. Con este valor se pudo clasificar a la vía del proyecto como una Vía Colectora Clase II, este tipo de vía recomienda un ancho de 7.30m, valor que actualmente cumple la vía pues mantiene un ancho promedio de 7.5m a lo largo del tramo.

3.1.2.4. Cálculo de Ejes Equivalentes

El tránsito pesado que posee la vía en estudio amerita un cálculo de ejes equivalente, el cual se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$W18 = \left(\left(\sum_{i=1}^{l=m} FD * TPDA \right) * 365 \right) * Fd * Dl \quad \text{Ecuación (3.9)}$$

Donde:

W18: Número de ejes equivalentes (establecido para un periodo de 20 años).

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual.

FD: Factor de daño.

Fd: Factor de distribución direccional.

DI: Porcentaje de W18 en el carril DI.

Para obtener el factor de daño (FD) se empleó la siguiente tabla, en la cual cada tipo de vehículo tiene su propio factor de daño.

Tabla 23. Factores de Daño según el tipo de vehículo

FACTORES DE DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		DOBLE		TÁNDEM		TRÍDEM		FACTOR DE DAÑO (FD)
	TONS	(P/6.6) ⁴	TONS	(P/8.2) ⁴	TONS	(P/15) ⁴	TONS	(P/23) ⁴	
BUS	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	3	0.04							1.31
	7	1.27							
C-2G	7	1.27	11	3.24					4.50
C-3	7	1.27			20	3.16			4.43
C>3	7	1.27					24	1.19	2.45

Fuente: Guía técnica de pavimentos de Moreira Fricson, 2015.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución direccional con respecto al número de carriles:

Tabla 24. Factores de distribución direccional

NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS EN EL CARRIL
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Como otro dato importante es el porcentaje de W18 en el carril DI., el cual se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 25. Porcentaje de W18 en el carril DI

NÚMERO DE CARRILES EN UNA DIRECCIÓN	PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DI
2	100
4	80 - 100
6 o más	60 - 80

Fuente: AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Además de los datos mencionados anteriormente, también se utilizó los datos de Tránsito Futuro (tabla 24). Se obtuvo la proyección de los ejes equivalentes los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26. Ejes equivalentes proyectados a 20 años

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)	TRÁFICO FUTURO (veh/día)						TPDAf (veh/día)	W18 POR AÑO	W18 ACUMULADO	W18 POR CARRIL
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES							
				C-2P	C-2G	C3	C>3				
2022	0.81	957	28	133	176	42	9	1346	220055	220055	110028
2023	0.81	965	28	134	178	43	10	1358	222786	442841	221421
2024	0.81	973	29	135	179	43	10	1369	224273	667114	333557
2025	0.81	980	29	137	181	43	10	1380	225772	892886	446443
2026	0.81	988	29	138	182	44	10	1391	228090	1120976	560488
2027	0.66	989	29	138	182	44	10	1392	228208	1349184	674592
2028	0.66	996	29	139	183	44	10	1401	229450	1578634	789317
2029	0.66	1002	30	140	185	44	10	1410	230700	1809334	904667
2030	0.66	1009	30	140	186	44	10	1419	231958	2041292	1020646
2031	0.66	1015	30	141	187	45	10	1429	234033	2275325	1137663
2032	0.55	1011	30	141	186	45	10	1423	233193	2508518	1254259
2033	0.55	1017	30	142	187	45	10	1430	234251	2742769	1371385
2034	0.55	1022	30	142	188	45	10	1438	235315	2978084	1489042
2035	0.55	1028	30	143	189	45	10	1446	236385	3214469	1607235
2036	0.55	1033	31	144	190	46	10	1454	238268	3452737	1726369
2037	0.47	1027	30	143	189	45	10	1444	236195	3688932	1844466
2038	0.47	1032	30	144	190	45	10	1451	237114	3926046	1963023
2039	0.47	1036	31	144	191	46	10	1458	238844	4164890	2082445
2040	0.47	1041	31	145	192	46	10	1465	239771	4404661	2202331
2041	0.47	1046	31	146	193	46	10	1472	240702	4645363	2322682
2042	0.42	1041	31	145	192	46	10	1464	239656	4885019	2442510

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.3. Análisis del Estudio de Suelos

Es importante el estudio de suelos en obras viales con el fin de obtener las propiedades físicas y mecánicas de estos. Por ende, este proyecto se realizó pozos a cielo abierto a cada kilómetro de manera manual considerando las siguientes dimensiones 1.0 m x 1.0 m con una profundidad de 1.5 m, dando un total de cuatro calicatas de las cuales se extrajeron aproximadamente 1 saco de 50 kg por cada kilómetro. Con dichas muestras se procedió a realizar los siguientes ensayos: granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado Tipo B y el Ensayo de Soporte California (CBR). Cada uno de ellos realizado en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

3.1.3.1. Análisis Granulométrico

Este análisis permite clasificar al suelo según el tamaño de sus partículas, este método consiste en separar las partículas gruesas y finas de suelo utilizando un juego de tamices con una abertura desde #4 (4.75mm) hasta el #200 (0.075mm). Una vez obtenido los datos se procede a representar la granulometría de las muestras mediante una gráfica a escala logarítmica.

Tabla 27. Análisis granulométrico

CLASIFICACIÓN DEL SUELO				
SUCS				
# DE CALICATA	GRAVA (G%)	ARENA (S%)	LIMO Y ARCILLA (FINOS %)	CLASIFICACIÓN
1	4.99	90.12	4.89	SP: ARENA MAL
2	18.55	69.18	12.27	SM: ARENA LIMOSA
3	17.34	60.30	22.36	SM: ARENA LIMOSA
4	10.86	71.86	17.27	SM: ARENA LIMOSA
AASHTO				
# DE CALICATA	GRAVA (G%)	ARENA (S%)	LIMO Y ARCILLA (FINOS %)	CLASIFICACIÓN
1	9.86	85.25	4.89	A-3
2	24.82	62.91	12.27	A-2-4
3	28.38	49.26	22.36	A-2-4
4	18.55	64.18	17.27	A-2-4

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.3.2. Límites de Atterberg

El ensayo permite identificar, clasificar y determinar el comportamiento de los suelos finos.

- Límite Líquido (LL)

Para la realización de este ensayo se utilizó una muestra de suelo de aproximadamente 400 gramos que pasa el tamiz #40. Esta muestra fue ensayada con el equipo de Copa de Casagrande donde previamente es mezclada en un mortero con un porcentaje de agua. Una vez colocada la muestra en la copa se procedió a dividir la muestra por la mitad en forma vertical, esto con la ayuda del ranurador. Finalmente, a través del equipo se contó el número de golpes con el que se unió nuevamente la muestra y se extrae dos porciones de suelo para determinar su porcentaje de humedad.

- Límite Plástico (LP)

Para este ensayo se utilizó una muestra de aproximadamente 400 gramos que pasa el tamiz #40, con la cual se realizó 5 rollitos por cada muestra con un diámetro aproximado de 3mm y con una longitud de 3 a 4 cm. Estos rollitos se realizaron con los dedos y una placa de vidrio. Con esto se obtuvo el contenido de humedad de la muestra.

Se realizó este ensayo con las 4 muestras de suelo que fueron extraídas del sitio de estudio.

Tabla 28. Análisis granulométrico

LÍMITES DE ATTERBERG			
# DE CALICATA	Límite Líquido (LL %)	Límite Plástico (LP %)	Índice Plástico (%)
1	22.48	20.67	1.81
2	24.09	23.06	1.03
3	26.44	24.11	2.33
4	22.17	20.98	1.19

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.3.3. Proctor Modificado Tipo B

Con este ensayo se determinó la densidad máxima que puede llegar a poseer el suelo con un porcentaje de humedad óptimo, esto con cada una de las 4 muestras extraídas en campo. Dicho ensayo se lo realizó en el laboratorio con una muestra de 6000 gramos que pasa por el tamiz #4 (4.75mm) para posteriormente mezclar con un porcentaje

gradual de agua, una vez mezclada la muestra se procedió a colocar en un molde metálico en 5 capas cada una de estas fue compactada por 56 golpes utilizando un martillo compactador de 10 libras. Al finalizar el ensayo se obtuvo los datos de densidad y contenido de humedad porcentaje, de los cuales se tomó el máximo valor, el cual será considerado para el ensayo de CBR.

Tabla 29. Resultados Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO		
# DE CALICATA	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
1	1.547	15.00
2	1.666	14.00
3	1.535	21.40
4	1.575	17.20

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.3.4. Ensayo de Relación de Soporte California (CBR)

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado se procedió a realizar el ensayo de CBR utilizando el contenido de humedad óptimo en porcentaje y la densidad seca máxima, esto con la finalidad de determinar la resistencia al corte de cada una de las muestras ensayadas. Una vez obtenidos los resultados de CBR se clasificó el suelo y se determinó su uso.

Tabla 30. Resultado del Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)		
# DE CALICATA	%CBR	CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN EL %CBR
1	21.00	REGULAR
2	24.00	REGULAR
3	7.00	MALA
4	26.00	REGULAR

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.4. Análisis de la capa asfáltica

3.1.4.1. Cálculo del porcentaje de contenido de asfalto

El cemento asfáltico se extrae por disolución con solvente, en este caso se utilizó una centrifugadora de extracción. En una primera instancia se realizó la extracción de asfalto de una muestra de aproximadamente 600 gr obtenida en la vía de estudio. Una vez realizada la extracción de asfalto se procedió con las diferentes ecuaciones para determinar el contenido de asfalto de esta.

$$W1 = Wf_f - Wf_0 \quad \text{Ecuación(3.9)}$$

Donde:

Wf_f : Peso del filtro final.

Wf_0 : Peso del filtro inicial

$$W2 = Wm_0 - Wm_f \quad \text{Ecuación(3.10)}$$

Donde:

Wm_0 : Peso de la muestra inicial

Wm_f : Peso de la muestra final

$$W_{asfalto} = W1 + W2 \quad \text{Ecuación (3.11)}$$

$$\%Asfalto = \frac{W_{asfalto}}{Wm_0}$$

A continuación, se presenta una tabla en la cual consta el número de muestra y el porcentaje de contenido de asfalto en ambos carriles. Otorgando un promedio total de, porcentaje de asfalto que se encuentra a lo largo de la vía Cunchibamba – San Andrés/ km 4+400 al km 8+800.

Tabla 31. Resultados del porcentaje de contenido de asfalto

CONTENIDO DE ASFALTO %			
# MUESTRA	CARRIL		PROMEDIO
	DERECHO	IZQUIERDO	
1	6.64	6.17	6.41
2	5.21	5.44	5.33
3	6.06	6.00	6.03
4	5.61	5.36	5.49

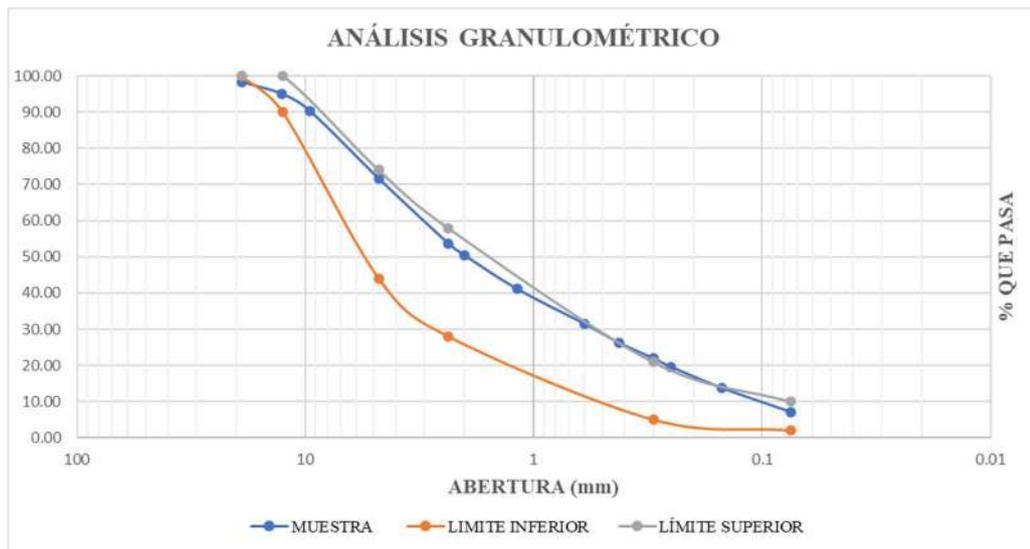
Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.4.2. Análisis granulométrico de la capa asfáltica

Para el análisis granulométrico del asfalto se lo realizó por cada kilómetro de la vía en estudio, esto con la ayuda de la extracción de asfalto realizada en el inciso anterior.

A manera de ejemplo se presenta en la siguiente figura el análisis granulométrico perteneciente al km 5+000 de la vía Cunchibamba – San Andrés.

Figura 23. Análisis granulométrico del km 5+000 de la vía Cunchibamba – San Andrés



Elaborado por: Sánchez, A.

Como se puede observar existen límites dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado. Como en este ejemplo el tamaño nominal máximo es de 1/2", al igual que las demás muestras, se utiliza los límites proporcionadas por la siguiente tabla:

Tabla 32. Límites superior e inferior

MEZCLAS CERRADAS			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGRAGADO	
		1/2 in (12.5 mm)	
		LÍMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
3/4"	19	100	100
1/2"	12.5	90	100
4	4.75	44	74
8	2.36	28	58
50	0.3	5	21
200	0.075	2	10

Fuente: Normativa ASTM D3515

Este procedimiento se lo realizó con cada una de las muestras ensayadas, de tal manera se concluye que la granulometría que se ha utilizado en las diferentes muestras pertenece a la granulometría de 1/2" según el MOP y que cumple con dicha normativa.

3.1.5. Evaluación de la Condición del Pavimento Asfáltico usando el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI)

El Índice de Condición de Pavimento (PCI) se lo realiza en campo pues es un método de inspección visual el cual requiere de una visita a la vía en estudio con el fin de recolectar los datos suficientes para su posterior evaluación. Como todo método este requiere de ciertos cálculos previos a la inspección visual como son: el número de unidades de muestreo, intervalo de muestreo y el área de estas.

3.1.5.1. Cálculo de Unidades de Muestreo

Tabla 33. Datos para el cálculo de unidades de muestreo

DATOS			
Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Ancho de la calzada	Av	7.5	m
Longitud del tramo	Lt	4400	m
Área del tramo	Av	230.0 +/- 93.0	m ²
Error Admisible Estimado para el PCI de la sección	e	5	%
Desviación Estándar del PCI para Pavimntos Asfáticos	σ	10	

Elaborado por: Sánchez, A.

- Longitud de Unidades de Muestreo

$$L = \frac{A}{Av} \quad \text{Ecuación (3.12)}$$

Donde:

- **L:** representa la longitud de la unidad de muestreo.
- **A:** representa el área de muestreo.
- **Av:** representa el ancho de la vía.

Solución:

$$L = \frac{230 \pm 93 \text{ m}^2}{7.8 \text{ m}}$$

$$L = 29.48 \pm 11.92$$

$$L = 40 \text{ m}$$

- Área Real del Tramo (A)

$$A = Av * L \quad \text{Ecuación (3.13)}$$

Donde:

- **A:** representa el área de muestreo.
- **Av:** representa el ancho de la vía.
- **L:** representa la longitud de la vía.

Solución:

$$A = 7.5 \text{ m} * 40 \text{ m}$$

$$A = 300 \text{ m}^2$$

- Número Total de Unidades de Muestreo (N)

$$N = \frac{Lt}{L} \quad \text{Ecuación (3.14)}$$

Donde:

- **N:** representa al número total de unidades de muestreo.
- **Lt:** representa a la longitud total de la vía.
- **L:** representa la longitud de la unidad de muestreo.

Solución:

$$N = \frac{4400 \text{ m}}{40 \text{ m}}$$

$$N = 110 \text{ unidades}$$

- Número Mínimo de Unidades de Muestreo (n)

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ec (3)}$$

Solución:

$$n = \frac{110 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (110 - 1) + 10^2}$$

$$n = 14.08 \cong 14 \text{ unidades}$$

- Intervalo de muestreo (i)

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

Solución:

$$i = \frac{110}{14}$$

$$i = 7.86 \text{ unidades} \cong 8 \text{ unidades}$$

- Corrección del Número de Unidades de Muestreo (nc)

$$nc = \frac{N}{i} \quad \text{Ecuación (3.15)}$$

Donde:

- **nc**: representa el número corregido de unidades de muestreo.
- **N**: representa al número total de unidades
- **i**: representa el intervalo de muestreo.

Solución:

$$nc = \frac{110}{8}$$

$$nc = 13.75 \cong 13 \text{ unidades}$$

Tabla 34. Unidades de muestreo

#UNIDAD	ABSCISA		ANCHO PROMEDIO (m)	ÁREA (m ²)
	INICIAL	FINAL		
1	4+400	4+440	7.7	308
2	4+760	4+800	7.2	288
3	5+120	5+160	7.25	290
4	5+480	5+520	7.5	300
5	5+840	5+880	7.3	292
6	6+200	6+240	7.8	312
7	6+560	6+600	7.5	300
8	6+920	6+960	7.8	312
9	7+280	7+320	7.3	292
10	7+640	7+680	6.9	276
11	8+000	8+040	7.8	312
12	8+360	8+400	7.7	308
13	8+720	8+760	7.6	304

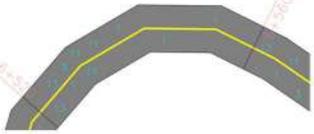
Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.5.2. Cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Obtenida la información cuanto a los tipos de fallas o anomalías presentes en cada uno de las unidades de prueba se procede a determinar el Índice de Condición de Pavimento haciendo uso de la norma ASTM D6433-03.

Para una mejor explicación del proceso del cálculo se tomó la unidad de muestreo número 7.

Tabla 35. Hoja de Cálculo del PCI de la Unidad de muestreo UC2.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
				"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+520	Área de muestreo (m2):	296	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+560	# Unidad de prueba:	UC2	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.4	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	50.32	23.32		73.64	24.55	71
3	M	34.56			34.56	11.52	18
13	M	1			1	0.33	15
11	M	1.2	18.27	5.4	24.87	8.29	29
					Valor Total de Deducción (VTD)		133
Número de deducidos > 2 (q):							4
Mayor Valor Deducido (HDV):							71
Número Admisible de Deducidos (mi):							3.66
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	71	29	11.88		111.88	3	69
2	71	29	2		102	2	72
3	71	2	2		75	1	75
4							
5							
					Máx (VDC)		75
					CÁLCULO PCI: 100 - VDC		25
					CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		MUY MALO

Elaborado por: Sánchez, A.

- Porcentaje de Densidad

Se divide el Área Total de la anomalía para el Área de Muestreo.

$$\%Densidad = \frac{\text{Área total de la anomalía}}{\text{Área de la muestra}} \quad \text{Ecuación(3.15)}$$

Piel de cocodrilo (1) en m² con una severidad alta (H):

$$\%Densidad = \frac{73.64 \text{ m}^2}{300 \text{ m}^2}$$

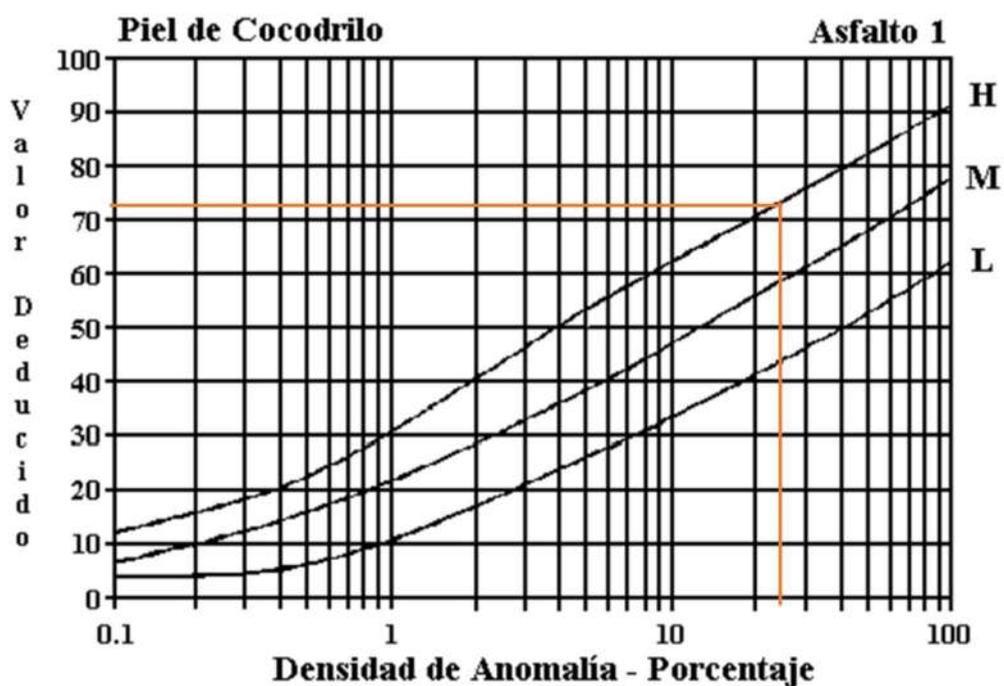
$$\%Densidad = 24.55$$

Este proceso se lo realizó de igual manera con cada uno de los tipos de anomalías registradas.

- Determinación de Valores Deducidos

El Valor Deducido se lo determinó en base a las curvas de valores deducidos en pavimentos asfálticos según el tipo de falla, además, de el nivel de severidad que esta posea.

Figura 24. Curva de valores deducidos para Piel de Cocodrilo (1)



Fuente: Manual Completo de Diseño de Pavimentos

De igual manera este proceso se lo repitió para cada una de las fallas.

- Cálculo del Valor Deducido Total (VDT)

$$VDT: \sum \text{Valores deducidos} \quad \text{Ecuación (3.16)}$$

Donde:

$$DT = \text{Valor Deducido Total}$$

Solución:

$$VDT: 71 + 29 + 18 + 15$$

$$VDT: 133$$

- Determinación del número máximo aceptable de deducción (m)

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - 71) \quad \text{Ec (3.5)}$$

$$m_i = 3.66$$

El número de valores deducidos es reducido a m y los números son 71, 29 y el tercer valor (18) es multiplicado por la parte decimal de m que es (0.66).

$$18 * 0.66 = 11.88$$

- Determinación del Valor Deducido Máximo Compensado (CDV)

Para este cálculo se hizo uso del apartado 1.1.2.6.1.4. que se encuentra dentro de este documento en el cual se enlista los pasos a seguir para la determinación del Valor Deducido Máximo Compensado.

$$PCI = 25$$

La unidad de muestreo del ejemplo tiene como PCI igual a 25, con lo cual entra en el rango de 10 – 25, calificando su condición como Muy Malo.

- Cálculo del PCI para una sección

En este punto también se tomó en cuenta aquellas Unidades Adicionales o también llamadas Unidades Críticas. Por ende, se utilizó la ecuación (6):

$$PCI_s = \frac{(N - A)PCI_r + A * PCI_a}{N} \quad Ec(3.6)$$

$$PCI_s = \frac{((110 - 5) * 33.54) + (5 * 11)}{110}$$

$$PCI_s = 32.51$$

3.1.5.3. Resultados del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Tabla 37. Resultados de PCI de la Vía Cunchibamba – San Andrés

RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)						
#UNIDAD	ABSCISA		ÁREA (m2)	PCI	CLASIFICACIÓN	INTERVENCIÓN
	INICIAL	FINAL				
1	4+400	4+440	308	46	Regular	Rehabilitación
2	4+760	4+800	288	70	Bueno	Rehabilitación
3	5+120	5+160	290	16	Muy Malo	Reconstrucción
4	5+480	5+520	300	24	Muy Malo	Reconstrucción
5	5+840	5+880	292	13	Muy Malo	Reconstrucción
6	6+200	6+240	312	18	Muy Malo	Reconstrucción
7	6+560	6+600	300	8	Fallado	Reconstrucción
8	6+920	6+960	312	23	Muy Malo	Reconstrucción
9	7+280	7+320	292	17	Muy Malo	Reconstrucción
10	7+640	7+680	276	10	Fallado	Reconstrucción
11	8+000	8+040	312	42	Regular	Rehabilitación
12	8+360	8+400	308	34	Malo	Rehabilitación
13	8+720	8+760	304	98	Excelente	Mantenimiento
PCI_R				32.23	Malo	Rehabilitación
UNIDADES CRÍTICAS						
UC1	6+480	6+520	308	10	Fallado	Reconstrucción
UC2	6+520	6+560	296	25	Fallado	Reconstrucción
UC3	6+600	6+640	300	13	Muy Malo	Rehabilitación
UC4	6+840	6+880	304	14	Muy Malo	Rehabilitación
UC5	8+280	8+320	292	10	Fallado	Reconstrucción
PCI_A				14.4	Muy Malo	Reconstrucción

PCI_S	31.42	MALO
------------------------	--------------	-------------

Elaborado por: Sánchez, A.

La vía Cunchibamba – San Andrés, una vez realizada la evaluación tanto de las unidades de muestreo seleccionadas y críticas, posee un PCI de 31.42, valor que dictamina la clasificación de **MALO** al pavimento existente de la vía en estudio.

3.1.6. Evaluación del Pavimento mediante el Ensayo de la Viga Benkelman

Partiendo del ancho de la vía se procedió a colocar la viga Benkelman a 0.9m del borde de esta. Con la cual se procedió a determinar las deflexiones a cinco diferentes distancias (25cm, 50cm, 1m, 5m y 8m). Además, determinar el espesor y temperatura de la capa de asfalto.

A continuación, se muestra una tabla con las lecturas de deflexiones en cada de las estaciones.

Tabla 38. Lectura de Deflexiones de la vía Cunchibamba – San Andrés

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”											
DEFLEXIONES EN CAMPO DE LA CAPA DE RODADURA											
ESTACIÓN	ABSCISA	TEMPERATURA (°C)	ESPESOR (cm)	LECTURA DEL DEFLECTÓMETRO (x 10 ⁻² mm)						CARRIL	
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	IZQUIERDO	DERECHO
1	4+400	40	2.5	0.0	42.0	45.0	47.0	48.0	49.0		X
2	4+600	40	2.5	0.0	35.0	48.0	56.0	58.0	60.0	X	
3	4+800	39	2.5	0.0	27.0	34.0	36.0	37.0	38.0		X
4	5+000	38	4	0.0	33.0	49.0	53.0	59.0	61.0	X	
5	5+200	38	4	0.0	41.0	49.0	52.0	53.0	55.0		X
6	5+400	37	4	0.0	20.0	38.0	49.0	55.0	56.0	X	
7	5+600	38	4	0.0	39.0	48.0	57.0	60.0	62.0		X
8	5+800	38	4	0.0	9.0	19.0	24.0	29.0	30.0	X	
9	6+000	39	5	0.0	29.0	40.0	51.0	55.0	58.0		X
10	6+200	40	5	0.0	30.0	44.0	59.0	60.0	60.0	X	
11	6+400	41	2.5	0.0	46.0	51.0	53.0	54.0	54.0		X
12	6+600	41	2.5	0.0	38.0	44.0	47.0	50.0	51.0	X	
13	6+800	38	2.5	0.0	41.0	61.0	66.0	68.0	69.0		X
14	7+000	39	2.5	0.0	45.0	53.0	59.0	60.0	61.0	X	
15	7+200	39	2.5	0.0	20.0	35.0	48.0	59.0	62.0		X
16	7+400	38	4	0.0	11.0	19.0	23.0	28.0	35.0	X	
17	7+600	40	4	0.0	42.0	55.0	60.0	62.0	63.0		X
18	7+800	40	2.5	0.0	28.0	45.0	51.0	56.0	59.0	X	
19	8+000	40	2.5	0.0	30.0	36.0	40.0	44.0	46.0		X
20	8+200	39	2.5	0.0	43.0	56.0	62.0	67.0	67.0	X	
21	8+400	40	5	0.0	39.0	41.0	51.0	52.0	52.0		X
22	8+600	38	5	0.0	42.0	58.0	65.0	68.0	68.0	X	
23	8+800	39	5	0.0	35.0	43.0	44.0	48.0	49.0		X

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.6.1. Corrección por el Brazo con relación 1:2 de la Viga Benkelman

Para su cálculo se empleó la siguiente ecuación:

$$D = (Df - Do) * RB \quad \text{Ecuación (3.18)}$$

Donde:

D: Deflexión corregida

RB: Relación brazo - viga

Df: Deflexión final

Do: Deflexión inicial

Para la estación 1:

$$D = (48.0 - 0.0) * 2$$

$$D = 96 * 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 39. Corrección por el Brazo con relación 1:2

DEFLEXIONES CORREGIDAS POR RELACIÓN DE BRAZO 1:2											
ESTACIÓN	ABSCISA	TEMPERATURA (°C)	ESPESOR (cm)	LECTURA DEL DEFLECTÓMETRO (x 10 ⁻² mm)						CARRIL	
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	IZQUIERDO	DERECHO
1	4+400	40	2.5	98.0	14.0	8.0	4.0	2.0	0.0		X
2	4+600	40	2.5	120.0	50.0	24.0	8.0	4.0	0.0	X	
3	4+800	39	2.5	76.0	22.0	8.0	4.0	2.0	0.0		X
4	5+000	38	4	122.0	56.0	24.0	16.0	4.0	0.0	X	
5	5+200	38	4	110.0	28.0	12.0	6.0	4.0	0.0		X
6	5+400	37	4	112.0	72.0	36.0	14.0	2.0	0.0	X	
7	5+600	38	4	124.0	46.0	28.0	10.0	4.0	0.0		X
8	5+800	38	4	60.0	42.0	22.0	12.0	2.0	0.0	X	
9	6+000	39	5	116.0	58.0	36.0	14.0	6.0	0.0		X
10	6+200	40	5	120.0	60.0	32.0	2.0	0.0	0.0	X	
11	6+400	41	2.5	108.0	16.0	6.0	2.0	0.0	0.0		X
12	6+600	41	2.5	102.0	26.0	14.0	8.0	2.0	0.0	X	
13	6+800	38	2.5	138.0	56.0	16.0	6.0	2.0	0.0		X
14	7+000	39	2.5	122.0	32.0	16.0	4.0	2.0	0.0	X	
15	7+200	39	2.5	124.0	84.0	54.0	28.0	6.0	0.0		X
16	7+400	38	4	70.0	48.0	32.0	24.0	14.0	0.0	X	
17	7+600	40	4	126.0	42.0	16.0	6.0	2.0	0.0		X
18	7+800	40	2.5	118.0	62.0	28.0	16.0	6.0	0.0	X	
19	8+000	40	2.5	92.0	32.0	20.0	12.0	4.0	0.0		X
20	8+200	39	2.5	134.0	48.0	22.0	10.0	0.0	0.0	X	
21	8+400	40	5	104.0	26.0	22.0	2.0	0.0	0.0		X
22	8+600	38	5	136.0	52.0	20.0	6.0	0.0	0.0	X	
23	8+800	39	5	98.0	28.0	12.0	10.0	2.0	0.0		X

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.6.2. Corrección de Deflexiones por Efectos de Temperatura

A lo largo del ensayo de Viga Benkelman se presentaron diferentes cambios de temperatura, por lo cual es meritorio realizar una corrección de las deflexiones aplicando una temperatura base de 20 °C.

$$D_{20\ C} = \frac{D_0}{0.001 * (t - 20\ C) * (h) + 1} \quad \text{Ecuación (3.19)}$$

Donde:

$D_{20\ C}$: Deflexión corregida por temperatura

D_0 : Deflexión inicial corregida por brazo 1:2

t: Temperatura en sitio

h: Espesor de la carpeta asfáltica

Para la estación 1:

$$D_{20\ C} = \frac{98}{0.001 * (40 - 20\ C) * (2.5) + 1}$$

$$D_{20\ C} = 93.3 * 10^2\ mm$$

Tabla 40. Corrección de Deflexiones por efecto de temperaturas

DEFLEXIONES CORREGIDAS POR EFECTOS DE TEMPERATURA											
ESTACIÓN	ABSCISA	TEMPERATURA (°C)	ESPESOR (cm)	LECTURA DEL DEFLECTÓMETRO (x 10 ⁻² mm)						CARRIL	
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	IZQUIERDO	DERECHO
1	4+400	40	2.5	93.3	13.3	7.6	3.8	1.9	0.0		X
2	4+600	40	2.5	114.3	47.6	22.9	7.6	3.8	0.0	X	
3	4+800	39	2.5	72.6	21.0	7.6	3.8	1.9	0.0		X
4	5+000	38	4	113.8	52.2	22.4	14.9	3.7	0.0	X	
5	5+200	38	4	102.6	26.1	11.2	5.6	3.7	0.0		X
6	5+400	37	4	104.9	67.4	33.7	13.1	1.9	0.0	X	
7	5+600	38	4	115.7	42.9	26.1	9.3	3.7	0.0		X
8	5+800	38	4	56.0	39.2	20.5	11.2	1.9	0.0	X	
9	6+000	39	5	105.9	53.0	32.9	12.8	5.5	0.0		X
10	6+200	40	5	109.1	54.5	29.1	1.8	0.0	0.0	X	
11	6+400	41	2.5	102.6	15.2	5.7	1.9	0.0	0.0		X
12	6+600	41	2.5	96.9	24.7	13.3	7.6	1.9	0.0	X	
13	6+800	38	2.5	132.1	53.6	15.3	5.7	1.9	0.0		X
14	7+000	39	2.5	116.5	30.5	15.3	3.8	1.9	0.0	X	
15	7+200	39	2.5	118.4	80.2	51.6	26.7	5.7	0.0		X
16	7+400	38	4	65.3	44.8	29.9	22.4	13.1	0.0	X	
17	7+600	40	4	116.7	38.9	14.8	5.6	1.9	0.0		X
18	7+800	40	2.5	112.4	59.0	26.7	15.2	5.7	0.0	X	
19	8+000	40	2.5	87.6	30.5	19.0	11.4	3.8	0.0		X
20	8+200	39	2.5	127.9	45.8	21.0	9.5	0.0	0.0	X	
21	8+400	40	5	94.5	23.6	20.0	1.8	0.0	0.0		X
22	8+600	38	5	124.8	47.7	18.3	5.5	0.0	0.0	X	
23	8+800	39	5	89.5	25.6	11.0	9.1	1.8	0.0		X

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.6.3. Corrección por Efectos de Estacionalidad

Para el cálculo de la corrección por estacionalidad hay que tener en cuenta el tipo de suelo y el clima, pues de estas dependerán los cálculos posteriores.

Tabla 41. Factores de corrección por estacionalidad

TIPO DE SUELO (SUBRASANTE)	ESTACIÓN LLUVIOSA	ESTACIÓN SECA
Arenosa - permeable	1	1.1 a 1.3
Arcillosa - sensible al agua	1	1.2 a 1.4

Fuente: CONREVIAl, 2014

Debido a que el suelo pertenece a un tipo Arenosa – Permeable y las estaciones de lecturas fueron hechos en un día soleado se acogió al valor de 1.2 para los respectivos cálculos.

$$D = 1.2 * D_{20c} \quad \text{Ecuación (3.20)}$$

Donde:

D: Deflexión corregida por estacionalidad.

D_{20c} : Deflexión inicial corregida por temperatura.

Para la estación 1:

$$D = 1.2 * 93.34$$

$$D = 112$$

Tabla 42. Corrección por estacionalidad

DEFLEXIONES CORREGIDAS POR ESTACIONALIDAD											
ESTACIÓN	ABSCISA	TEMPERATURA (°C)	ESPESOR (cm)	LECTURA DEL DEFLECTÓMETRO (x 10 ⁻² mm)						CARRIL	
				D0	D25	D50	D100	D500	D800	IZQUIERDO	DERECHO
1	4+400	40	2.5	112.0	16.0	9.1	4.6	2.3	0.0		X
2	4+600	40	2.5	137.1	57.1	27.4	9.1	4.6	0.0	X	
3	4+800	39	2.5	87.1	25.2	9.2	4.6	2.3	0.0		X
4	5+000	38	4	136.6	62.7	26.9	17.9	4.5	0.0	X	
5	5+200	38	4	123.1	31.3	13.4	6.7	4.5	0.0		X
6	5+400	37	4	125.8	80.9	40.4	15.7	2.2	0.0	X	
7	5+600	38	4	138.8	51.5	31.3	11.2	4.5	0.0		X
8	5+800	38	4	67.2	47.0	24.6	13.4	2.2	0.0	X	
9	6+000	39	5	127.1	63.6	39.5	15.3	6.6	0.0		X
10	6+200	40	5	130.9	65.5	34.9	2.2	0.0	0.0	X	
11	6+400	41	2.5	123.1	18.2	6.8	2.3	0.0	0.0		X
12	6+600	41	2.5	116.3	29.6	16.0	9.1	2.3	0.0	X	
13	6+800	38	2.5	158.5	64.3	18.4	6.9	2.3	0.0		X
14	7+000	39	2.5	139.8	36.7	18.3	4.6	2.3	0.0	X	
15	7+200	39	2.5	142.1	96.2	61.9	32.1	6.9	0.0		X
16	7+400	38	4	78.4	53.7	35.8	26.9	15.7	0.0	X	
17	7+600	40	4	140.0	46.7	17.8	6.7	2.2	0.0		X
18	7+800	40	2.5	134.9	70.9	32.0	18.3	6.9	0.0	X	
19	8+000	40	2.5	105.1	36.6	22.9	13.7	4.6	0.0		X
20	8+200	39	2.5	153.5	55.0	25.2	11.5	0.0	0.0	X	
21	8+400	40	5	113.5	28.4	24.0	2.2	0.0	0.0		X
22	8+600	38	5	149.7	57.2	22.0	6.6	0.0	0.0	X	
23	8+800	39	5	107.4	30.7	13.2	11.0	2.2	0.0		X

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.6.4. Cálculo del Radio de Curvatura

El radio de curvatura se realizó estableciendo una relación entre las deflexiones y el comportamiento de la vía.

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}} \quad \text{Ecuación (3.21)}$$

Donde:

Rc: Radio de curvatura (m)

D₀: Deflexión máxima a los 0 metros.

D₂₅: Deflexión a los 0.25 metros.

Para la estación 1:

$$Rc = \frac{3125}{112 - 16}$$

$$Rc = 32.6 \text{ m}$$

Tabla 43. Resultados del cálculo del radio de curvatura

ESTACIÓN	ABSCISA	LECTURA DEL DEFLECTÓMETRO (x 10-2 mm)		RADIO DE CURVATURA
		D0	D25	
1	4+400	112.0	16.0	32.6
2	4+600	137.1	57.1	39.1
3	4+800	87.1	25.2	50.5
4	5+000	136.6	62.7	42.3
5	5+200	123.1	31.3	34.0
6	5+400	125.8	80.9	69.5
7	5+600	138.8	51.5	35.8
8	5+800	67.2	47.0	155.1
9	6+000	127.1	63.6	49.2
10	6+200	130.9	65.5	47.7
11	6+400	123.1	18.2	29.8
12	6+600	116.3	29.6	36.1
13	6+800	158.5	64.3	33.2
14	7+000	139.8	36.7	30.3
15	7+200	142.1	96.2	68.2
16	7+400	78.4	53.7	126.9
17	7+600	140.0	46.7	33.5
18	7+800	134.9	70.9	48.8
19	8+000	105.1	36.6	45.6
20	8+200	153.5	55.0	31.7
21	8+400	113.5	28.4	36.7
22	8+600	149.7	57.2	33.8
23	8+800	107.4	30.7	40.7
Promedio (Dm):		123.8	48.9	50.0

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.6.5. Cálculo de Deflexión Característica

Para el cálculo de la deflexión característica se empleó la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}} \quad \text{Ecuación (3.22)}$$

Donde:

σ : Desviación estándar

D_i : Deflexión máxima corregida

\bar{D} : Deflexión media

$$\sigma = \sqrt{\frac{11903}{(23 - 1)}}$$

$$\sigma = 23.26$$

Tabla 44. Desviación estándar de cada una de las deflexiones

ESTACIÓN	ABSCISA	D0	(Dm-D0)	(Dm-D0) ²
1	4+400	112.0	11.8	139.8
2	4+600	137.1	-13.3	177.4
3	4+800	87.1	36.8	1351.1
4	5+000	136.6	-12.7	162.4
5	5+200	123.1	0.7	0.5
6	5+400	125.8	-2.0	4.1
7	5+600	138.8	-15.0	224.5
8	5+800	67.2	56.7	3210.1
9	6+000	127.1	-3.3	10.9
10	6+200	130.9	-7.1	50.2
11	6+400	123.1	0.7	0.5
12	6+600	116.3	7.5	56.7
13	6+800	158.5	-34.6	1200.4
14	7+000	139.8	-15.9	254.1
15	7+200	142.1	-18.2	332.3
16	7+400	78.4	45.5	2067.0
17	7+600	140.0	-16.2	261.7
18	7+800	134.9	-11.0	121.8
19	8+000	105.1	18.7	348.9
20	8+200	153.5	-29.7	881.3
21	8+400	113.5	10.4	107.5
22	8+600	149.7	-25.9	670.9
23	8+800	107.4	16.4	269.8
Promedio:		123.8	Suma:	11903.9

Elaborado por: Sánchez, A. (2022)

Según el método CONREVIAl expone varias ecuaciones para el cálculo de deflexiones características:

Tabla 45. Ecuaciones de deflexiones características

Valor de diseño (%)	Deflexión Característica (D_c)	Extensión del pavimento
		($\bar{D} < D_c$)
50	\bar{D}	50
75	$\bar{D} + 0.674 * \sigma$	25
85	$\bar{D} + \sigma$	15
90	$\bar{D} + 1.3 * \sigma$	10
95	$\bar{D} + 1.645 * \sigma$	5
98	$\bar{D} + 2 * \sigma$	2
99	$\bar{D} + 2.33 * \sigma$	1
99.9	$\bar{D} + 3 * \sigma$	0.1

Fuente: CONREVIAl

La ecuación recomendada por CONREVIAl es con el valor de diseño del 95%:

$$D_c = \bar{D} + 1.645 * \sigma \quad \text{Ecuación (3.23)}$$

Donde:

\bar{D} : Deflexión media

σ : Desviación estándar

$$D_c = 123.8 + 1.645 * 23.26$$

$$D_c = 162.09 * 10^{-2} mm$$

3.1.6.6. Cálculo de Deflexión Admisible

Para este cálculo se necesitó de los ejes equivalentes (tabla 29), en aquella tabla podemos encontrar los diferentes W18 (ejes equivalentes) para cada uno de los años de estudio. Los cuales están proyectados en un periodo de 20 años.

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{4}} * 100 \quad \text{Ecuación (3.24)}$$

Donde:

D_{adm} : Deflexión admisible en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.110028} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{adm} = 179.80 * 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.6.7. Cálculo de Deflexión Crítica

Se calculó la deflexión crítica con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100 \quad \text{Ecuación (3.25)}$$

Donde:

D_{cr} : Deflexión crítica en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

$$D_{cr} = \left(\frac{1.9}{0.110028} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{cr} = 171.18 * 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.6.8. Tipos de Deflexiones

Una vez realizados los cálculos de radio de curvatura y deflexiones, el siguiente paso fue determinar el tipo de deflexión existente en la vía. La clasificación de deflexiones es propuesta por CONREVIAl en la siguiente tabla:

Tabla 46. Tipos de deflexiones

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c < 100$
Tipo IV	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$

Fuente: CONREVIAl

Con cada uno de los datos obtenidos en los incisos anteriores se llegó a la siguiente tabla, en la que se podrá observar las relación entre la deflexión crítica y admisible, además, de la importancia del radio de curvatura dentro del comportamiento del pavimento.

Tabla 47. Resultados del ensayo Viga Benkelman

RESULTADOS	
Deflexión Promedio (Dm)	123.8 x 10e-2 mm
Desviación Estándar (σ)	23.26
Deflexión Característica (Dc)	162.1 x 10e-2 mm
Deflexión Admisible (Dadm)	179.8 x 10e-2 mm
Deflexión Crítica (Dcr)	171.2 x 10e-2 mm
Radio de Curvatura (Rc)	50.0
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	
COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	
Tipo III	
$D_c < D_a$	$162.1 \times 10e-2 \text{ mm} < 179.8 \times 10e-2 \text{ mm}$
COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO	
Tipo III	
$R_c < 100$	$50 < 100$

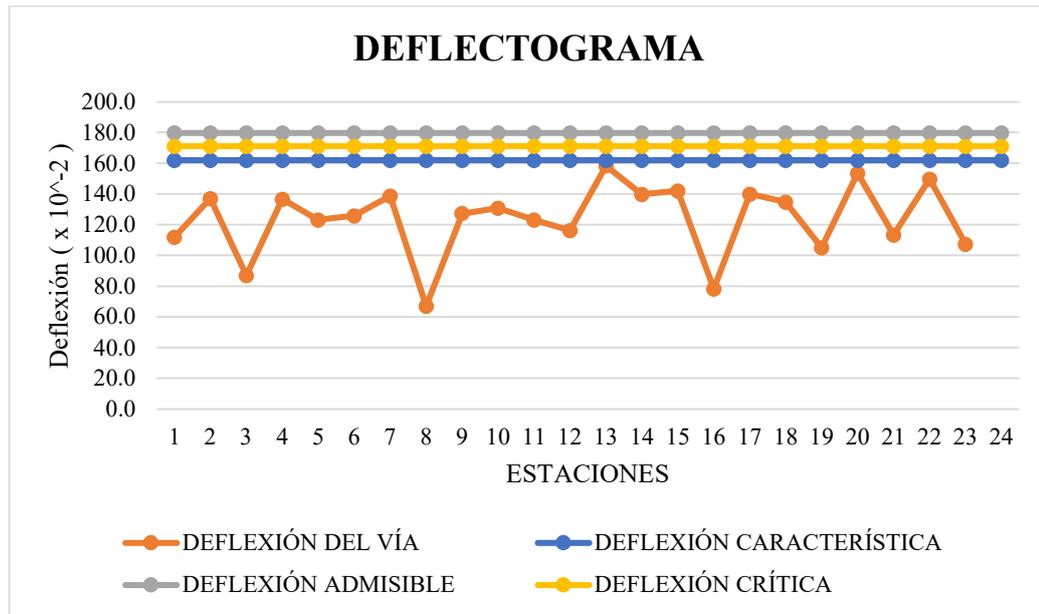
Elaborado por: Sánchez, A.

Como se puede observar en la tabla, el comportamiento de la subrasante es catalogado como TIPO III, esto quiere decir, que el comportamiento de la subrasante es Bueno.

Sin embargo, al observar el valor de radio de curvatura menor a 100 se expone que el comportamiento del pavimento es considerado MALO.

A continuación se presenta el siguiente gráfico con las deflexiones calculadas:

Figura 26. Deflectograma



Elaborado por: Sánchez, A.

En el siguiente gráfico podemos observar un comportamiento brusco en la estación 13 cuya deflexión es de 158.5×10^2 , esto quiere decir que la tendencia de cada una de las deflexiones es aumentar con el paso del tiempo.

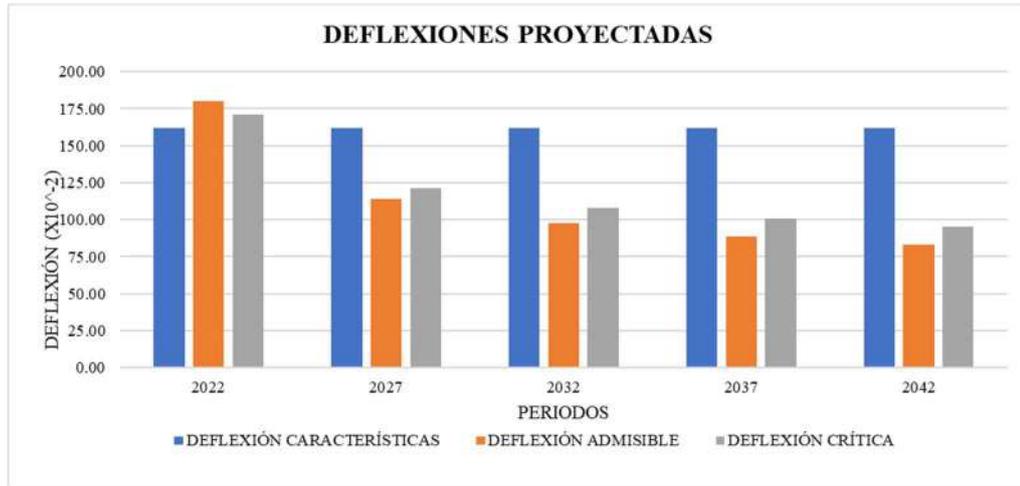
Por dicha razón, se realizó una proyección a 20 años de las deflexiones en la carretera Cunchibamba – San Andrés en las abscisas 4+400 a la 8+800.

Tabla 48. Deflexiones proyectadas cada 5 años

DEFLEXIONES PROYECTADAS				
AÑO	W18	Dc	Dadm	Dcr
2022	110028	162.09	179.80	171.18
2027	674592	162.09	114.27	121.58
2032	1254259	162.09	97.85	108.15
2037	1844466	162.09	88.86	100.56
2042	2442510	162.09	82.84	95.37

Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 27. Deflexiones proyectadas cada 5 años



Elaborado por: Sánchez, A.

En la gráfica, se puede notar que un periodo de 5 años las deflexiones aumentarán, comprometiendo así el comportamiento tanto de la subrasante como el pavimento, De modo que se puede inferir una rehabilitación preventiva, antes de que la estructura del pavimento colapse y el daño sea mucho mayor.

3.1.7. Propuesta de rehabilitación vial

La propuesta de un plan de conservación vial tiene inicio en la interpretación de los datos obtenidos por el Índice de Condición de Pavimento (PCI) de la mano con las deflexiones determinadas por el ensayo de Viga Benkelman y los diferentes ensayos dentro del análisis de suelos para presentar las respectivas conclusiones de la vía.

Partiendo de la tabla 37, la cual aporta los valores del PCI, se pudo llegar a la conclusión de que la vía Cunchibamba – San Andrés en las abscisas 4+400 a la 8+8000 es destacable la opción de realizar una Rehabilitación Urgente puesto que los daños existentes en la vía son altos y aumentan con rapidez lo que provoca incomodidad a los usuarios de la vía. Además, es preciso mencionar ciertos puntos o unidades de muestreo que se encuentran en un mal estado siendo éstas las que más necesitan de una rehabilitación urgente.

En la siguiente tabla se muestran los distintos tipos de falla que se encontraron a lo largo de la vía en estudio con su respectiva cantidad e intervención; esto con el objetivo

de dar a conocer diferentes alternativas de rehabilitación para mejorar la calidad de movilidad de cada uno de los usuarios.

Tabla 49. Resumen del tipo de falla y su respectiva intervención en la vía
Cunchibamba – San Andrés.

TIPO DE FALLA	UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISAS		CANTIDAD	UNIDAD	DEFLEXIÓN	INTERVENCIÓN
		INICIAL	FINAL				
PIEL COCODRILO	U1	4+400	4+440	12.6	m ²	DEFLEXIÓN TIPO III	
	U3	5+120	5+160	47.05			
	U4	5+480	5+520	84.9			
	U5	5+840	5+880	53.56			
	U6	6+200	6+240	109.92			
	U7	6+560	6+600	73.64			
	U8	6+880	6+920	77.17			
	U9	7+240	7+280	176.66			
	U10	7+600	7+640	248			
	U11	7+960	8+000	12.66			
	U12	8+320	8+360	136			
	UC1	6+480	6+520	70.67			
	UC2	6+520	6+560	111.54			
	UC3	6+600	6+640	72.56			
	UC4	6+800	6+840	58.42			
UC5	8+280	8+320	79.4				
AGRIETAMIENTO DE BORDE	U1	4+400	4+440	6.3	m		
	U11	7+960	8+000	4.8			
AGRIETAMIENTO LONG. Y TRANS.	U1	4+400	4+440	25	m		
	U2	5+120	5+160	41.5			
	U3	5+120	5+160	30.5			
	U4	5+480	5+520	24.3			
	U5	5+840	5+880	28.5			
	U6	6+200	6+240	6.9			
	U8	6+880	6+920	17.5			
	U9	7+240	7+280	35.5			
	U11	7+960	8+000	16.9			
	U13	8+680	8+720	13.1			
	UC1	6+480	6+520	20.8			
	UC3	6+600	6+640	15			
	UC4	6+800	6+840	13.2			
BACHES	U3	5+120	5+160	1	U		
	U5	5+840	5+880	1			
	U6	6+200	6+240	1			
	U7	6+560	6+600	1			
	U11	7+960	8+000	1			
	UC1	6+480	6+520	4			
	UC2	6+520	6+560	6			
	UC3	6+600	6+640	3			
	UC4	6+800	6+840	6			
UC5	8+280	8+320	2				
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	U6	6+200	6+240	23.75	m ²		
	U7	6+560	6+600	34.56			
	U8	6+880	6+920	29.75			
	UC2	6+520	6+560	10.12			
	UC5	8+280	8+320	10.01			
PARCHADOS	U7	6+560	6+600	24.87	m ²		
	U8	6+880	6+920	23.98			
	U10	7+600	7+640	27.14			
	U11	7+960	8+000	4.56			
	UC1	6+480	6+520	20.35			
	UC2	6+520	6+560	52.35			
UC4	6+800	6+840	9				
DEPRESIONES	UC5	8+280	8+320	10.01	m ²		

Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.7.1. Fallas representativas en las unidades de muestreo

Figura 28. Fallas presentes en toda la unidad de muestreo UC5, 8+280 – 8+320.



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 29. Bache con severidad alta encontrado en la unidad de muestreo U4, abscisa 5+840



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 30. Piel de cocodrilo con severidad alta encontrado en la unidad de muestreo UC1 en la abscisa 6+480



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 31. Baches, parches y piel de cocodrilo encontrados entre las unidades de muestreo U7 y UC3 entre las abscisas 6+560 y 6+600



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 32. Depresión con severidad alta en la unidad de muestreo UC5, abscisas
8+280 – 8+320.



Elaborado por: Sánchez, A

Figura 33. Agrietamiento long, y trans., encontrado en la unidad de muestreo U1 entre la abscisa 6+400 – 6+440



Elaborado por: Sánchez, A.

Figura 34. Agrietamiento en bloque, encontrado en la unidad de muestreo U9, entre las abscisas 6+880 – 6+920



Elaborado por: Sánchez, A.

3.1.7.2. Intervenciones propuestas por la NEVI-12, Volumen 6. Conservación vial.

- Sellado de grietas

Las grietas se rellenan con hormigón asfáltico, pero el relleno debe ser arena, posiblemente, el borde del pavimento se ha afirmado y debe nivelarse con hormigón asfáltico.

Se insta a utilizar el siguiente procedimiento para la reparación de este tipo de fisuras:

- Con ayuda del escobillón y aire comprimido se realiza una limpieza del pavimento.
 - Con concreto asfáltico cuya graduación es fina se procede a rellenar las fisuras.
 - Se sobrepone riego de liga en el área a restaurar.
 - Se nivelan los bordes cubiertos y se aplica hormigón asfáltico. Comprobar el nivel con una regla. Luego se compacta con un equipo compactador vibratorio plano. Los bordes del parche deben estar limpios y rectos.
 - Se retira toda vegetación que se encuentre junto al pavimento.
- Parcheo o Bacheo superficial

Establecer las señales preventivas y dispositivos de seguridad necesarios antes proseguir con el mantenimiento.

Señalar el área a eliminar, marcándola con un color; dotar de una forma rectangular o cuadrada a toda el área desgastada y hasta unos 0.30m por debajo del pavimento circundante en buenas condiciones.

Cortar a lo largo de la línea que delimita el área a remover, dejando paredes verticales. Revuelva la mezcla hasta la profundidad en que se encuentre la mezcla sana. Tenga mucho cuidado de no dañar la base adyacente.

Retire los materiales excedentes y traslade a botaderos autorizados donde deberá situar en forma ordenada y cubrir con por lo menos 0.3m del suelo.

- Parcheo o Bacheo Profundo

Delimitar el área a restaurar, excediéndose al menos 0.3m fuera del área desgastada.

El área para definir tiene que ser rectangular, con dos de sus lados perpendiculares al eje de la vía.

Después, deberá cortar sobra la delimitación realizada con ayuda de un equipo de corte.

Excavar hasta la profundidad definida por el espesor planteado, recortando las paredes en forma vertical.

Compactar el fondo hasta el 95% del Proctor modificado, siguiendo la norma AASHTO T180.

Con un barrido enérgico se tendrá que limpiar las paredes y fondo en la zona en la cual se efectuó la remoción.

La superficie se cubrirá con el ligante correspondiente, para esto se utilizará escobillones.

Previo a la colocación de la mezcla asfáltica de relleno se tendrá que verificar que la imprimación haya penetrado lo especificado.

Se extiende la mezcla asfáltica y se nivela mediante rastrillos, colocando la cantidad necesaria para que sobresalga unos 6mm sobre el pavimento.

La compactación se realizará con un rodillo neumático o liso.

- Sello Bituminoso

Antes del sellado, se remueve la superficie de todo material extraño al pavimento, con ayuda de escobas mecánicas, escobillas u otros

El asfalto se aplicará mediante un distribuidor a presión. En los sitios de comienzo y término se deberá colocar una protección transversal al eje del camino.

Se distribuye el uniformemente el asfalto sobre el área a sellar. Con una tolerancia de +/- 5%.

Se cubrirá inmediatamente con áridos una vez que el asfalto ha sido colocado en el sitio a sellar. Se deberá distribuir el árido de manera que las ruedas del esparcidor no entren en contacto con el bitumen recién colocado.

Evitar el tránsito vehicular por el área restaurada por un mínimo de dos horas después de haberlo realizado.

- **Reconstrucción**

Una reconstrucción a gran escala de una estructura vial requiere la demolición parcial o completa de la estructura existente por adelantado. Una posible causa raíz es la mala construcción o la falta de mantenimiento adecuado.

- **Sobrecarpeta**

Sobrecarpeta de mezcla asfáltica en caliente sobre pavimentos flexibles existentes después de reparar el daño del parche existente, que a veces puede incluir el fresado de las capas de asfalto viejas y el tratamiento de la base granular. La pavimentación con asfalto puede resolver eficazmente el problema de que la estructura del pavimento no es suficiente para soportar las cargas de tráfico y las irregularidades graves de la superficie. El material utilizado en este evento es esencialmente una mezcla en caliente y riego de liga.

Para su realización, deben estar en su lugar las señales de seguridad y los dispositivos de seguridad originales. Es necesario identificar y definir el área de intervención. A continuación, se prepara la superficie para la aplicación del revestimiento bituminoso reparando y sellando grietas y fisuras, limpiando la superficie y fresando la capa bituminosa existente y la base si es necesario. Aplique una capa de liga, repita con la pavimentadora en caliente o la pavimentadora y compacte la mezcla de la pavimentadora con un rodillo vibratorio. Finalmente, se realiza una limpieza general para retirar el exceso de material y retirar señales y/o dispositivos de seguridad.

3.1.7.3. Conservación vial

En base a los datos obtenidos del Índice de Condición del Pavimento y del ensayo no destructivo Viga Benkelman se plantea una rehabilitación de la vía. Además, se contemplan otras actividades importantes a realizar como son:

- **Arborización:** Consiste en la siembra de árboles endémicos con la finalidad de evitar la erosión del suelo que podría afectar a la seguridad vial. En la vía

en estudio se observa la tala indiscriminada de árboles por motivos de minería lo que provoca que ciertas zonas se vean afectados por la erosión.

- **Conservación y Reposición de Guardavías:** Consiste en una limpieza y reposición de los guardavías mejorando su visibilidad. Los guardavías encontrados en la vía se encuentran en un estado aceptable, sin embargo, es meritorio realizar un mantenimiento de estos.
- **Conservación de señales verticales:** Las señales verticales son de gran importancia dentro del ámbito vial pues advierten ciertos peligros a lo largo de la vía. La vía Cunchibamba – San Andrés / 4+400 al 8+800 no posee de señalización vertical lo cual provoca una incomodidad de los usuarios al transitar la misma. Por esta razón es importante realizar una rehabilitación vertical.
- **Desmonte, poda, corte y retiro de árboles y arbustos:** En la vía en estudio se observa gran cantidad de obstáculos a lo largo de la carretera como son: montículos de tierra y árboles en curvas cerradas que perjudican la visibilidad de los conductores.
- **Limpieza de la carpeta asfáltica:** Es necesario retirar cada material extraño al pavimento ya que pueden afectar la seguridad vial. A lo largo del tramo de la vía se han encontrado una serie de materiales ajenos a la estructura del pavimento como son: piedras de gran tamaño, montículos de arena por efectos de deslaves
- **Limpieza de cunetas y cunetas de coronación:** Las cunetas tienen que permanecer libres de obstrucciones, lo cual no se refleja en la vía en estudio. Los materiales extraños a la vía, como arena, basura, ramas y rocas imposibilitan el libre paso del agua por las cunetas siendo una actividad necesaria dentro de la rehabilitación.
- **Limpieza de la demarcación o señalización horizontal:** Estas señales actualmente necesitan de un repintado y señalización nueva a lo largo del tramo de vía. Claramente es una labor necesaria dentro de la rehabilitación vial.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó una propuesta de rehabilitación del pavimento de la vía Cunchibamba– San Andrés km 4+400 hasta km 8+800 del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.
- Se dispone de un levantamiento topográfico georreferenciado de la vía Cunchibamba – San Andrés entre las abscisas 4+400 y 8+8000 en donde se obtuvo un plano con un total de 324 puntos con coordenadas UTM (WGS84 17S), un ancho de calzada promedio de 7.50m con dos sentidos de circulación y una longitud total de 4.4 kilómetros. Además, se evidenció falta de señalética vertical, curvas cerradas sin pendientes pronunciadas y el mal estado de las cunetas que se encuentran obstaculizados por materiales extraños a la vía. También es de importancia mencionar la falta de un sistema de alcantarillado en la zona.
- Se realizó que el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo de la vía en estudio fue de 1346 veh/día, mediante este valor se realizó una proyección de 20 años con lo cual se determinó el Tráfico Futuro de 1464 veh/día para el año 2042. Con el incremento obtenido se clasificó la vía como una Vía Colectora Clase II según MTOP, la cual recomienda un ancho promedio 7.3m, valor que cumple satisfactoriamente la vía existente (7.5m).
- Se clasificó el Índice de Condición de Pavimento (PCI) en la cual se analizaron un total de 18 unidades de muestreo obteniendo un valor de PCI para la sección de 31.42 clasificando como MALO y su intervención es una REHABILITACIÓN. Es necesario destacar las diferentes fallas o anomalías encontradas como son: piel de cocodrilo, agrietamiento Long., y Trans., agrietamiento de borde, baches, agrietamiento en bloque, parchados y depresiones. Siendo piel de cocodrilo la falla predominante en la mayoría de las unidades de muestreo. Realizado los ensayos de granulometría y límites de Atterberg se clasificó la subrasante mediante la norma AASHTO como A-3 Arena mal graduada y A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena; y por la norma SUCS como SP – Arena mal graduada y

SM – Arena Limosa. Los valores obtenidos de los ensayos de Proctor Modificado y CBR para cada una de las muestras dictaminaron un CBR de 21%, 24%, 7% y 26%, respectivamente. El valor 7% corresponde a la abscisa 7+000 calificando como una SUBRASANTE MALA, esto debido a que el suelo corresponde a un relleno con material de desbanque de mala calidad. Por otro lado, es meritorio resaltar que para las demás muestras entran en un rango de REGULAR a BUENA.

- Se evidenció por el método de PCI, que la unidad de muestreo U7 es una de las unidades con más afectaciones en la estructura del pavimento pues su calificación cuantitativa es de 8 dando como resultado un pavimento FALLADO e imponiendo una rehabilitación urgente. Se concluye mediante el análisis de asfalto que el porcentaje de contenido de asfalto a lo largo del tramo de la vía tiene un promedio de 5.81% y la granulometría del asfalto para cada una de las muestras, en donde se evidenció que hay un mayor número de partículas finas que componen el asfalto.
- Se estimó con el Ensayo de Viga Benkelman que las deflexiones estudiadas son de TIPO III, esto debido a que el valor de deflexión característica es menor a la deflexión admisible por lo que se considera al comportamiento de la subrasante como BUENO. Sin embargo, el radio de curvatura es menor a 100 por lo que se le otorga al pavimento un comportamiento de MALO.
- Se preparó un plan de rehabilitación en base al manual NEVI en el volumen 6, en donde se reúne un conjunto de soluciones dependiendo del tipo de falla existente las cuales son: parches superficiales, bacheo superficial y profundo, sellos con tratamiento superficial.

4.2. Recomendaciones

- Una recomendación académica es el hecho de incentivar a estudiantes y docentes a que realicen proyectos de alcantarillado y agua potable que ayuden al desarrollo de la zona, puesto que la vía Cunchibamba – San Andrés entre las abscisas 4+400 y 8+800 no cuentan con estos servicios básicos.

- Se recomienda utilizar cada uno de los equipos topográficos y de ensayos, ya sean estos en campo o en laboratorio, con mucho cuidado teniendo en cuenta la calibración de cada uno de ellos para así obtener datos certeros.
- Se recomienda a las entidades encargadas de la seguridad vial invertir los suficientes recursos, tanto económicos como de tiempo, para intervenir en ciertas carreteras que necesitan de un estudio y mantenimiento vial pues es importante garantizar la movilidad de las personas brindando un ambiente seguro y confiable.
- Se recomienda que para el ensayo de Viga Benkelman se realice una previa acotación de todo el tramo en estudio, con el objetivo de presurizar el trabajo.
- Utilizar la indumentaria correcta como chaleco reflectivo, conos de seguridad, casco, mandil, ropa cómoda y un calzado acorde a la situación para así evitar accidentes tanto en actividades en campo como en laboratorio.
- Se recomienda instruirse acerca de los equipos y materiales utilizados durante los ensayos realizados tanto en campo como en el laboratorio para obtener datos certeros y confiables.
- Realizar constantes estudios viales en las carreteras del país ya que existen zonas que necesitan de un mantenimiento ya sea este rutinario, periódico o urgente.
- Utilizar fuentes bibliográficas confiables para el desarrollo del proyecto técnico para que la información sea utilizada para diferentes áreas de estudio ya sean estas laborales o institucionales.
- Se recomienda realizar manteamientos periódicos de los equipos de laboratorio para garantizar su óptimo funcionamiento para estudiantes y tesistas.
- Informar cada uno de los avances al tutor a cargo con la finalidad de dar soluciones a ciertas dudas que se presentan durante la realización del proyecto técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Papí *et al.*, “ESTUDIO COMPARATIVO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS EN ESPAÑA, REINO UNIDO, ALEMANIA, FRANCIA E ITALIA,” Madrid, Jul. 2020. Accessed: May 11, 2022. [Online]. Available: <https://acex.eu/archivos/PDF/Informe-sectorial-ACEX-Conservaci%C3%B3n-de-carreteras-en-Espa%C3%B1a.-Comparativa-con-Alemania,Francia,Italia-y-Reino%20Unido.pdf>
- [2] N. Rubio, “Propuesta de un plan de mantenimiento para la vía de acceso al Parque Natural Chicaque en el municipio de Soacha, Cundinamarca,” Colombia, Cundinamarca, 2022. Accessed: May 19, 2022. [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27041>
- [3] E. Paucar, “EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AV. FLORAL Y JR. CARABAYA, PUNO.,” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA, PUNO, 2019.
- [4] “ASTM D6433-20 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys,” Jun. 09, 2020. <https://www.astm.org/d6433-20.html> (accessed May 11, 2022).
- [5] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR DEL TRANSPORTE, *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI- 12 - MTOP, VOLUMEN VI, CONSERVACION VIAL*. Quito, 2013.
- [6] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO. NTE INEN 696*. QUITO, 2011.
- [7] NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS, “Secciones 700 y 800- MEDIDA DE LAS DEFLEXIONES DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN INV E-795,” 2012.
- [8] “Historia Vial Del Ecuador.” <https://pdfcoffee.com/historia-vial-del-ecuador-3-pdf-free.html> (accessed May 11, 2022).
- [9] N. Ecuatoriana Vial, “MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE”.

- [10] R. Pachas, “EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: USO DEL GPS Y ESTACIÓN TOTAL,” Trujillo-Venezuela, Nov. 2009. Accessed: May 22, 2022. [Online]. Available: <http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/academia/v8n16/articulo3.pdf>
- [11] L. Moreno, *REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE*. Ecuador: Presidente Constitucional de la Republica, 2018. Accessed: May 22, 2022. [Online]. Available: www.lexis.com.ec
- [12] N. Ecuatoriana Vial, *LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES*. Quito, 2013.
- [13] J. Tapia and R. Veizaga, “APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA DE TRÁFICO,” Universidad Mayor De San Simón, Cochabamba - Bolivia, 2006.
- [14] C. Crespo Villalaz, *Mecanica de suelos y cimentaciones*, 5ta ed. Mexico: LIMUSA, 2004. Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Db2SQbBHVPQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=GRANULOMETRIA+DE+SUELOS&ots=amQPiOsI7l&sig=cil0gUiQPQcePb4pxitdHGVH8Og#v=onepage&q=GRANULOMETRIA%20DE%20SUELOS&f=false>
- [15] ASTM, “Los métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos,” 2005, Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: www.civilgeeks.com
- [16] J. raul Teran sotelo and F. Javier Valenzuela Ossa, “Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas”.
- [17] A. Chacón, C. Ordóñez, and L. Varón, “CLASIFICACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA DE MATERIALES PROVENIENTES DE CANTERAS ALEDAÑAS A BOGOTÁ, A PARTIR DE SU VALOR DE AZUL DE METILENO Y SU RELACIÓN CON LA CLASIFICACIÓN POR EL SISTEMA UNIFICADO Y SISTEMA AASHTO ,” Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2016.
- [18] Autora: and K. Veloz, “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO-QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA KM 3+200 HASTA LA ABSCISA KM 6+400 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”
- [19] R. C. Rosetti and H. F. Begliardo, “GENERALIDADES SOBRE COMPACTACIÓN DE SUELOS *”, Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: <http://www.fra.utn.edu.ar>

- [20] “EXTRACCION CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS MTC E - PDF Free Download.” <https://docplayer.es/58460578-Extraccion-cuantitativa-de-asfalto-en-mezclas-para-pavimentos-mtc-e.html> (accessed Oct. 13, 2022).
- [21] R. Cal y Mayor and J. Cardenas, “Ingenieria de Transito”.
- [22] Alfonso. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Universidad Católica de Colombia, 1998.
- [23] “MANUAL COMPLETO DISEÑO DE PAVIMENTOS.”
- [24] H. González, P. Ruiz, and D. Guerrero, “PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS mediante EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI),” Sep. 2018, Accessed: May 29, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358738015/html/>
- [25] E. Daniel Rodríguez and V. Piura, “CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA,” 2009.
- [26] Grupo Tecnico, “ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 0587-03 MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS,” Oct. 2006.
- [27] C. Ruidias, “EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PCI Y LA VIGA BENKELMAN EN LA AV. CONFRATERNIDAD EN EL PP JJ RICARDO PALMA EN LA CIUDAD DE CHICLAYO,” Universidad San Martín De Porres, Lima - Perú, 2021.
- [28] R. Miranda, “DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS,” 2010.
- [29] J. R. Menéndez, “MANTENIMIENTO RUTINARIO DE CAMINOS CON MICROEMPRESAS: MANUAL TÉCNICO Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas Manual Técnico Oficina Internacional del Trabajo Oficina Subregional para los Países Andinos”, Accessed: May 31, 2022. [Online]. Available: www.oit.org.pe

ANEXO A:
CONTEO VEHICULAR

Anexo A-1. Formato establecido para la recolección de datos del conteo vehicular

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
CONTEO VEHICULAR											
PROYECTO:		Via Cunchibamba - San Andrés		RESPONSABLE:		Andrés Sánchez					
FECHA:				SENTIDO:		Ambos sentidos					
				UBICACIÓN:		4+440					
				ESTACIÓN:		1					
				DÍA:							
				HOJA:		1					
SIMBOLOGÍA											
A	AUTOMOVILES	C CAMIONETAS			M MOTOS	L LIVIANOS			M	MEDIANOS	SUMATORIA TOTAL POR HORA
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)		
							L	M			
6H00	6H00 - 6h15										
	6H15 - 6h30										
	6H30 - 6h45										
	6H45 - 7h00										
SUMA PARCIAL											
7h00	7h00 - 7h15										
	7h15 - 7h30										
	7h30 - 7h45										
	7h45 - 8h00										
SUMA PARCIAL											
8H00	8H00 - 8H15										
	8H15 - 8H30										
	8H30 - 8H45										
	8H45 - 9H00										
SUMA PARCIAL											
9H00	9H00 - 9H15										
	9H15 - 9H30										
	9H30 - 9H45										
	9H45 - 10H00										
SUMA PARCIAL											
10H00	10H00 - 10H15										
	10H15 - 10H30										
	10H30 - 10H45										
	10H45 - 11H00										
SUMA PARCIAL											
11H00	11H00 - 11H15										
	11H15 - 11H30										
	11H30 - 11H45										
	11H45 - 12H00										
SUMA PARCIAL											
12H00	12H00 - 12H15										
	12H15 - 12H30										
	12H30 - 12H45										
	12H45 - 13H00										
SUMA PARCIAL											
13H00	13H00 - 13H15										
	13H15 - 13H30										
	13H30 - 13H45										
	13H45 - 14H00										
SUMA PARCIAL											
14H00	14H00 - 14H15										
	14H15 - 14H30										
	14H30 - 14H45										
	14H45 - 15H00										
SUMA PARCIAL											
15H00	15H00 - 15H15										
	15H15 - 15H30										
	15H30 - 15H45										
	15H45 - 16H00										
SUMA PARCIAL											
16H00	16H00 - 16H15										
	16H15 - 16H30										
	16H30 - 16H45										
	16H45 - 17H00										
SUMA PARCIAL											
17H00	17H00 - 17H15										
	17H15 - 17H30										
	17H30 - 17H45										
	17H45 - 18H00										
SUMA PARCIAL											

Anexo A-2. Censo vehicular, lunes 9 de mayo del 2022

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO VEHICULAR		PROYECTO:		RESPONSABLE:		UBICACIÓN:		DÍA:					
A		C		M		L		P					
AUTOMÓVILES		CAMIONETAS		MOTOS		LIVIANOS		PESADOS		M			
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES				OTROS	SUMATORIA TOTAL POR HORA	
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)	> TRES EJES (C-3)			
							L	M					
6H00	6H00 - 6h15	5	3	1								80	
	6H15 - 6h30	11	4		3		1						
	6H30 - 6h45	10	7	2			1	1		1			
	6H45 - 7h00	17	8	3				1	1				
SUMA PARCIAL		43	22	6	3	0	2	2	1	1	0		
7H00	7H00 - 7H15	14	7	2			1	3	2			113	
	7H15 - 7H30	13	4	1			4	5	2				
	7H30 - 7H45	21	12		1		1	3	3				
	7H45 - 8H00	7	5				2						
SUMA PARCIAL		55	28	3	1	0	8	11	7	0	0		
8H00	8H00 - 8H15	4	3					3				51	
	8H15 - 8H30	3	7					1	2				
	8H30 - 8H45	2	5					2					
	8H45 - 9H00	6	4				1	7	1				
SUMA PARCIAL		15	19	0	0	0	1	13	3	0	0		
9H00	9H00 - 9H15	11	8	1			3	4	1			70	
	9H15 - 9H30	5	7				3	2					
	9H30 - 9H45	5	3		2		2	1	1				
	9H45 - 10H00	5	1				4	1					
SUMA PARCIAL		26	19	1	2	0	12	8	2	0	0		
10H00	10H00 - 10H15	7	2				2	4	2			74	
	10H15 - 10H30	9	6	1			6	3		1			
	10H30 - 10H45	9	3				2	2					
	10H45 - 11H00	5	4	1			2	2		1			
SUMA PARCIAL		30	15	2	0	0	12	11	2	2	0		
11H00	11H00 - 11H15	6	2				2		2	1		50	
	11H15 - 11H30	1	4				1	1	2				
	11H30 - 11H45	3	6	1			1	2					
	11H45 - 12H00	6	6	1				1		1			
SUMA PARCIAL		16	18	2	0	0	4	4	4	2	0		
12H00	12H00 - 12H15	7	2				2	7	1			76	
	12H15 - 12H30	9	6	1	1		1	1	1				
	12H30 - 12H45	7	7	1	1		3	1	1				
	12H45 - 13H00	6	6					3		1			
SUMA PARCIAL		29	21	2	2	0	6	12	3	1	0		
13H00	13H00 - 13H15	7	7	1	1		4	2				74	
	13H15 - 13H30	7	4				1	3	2				
	13H30 - 13H45	7	6	1			3	2					
	13H45 - 14H00	5	4				4	2	1				
SUMA PARCIAL		26	21	2	1	0	12	9	3	0	0		
14H00	14H00 - 14H15	6	6				6	4	1			89	
	14H15 - 14H30	8	4				3	5	1				
	14H30 - 14H45	6	10		1		4	3	1				
	14H45 - 15H00	5	4	1				8	2				
SUMA PARCIAL		25	24	1	1	0	13	20	5	0	0		
15H00	15H00 - 15H15	11	2		1		3	2				81	
	15H15 - 15H30	13	3	3			3	1	1				
	15H30 - 15H45	8	6					1	1				
	15H45 - 16H00	9	4		1		3	3	1	1			
SUMA PARCIAL		41	15	3	2	0	9	7	3	1	0		
16H00	16H00 - 16H15	10	2	1		1	2	3				83	
	16H15 - 16H30	8	4				2	5					
	16H30 - 16H45	11	7		1		4	1					
	16H45 - 17H00	8	4				3	6					
SUMA PARCIAL		37	17	1	1	1	11	15	0	0	0		
17H00	17H00 - 17H15	8	2	1			1	3	1			78	
	17H15 - 17H30	11	3		1		4	2					
	17H30 - 17H45	9	8	1	2		5	1					
	17H45 - 18H00	10	4					1					
SUMA PARCIAL		38	17	2	3	0	10	7	1	0	0		
SUMA POR TIPO		642		17		100		119		34		7	
SUMA VEHICULAR TOTAL											919		

Anexo A-3. Conteo vehicular, martes 10 de mayo del 2022

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
CONTEO VEHICULAR		PROYECTO:	Via Cunclibamba - San Andrés	RESPONSABLE:	Andrés Sánchez	UBICACIÓN:	4+440	DÍA:	MARTES							
		FECHA:	10/5/2022	SENTIDO:	Ambos sentidos	ESTACIÓN:	1	HOJA:	2							
SIMBOLOGÍA																
A	AUTOMÓVILES	C	CAMIONETAS	M	MOTOS	L	LIVIANOS	P	PESADOS	M	MEDIANOS					
HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	SUMATORIA TOTAL POR HORA						
	A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)			> TRES EJES (C-3)					
						L	M									
6H00	6H00 - 6H15	2		1			3	1								
	6H15 - 6H30	15	10			1	7									
	6H30 - 6H45	10	9	2	1		9	4	1							
	6H45 - 7H00	9	10	3			2	3								
SUMA PARCIAL		36	29	6	1	1	21	8	1	0	0					
7H00	7H00 - 7H15	9	14		1		3	4								
	7H15 - 7H30	17	9			3		2								
	7H30 - 7H45	14	7		2		4	1								
	7H45 - 8H00	9	10	1			3	2	1							
SUMA PARCIAL		49	40	1	6	0	10	9	1	0	0					
8H00	8H00 - 8H15	8	6	2			2	5	1	1						
	8H15 - 8H30	16	9				5	2	1							
	8H30 - 8H45	7	8	2			8	3	2							
	8H45 - 9H00	10	10				3	3								
SUMA PARCIAL		41	33	4	0	0	18	13	4	1	0					
9H00	9H00 - 9H15	6	9				3	4	2							
	9H15 - 9H30	6	7	1			1	4								
	9H30 - 9H45	7	6				8	5		1						
	9H45 - 10H00	7	11				5	3	2		1					
SUMA PARCIAL		26	33	1	0	0	17	16	4	1	1					
10H00	10H00 - 10H15	6	8				2	4	1							
	10H15 - 10H30	6	13	2	1		12	7	1							
	10H30 - 10H45	10	13	2	1		6	6	2							
	10H45 - 11H00	5	13				5	7		1						
SUMA PARCIAL		27	47	4	2	0	25	24	4	1	0					
11H00	11H00 - 11H15	8	9				4	6								
	11H15 - 11H30	5	10				7	5	2							
	11H30 - 11H45	3	11				5	10	1							
	11H45 - 12H00	9	14				6	4		1						
SUMA PARCIAL		25	44	0	0	0	22	25	3	1	0					
12H00	12H00 - 12H15	3	6	2			1	4		1						
	12H15 - 12H30	6	7	2			2	4								
	12H30 - 12H45	9	18	2	2		3	3	1							
	12H45 - 13H00	5	11	1				5								
SUMA PARCIAL		23	42	7	2	0	6	16	1	1	0					
13H00	13H00 - 13H15	6	9	1			2	5	3							
	13H15 - 13H30	8	7	1			3	4		1	1					
	13H30 - 13H45	10	9	1	1		2	9	1							
	13H45 - 14H00	8	11	1			3	2	1							
SUMA PARCIAL		32	36	4	1	0	10	20	5	1	1					
14H00	14H00 - 14H15	9	9	2			4	3								
	14H15 - 14H30	17	9	1			4	2	1							
	14H30 - 14H45	9	8	1			5	2								
	14H45 - 15H00	2	5		1			5	1	1						
SUMA PARCIAL		37	31	4	1	0	13	12	2	1	0					
15H00	15H00 - 15H15	10	6				4	1	2							
	15H15 - 15H30	5	5				3	2								
	15H30 - 15H45	6	7	1			3	5	1							
	15H45 - 16H00	2	7	3	1		3	3	1							
SUMA PARCIAL		23	25	4	1	0	13	11	4	0	0					
16H00	16H00 - 16H15	6	4		1		3	4								
	16H15 - 16H30	8	5		3			2								
	16H30 - 16H45	5	8		2		4	1								
	16H45 - 17H00	6	7	1			3	2	1							
SUMA PARCIAL		25	24	1	6	0	10	9	1	0	0					
17H00	17H00 - 17H15	8	6	2			1	3								
	17H15 - 17H30	16	9	2			1		1	1						
	17H30 - 17H45	7	8	2	2		4	3	1							
	17H45 - 18H00	10	10				3	2	2							
SUMA PARCIAL		41	33	6	2	0	9	8	4	1	0					
SUMA POR TIPO		844		23		174		171		34		10		SUMA VEHICULAR TOTAL		1256

Anexo A-4. Conteo vehicular, miércoles 11 de mayo del 2022

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO VEHICULAR													
PROYECTO:	Via Cunchibamba - San Andrés	RESPONSABLE:	Andrés Sánchez	UBICACIÓN:	4+440	DÍA:	MIÉRCOLES						
FECHA:	11/5/2022	SENTIDO:	Ambos sentidos	ESTACIÓN:	1	HOJA:	3						
SIMBOLOGÍA													
HORA	A AUTOMÓVILES			C CAMIONETAS		M MOTOS		L LIVIANOS		P PESADOS		M MEDIANOS	SUMATORIA TOTAL POR HORA
	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES					OTROS		
	A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)	> TRES EJES (C-3)				
						L	M						
6H00	6H00 - 6h15	5	6	1				3	1				59
	6H15 - 6h30	6	6					5	1				
	6H30 - 6h45	3	1					2	1				
	6H45 - 7h00	5	6	1					6				
SUMA PARCIAL		19	19	2	0	0	10	9	0	0	0		
7H00	7H00 - 7H15	8	4	3				2	4				95
	7H15 - 7H30	11	6					4	4				
	7H30 - 7H45	15	9	1	3			3	3	1			
	7H45 - 8H00	6	3	2				1	1	1			
SUMA PARCIAL		40	22	6	3	0	10	12	1	1	0		
8H00	8H00 - 8H15	4	7	1				2	3	1			71
	8H15 - 8H30	6	1	1					5				
	8H30 - 8H45	4	5	2				5	2	4			
	8H45 - 9H00	4	7	1				2	4				
SUMA PARCIAL		18	20	5	0	0	9	14	5	0	0		
9H00	9H00 - 9H15	5	8		1				8	2			71
	9H15 - 9H30	3	5	1				3	4				
	9H30 - 9H45	3	4					2	4	1			
	9H45 - 10H00	4	2		4				6	1			
SUMA PARCIAL		15	19	1	5	0	5	22	4	0	0		
10H00	10H00 - 10H15	4	3					4	3	3			64
	10H15 - 10H30	2	5	1				2	2	2			
	10H30 - 10H45	2	2					2	2	2			
	10H45 - 11H00	4	9	2				5	3				
SUMA PARCIAL		12	19	3	0	0	13	10	7	0	0		
11H00	11H00 - 11H15	6	4					2	6	1			83
	11H15 - 11H30	6	3					2	8	1			
	11H30 - 11H45	7	7					3	3				
	11H45 - 12H00	3	9					2	7	3			
SUMA PARCIAL		22	23	0	0	0	9	24	5	0	0		
12H00	12H00 - 12H15	7	3	2	2			2	6	1			78
	12H15 - 12H30	6	3		1				5				
	12H30 - 12H45	4	4	2	1			2	4	1			
	12H45 - 13H00	5	5					5	5	2			
SUMA PARCIAL		22	15	4	4	0	9	20	4	0	0		
13H00	13H00 - 13H15	9	2					1	2	1			67
	13H15 - 13H30	7	1						6				
	13H30 - 13H45	7	4	1				1	5				
	13H45 - 14H00	6	4	1				4	4	1			
SUMA PARCIAL		29	11	2	0	0	6	17	2	0	0		
14H00	14H00 - 14H15	12	6	1				3	6	1			84
	14H15 - 14H30	6	5		1				2	1			
	14H30 - 14H45	5	3	1	1			4	6				
	14H45 - 15H00	5	6					2	6	1			
SUMA PARCIAL		28	20	2	2	0	9	20	3	0	0		
15H00	15H00 - 15H15	6	5		1			1	7				71
	15H15 - 15H30	6	6					2	7				
	15H30 - 15H45	2	7		1	1			4	1			
	15H45 - 16H00	5	5					1	3				
SUMA PARCIAL		19	23	0	2	1	4	21	1	0	0		
16H00	16H00 - 16H15	5	6	2				2	2	1			77
	16H15 - 16H30	4	7	2				3	3	2			
	16H30 - 16H45	5	11					1	4				
	16H45 - 17H00	7	4					1	5				
SUMA PARCIAL		21	28	4	0	0	7	14	3	0	0		
17H00	17H00 - 17H15	8	8	2				3	6				87
	17H15 - 17H30	2	6	1	1			1	1				
	17H30 - 17H45	7	6		1			3	5				
	17H45 - 18H00	8	11					4	1	2			
SUMA PARCIAL		25	31	3	2	0	11	13	2	0	0		
SUMA POR TIPO		552		19		102		196		37		1	
SUMA VEHICULAR TOTAL											907		

Anexo A-5. Cuento vehicular, jueves 12 de mayo del 2022

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO VEHICULAR													
PROYECTO:	Vía Cunclibamba - San Andrés	RESPONSABLE:	Andrés Sánchez	UBICACIÓN:	4+440	DÍA:	JUEVES						
FECHA:	12/5/2022	SENTIDO:	Ambos sentidos	ESTACIÓN:	1	HOJA:	4						
SIMBOLOGÍA													
A	C	M	L	P	M								
HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	SUMATORIA TOTAL POR HORA			
	A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		> TRES EJES (C-3)					
						L	M						
6H00	6H00 - 6h15	6	6				2	2			84		
	6H15 - 6h30	5	6	1			1	4					
	6H30 - 6h45	14	9	1			3						
	6H45 - 7h00	9	7				2	4	1				
SUMA PARCIAL		34	28	2	0	1	8	10	1	0	0		
7H00	7H00 - 7H15	6	7	4			3	2	1		99		
	7H15 - 7H30	9	13				1	2					
	7H30 - 7H45	15	6				2	3					
	7H45 - 8H00	8	7	1			3	5	1				
SUMA PARCIAL		38	33	5	0	0	9	12	2	0	0		
8H00	8H00 - 8H15	8	5				1	3			64		
	8H15 - 8H30	6	3					4					
	8H30 - 8H45	9	8				2	3	2	1			
	8H45 - 9H00	1	4				3	1					
SUMA PARCIAL		24	20	0	0	0	6	11	2	1	0		
9H00	9H00 - 9H15	9	9				1	1	1		82		
	9H15 - 9H30		7				4	2					
	9H30 - 9H45	6	14				1	2	2				
	9H45 - 10H00	8	7		2		4	1	1				
SUMA PARCIAL		23	37	0	2	0	10	6	4	0	0		
10H00	10H00 - 10H15	2	9				2	5	2	1	73		
	10H15 - 10H30	5	11				2	2	1				
	10H30 - 10H45	3	3	2			2	5	2				
	10H45 - 11H00	3	5				2	4					
SUMA PARCIAL		13	28	2	0	0	8	16	5	1	0		
11H00	11H00 - 11H15	1	7	2	1		3	3			70		
	11H15 - 11H30	6	6	2	1		1		2				
	11H30 - 11H45	8	3		1		6	1	2				
	11H45 - 12H00	3	4	2			3	2					
SUMA PARCIAL		18	20	6	3	0	13	6	4	0	0		
12H00	12H00 - 12H15	6	1	1	1		3	4			67		
	12H15 - 12H30	5	1	3				4					
	12H30 - 12H45	3	10	1				2					
	12H45 - 13H00	6	9	2			1	2	2				
SUMA PARCIAL		20	21	7	1	0	4	12	2	0	0		
13H00	13H00 - 13H15	7	3		1		2	5	1		70		
	13H15 - 13H30	2	6	2	1			1	2				
	13H30 - 13H45	7	3		1		1	10	1				
	13H45 - 14H00	5	2		2		1	4					
SUMA PARCIAL		21	14	2	5	0	4	20	4	0	0		
14H00	14H00 - 14H15	9	6	2				2	2		82		
	14H15 - 14H30	12				1	1	5	2				
	14H30 - 14H45	8	7	1	1		2	1					
	14H45 - 15H00	11	5				2	2					
SUMA PARCIAL		40	18	3	1	1	5	10	4	0	0		
15H00	15H00 - 15H15	5	8				3	3	1		79		
	15H15 - 15H30	4	3		1		2	7	4				
	15H30 - 15H45	3	2	3			1		1				
	15H45 - 16H00	10	6	1			1	10					
SUMA PARCIAL		22	19	4	1	0	7	20	6	0	0		
16H00	16H00 - 16H15	6	9					5	1		72		
	16H15 - 16H30	8	5	1			2	6					
	16H30 - 16H45	5	3					3	1				
	16H45 - 17H00	3	4				4	5	1				
SUMA PARCIAL		22	21	1	0	0	6	19	3	0	0		
17H00	17H00 - 17H15	8	15	1				1			110		
	17H15 - 17H30	14	14	1	2			2	2				
	17H30 - 17H45	9	7	2			3	2					
	17H45 - 18H00	12	6	4			3	2					
SUMA PARCIAL		43	42	8	2	0	6	7	2	0	0		
SUMA POR TIPO		659		17		86		149		39		2	
SUMA VEHICULAR TOTAL											952		

Anexo A-6. Conteo vehicular, viernes 13 de mayo del 2022

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO VEHICULAR													
PROYECTO:		Via Cunclibamba - San Andrés		RESPONSABLE:		Andrés Sánchez		UBICACIÓN:		4+440			
FECHA:		13/5/2022		SENTIDO:		Ambos sentidos		ESTACIÓN:		1			
								DÍA:		VIERNES			
								HOJA:		5			
SIMBOLOGÍA													
A AUTOMÓVILES		C CAMIONETAS			M MOTOS		L LIVIANOS		P PESADOS			M MEDIANOS	
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	SUMATORIA TOTAL POR HORA		
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)			> TRES EJES (C-3)	
							L	M					
6H00	6H00 - 6h15	8	5				2	5					
	6H15 - 6h30	5	8				2	2					
	6H30 - 6h45	7	4		1		2	1	2				
	6H45 - 7h00	4	6	1			2	2					
SUMA PARCIAL		24	23	1	1	0	6	10	2	0	0		
7H00	7H00 - 7H15	5	4	3			2	2					
	7H15 - 7H30	5	4	2			4	2	2	2			
	7H30 - 7H45	17	3					2					
	7H45 - 8H00	9	12	2				2	2				
SUMA PARCIAL		36	23	7	0	0	6	8	4	2	0		
8H00	8H00 - 8H15	8	10				2	3	1	1			
	8H15 - 8H30	8	1				3	2	2				
	8H30 - 8H45	10	7					3					
	8H45 - 9H00	5	2				1	2	1				
SUMA PARCIAL		31	20	0	0	0	6	10	4	1	0		
9H00	9H00 - 9H15	5	7		1			5	1				
	9H15 - 9H30	7	5	1	2		1	3	1				
	9H30 - 9H45	3	1					2	1	1			
	9H45 - 10H00	1	3					2	1				
SUMA PARCIAL		16	16	1	3	0	1	12	4	1	0		
10H00	10H00 - 10H15	2	2		1		2	4	2				
	10H15 - 10H30	8	5		1		2	2	1				
	10H30 - 10H45	10	4	1			1	4	3				
	10H45 - 11H00	17	11	2			2	4	1				
SUMA PARCIAL		37	22	3	2	0	7	14	7	0	0		
11H00	11H00 - 11H15	4	9				1	4	1	1			
	11H15 - 11H30	3	6	1			2	3		1			
	11H30 - 11H45	7	3				3	2	2				
	11H45 - 12H00	7	5				1	2					
SUMA PARCIAL		21	23	1	0	0	7	11	3	2	0		
12H00	12H00 - 12H15	7	8	1	1		3	1	2				
	12H15 - 12H30	2	7	2	1		1	1					
	12H30 - 12H45	2	5				1	2	1				
	12H45 - 13H00	8	3				1	7		1			
SUMA PARCIAL		19	23	3	2	0	6	11	3	1	0		
13H00	13H00 - 13H15	8	4				2	1		1			
	13H15 - 13H30	9	4		1			3					
	13H30 - 13H45	13	5				3	2	1				
	13H45 - 14H00	4	4				4	4					
SUMA PARCIAL		34	17	0	1	0	9	10	1	1	0		
14H00	14H00 - 14H15	4	7	1			1	2		1			
	14H15 - 14H30	5	5						6	2			
	14H30 - 14H45	11	7					1	2	2			
	14H45 - 15H00	6	4		2			2		2	1		
SUMA PARCIAL		26	23	1	2	0	1	5	8	7	1		
15H00	15H00 - 15H15	6	8	1	1		2	5					
	15H15 - 15H30	12	6					3					
	15H30 - 15H45	10	6				1	1	1				
	15H45 - 16H00	8	4	1			4	3	2	1			
SUMA PARCIAL		36	24	2	1	0	7	12	3	1	0		
16H00	16H00 - 16H15	10	5	1			1	1	1				
	16H15 - 16H30	8	7			1	1	3					
	16H30 - 16H45	5	12				3	4					
	16H45 - 17H00	7	9	1	2		3	2	1				
SUMA PARCIAL		30	33	2	2	1	8	10	2	0	0		
17H00	17H00 - 17H15	10	11	1			3	4					
	17H15 - 17H30	13	8				1	1					
	17H30 - 17H45	8	10	1	4		4	3	2				
	17H45 - 18H00	9	14	2		1		5					
SUMA PARCIAL		40	43	4	4	1	8	13	2	0	0		
SUMA POR TIPO		665		20		72		126		43		17	
CONTEO VEHICULAR TOTAL											943		

Anexo A-7. Censo vehicular, sábado 14 de mayo del 2022

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
CONTEO VEHICULAR											
PROYECTO: Via Cunclibamba - San Andrés		RESPONSABLE: Andrés Sánchez		UBICACIÓN: 4+440		DÍA: SÁBADO					
FECHA: 14/5/2022		SENTIDO: Ambos sentidos		ESTACIÓN: 1		HOJA: 6					
SIMBOLOGÍA											
A AUTOMÓVILES		C CAMIONETAS			M MOTOS		L LIVIANOS		P PESADOS		M MEDIANOS
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	SUMATORIA TOTAL POR HORA
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1) L M		TRES EJES (C-2)		
6H00	6H00 - 6h15	8	4				6	1			
	6H15 - 6h30	8	8				3	3			
	6H30 - 6h45	7	5	1			1	1			
	6H45 - 7h00	6	7	2			2	3			
SUMA PARCIAL		29	24	3	0	0	12	8	0	0	0
7H00	7H00 - 7H15	4	5		1			3	1	1	
	7H15 - 7H30	8	10	2	1		2	1			
	7H30 - 7H45	5	4				2	3	1		
	7H45 - 8H00	5	2		1		3	4	1		
SUMA PARCIAL		22	21	2	3	0	7	11	3	1	0
8H00	8H00 - 8H15	5	3					1			
	8H15 - 8H30	11	5		2			3	1		
	8H30 - 8H45	12	2		1						
	8H45 - 9H00	10	3				2	5	1		
SUMA PARCIAL		38	13	0	3	0	2	9	2	0	0
9H00	9H00 - 9H15	7	4	1		1	2	4	2		
	9H15 - 9H30	3	12	1		1	3	2			
	9H30 - 9H45	8	4					2			
	9H45 - 10H00	11	9		1			3	2		1
SUMA PARCIAL		29	29	2	1	2	5	11	4	0	1
10H00	10H00 - 10H15	11	3		2		3	3			1
	10H15 - 10H30	11	9		1		3	1	2	1	
	10H30 - 10H45	10	5				1	1	1		
	10H45 - 11H00	14	9				2	5			
SUMA PARCIAL		46	26	0	3	0	9	10	3	1	1
11H00	11H00 - 11H15	5	5	3			4	2	1		
	11H15 - 11H30	10	8	2			2	3	2		
	11H30 - 11H45	17	9		3		1	4			
	11H45 - 12H00	10	3	5			5		1		
SUMA PARCIAL		42	25	10	3	0	12	9	4	0	0
12H00	12H00 - 12H15	12	3	1			1	1	1		
	12H15 - 12H30	7	8	2				4	2		
	12H30 - 12H45	6	5		2		2	1			
	12H45 - 13H00	11	6				3	1			
SUMA PARCIAL		36	22	3	2	0	6	7	3	0	0
13H00	13H00 - 13H15	10	7				2	2	1		
	13H15 - 13H30	9	8				2		1	1	
	13H30 - 13H45	15	6		2		2	1			
	13H45 - 14H00	5	3		1		1	1			
SUMA PARCIAL		39	24	0	3	0	7	4	2	1	0
14H00	14H00 - 14H15	3	6					2			
	14H15 - 14H30	11	7	1		1		1			
	14H30 - 14H45	14	5					2	1		
	14H45 - 15H00	11	4		1		2	1			
SUMA PARCIAL		39	22	1	1	1	2	6	1	0	0
15H00	15H00 - 15H15	10	11	1			2				
	15H15 - 15H30	8	8					3			
	15H30 - 15H45	13	6					1			
	15H45 - 16H00	8	6								
SUMA PARCIAL		39	31	1	0	0	2	4	0	0	0
16H00	16H00 - 16H15	17	2	2				2			
	16H15 - 16H30	8	5					3			
	16H30 - 16H45	18	8					2	1		
	16H45 - 17H00	22	7					2	2		
SUMA PARCIAL		65	22	2	0	0	4	8	0	0	0
17H00	17H00 - 17H15	24	5	1	2		2	1			
	17H15 - 17H30	13	9	1	1		2	3			
	17H30 - 17H45	6	7					2	1		
	17H45 - 18H00	8	7	1				4			
SUMA PARCIAL		51	28	3	3	0	4	10	1	0	0
SUMA POR TIPO		789		25		72	97	23	5		
CONTEO VEHICULAR TOTAL											1011

Anexo A-8. Cuento vehicular, domingo 15 de mayo del 2022

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
CONTEO VEHICULAR													
PROYECTO:		Via Cunchibamba - San Andrés		RESPONSABLE:		Andrés Sánchez		UBICACIÓN:		4+440	DÍA:	DOMINGO	
FECHA:		15/5/2022		SENTIDO:		Ambos sentidos		ESTACIÓN:		1	HOJA:	7	
SIMBOLOGÍA													
A AUTOMÓVILES		C CAMIONETAS			M MOTOS		L LIVIANOS		P PESADOS		M MEDIANOS	SUMATORIA	
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES			OTROS	TOTAL POR HORA		
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)			> TRES EJES (C-3)	
							L	M					
6H00	6H00 - 6h15	8	7								1		
	6H15 - 6h30	7	4	1	2	1	2	1					
	6H30 - 6h45	6	5	1			4						
	6H45 - 7h00	9	6		2		1	1					
SUMA PARCIAL		30	22	2	4	1	7	2	0	1	0	69	
7H00	7H00 - 7H15	4	5				1	1					
	7H15 - 7H30	3	6	1				2					
	7H30 - 7H45	9	9				2						
	7H45 - 8H00	7	6		2		1	3					
SUMA PARCIAL		23	26	1	2	0	4	6	0	0	0	62	
8H00	8H00 - 8H15	5	6										
	8H15 - 8H30	10	7				1						
	8H30 - 8H45	6	8				3	2					
	8H45 - 9H00	8	5	1	2		2	2					
SUMA PARCIAL		29	26	1	2	0	6	4	0	0	0	68	
9H00	9H00 - 9H15	5	7				2	1					
	9H15 - 9H30	8	6				1	1					
	9H30 - 9H45	12	8				3						
	9H45 - 10H00	6	4				1	1		1			
SUMA PARCIAL		31	25	0	0	0	7	3	0	1	0	67	
10H00	10H00 - 10H15	4	4				1						
	10H15 - 10H30	6	7	1			3	2					
	10H30 - 10H45	8	9	2			2	3					
	10H45 - 11H00	13	10				2	1					
SUMA PARCIAL		31	30	3	0	0	8	6	0	0	0	78	
11H00	11H00 - 11H15	11	7					1					
	11H15 - 11H30	6	5				2	2					
	11H30 - 11H45	8	3		2		1						
	11H45 - 12H00	9	12		2		3	1					
SUMA PARCIAL		34	27	0	4	0	6	4	0	0	0	75	
12H00	12H00 - 12H15	13	7										
	12H15 - 12H30	6	11	2									
	12H30 - 12H45	10	8										
	12H45 - 13H00	9	6										
SUMA PARCIAL		38	32	2	0	0	0	0	0	0	0	72	
13H00	13H00 - 13H15	8	8		1		2						
	13H15 - 13H30	10	4				1	2					
	13H30 - 13H45	9	9				3	2					
	13H45 - 14H00	10	10		2		2	1					
SUMA PARCIAL		37	31	0	3	0	8	5	0	0	0	84	
14H00	14H00 - 14H15	7	6				2						
	14H15 - 14H30	12	7				3	2					
	14H30 - 14H45	7	5	1			4	1					
	14H45 - 15H00	6	7	2			1	2					
SUMA PARCIAL		32	25	3	0	0	10	5	0	0	0	75	
15H00	15H00 - 15H15	8	10					1					
	15H15 - 15H30	12	6	1	1		3						
	15H30 - 15H45	9	8	1	3		1	2					
	15H45 - 16H00	7	6	1			2	1					
SUMA PARCIAL		36	30	3	4	0	6	4	0	0	0	83	
16H00	16H00 - 16H15	7	6				1	1					
	16H15 - 16H30	5	7				3						
	16H30 - 16H45	8	8		2			1					
	16H45 - 17H00	9	8		1		2	1					
SUMA PARCIAL		29	29	0	3	0	6	3	0	0	0	70	
17H00	17H00 - 17H15	12	10	1			1	1					
	17H15 - 17H30	8	9		2		4	2					
	17H30 - 17H45	7	11				2	1					
	17H45 - 18H00	10	8	1	1		2	1					
SUMA PARCIAL		37	38	2	3	0	9	5	0	0	0	94	
SUMA POR TIPO		745		26		77		47		0		2	897
SUMA VEHICULAR TOTAL											897		

Anexo A-9. Cuento vehicular nocturno, viernes 20 de mayo del 2022 – 21 de mayo del 2022

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO VEHICULAR													
PROYECTO:		Vía Cuachi-bamba - San Andrés		RESPONSABLE:		Andrés Sánchez		UBICACIÓN:		4+440		DÍA:	VIER - SAB
FECHA:		20/5/2022 - 21/05/22		SENTIDO:		Ambos sentidos		ESTACIÓN:		1		HOJA:	7
SIMBOLOGÍA													
A AUTOMÓVILES		C CAMIONETAS			M MOTOS		L LIVIANOS		P PESADOS		M MEDIANOS	SUMATORIA	
HORA		LIVIANOS			BUSES		CAMIONES				OTROS	TOTAL POR HORA	
		A	C	M	L	P	DOS EJES (C-1)		TRES EJES (C-2)	> TRES EJES (C-3)			
							L	M					
18H00		18H00 - 18H15	8	2				2					
		18H15 - 18H30	7	4									
		18H30 - 18H45	6	3									
		18H45 - 19H00	6	2	1				1				
SUMA PARCIAL		27	11	1	0	0	3	0	0	0	0	42	
19H00		19H00 - 19H15	5	2									
		19H15 - 19H30	8	2	1			1					
		19H30 - 19H45	2	1									
		19H45 - 20H00	9	3					1				
SUMA PARCIAL		24	8	1	0	0	2	0	0	0	0	35	
20H00		20H00 - 20H15	6	1									
		20H15 - 20H30	3	1									
		20H30 - 20H45	5	2									
		20H45 - 21H00	7	2									
SUMA PARCIAL		21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
21H00		21H00 - 21H15	3	3									
		21H15 - 21H30	1										
		21H30 - 21H45	2	3									
		21H45 - 22H00	4										
SUMA PARCIAL		10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
22H00		22H00 - 22H15	3										
		22H15 - 22H30	3	3									
		22H30 - 22H45	2	2									
		22H45 - 23H00	1										
SUMA PARCIAL		9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
23H00		23H00 - 23H15	2	2									
		23H15 - 23H30	2										
		23H30 - 23H45	3	3									
		23H45 - 24H00		1									
SUMA PARCIAL		7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
24H00		24H00 - 24H15	1	1									
		24H15 - 24H30											
		24H30 - 24H45	2										
		24H45 - 01H00	1	2									
SUMA PARCIAL		4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
01H00		01H00 - 01H15		1									
		01H15 - 01H30	2										
		01H30 - 01H45	2										
		01H45 - 02H00	4	2									
SUMA PARCIAL		8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
02H00		02H00 - 02H15	4	3									
		02H15 - 02H30	2										
		02H30 - 02H45	3	1									
		02H45 - 03H00	4	2									
SUMA PARCIAL		13	6	0	0	0	0	0	0	0	0	19	
03H00		03H00 - 03H15		1									
		03H15 - 03H30											
		03H30 - 03H45	2	3									
		03H45 - 04H00	3	3									
SUMA PARCIAL		5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
04H00		04H00 - 04H15	1	1				1					
		04H15 - 04H30	3	1									
		04H30 - 04H45	2	3									
		04H45 - 05H00	1	3					2				
SUMA PARCIAL		7	8	0	0	0	3	0	0	0	0	18	
05H00		05H00 - 05H15	7	2									
		05H15 - 05H30	4	3				1					
		05H30 - 05H45	2	3					2				
		05H45 - 06H00	7	4	1				1				
SUMA PARCIAL		20	12	1	0	0	4	0	0	0	0	37	
CONTEO VEHICULAR TOTAL											251		

ANEXO B:
ENSAYO DE SUELOS

MUESTRA #1

Ubicación Abscisa: 5+000 km

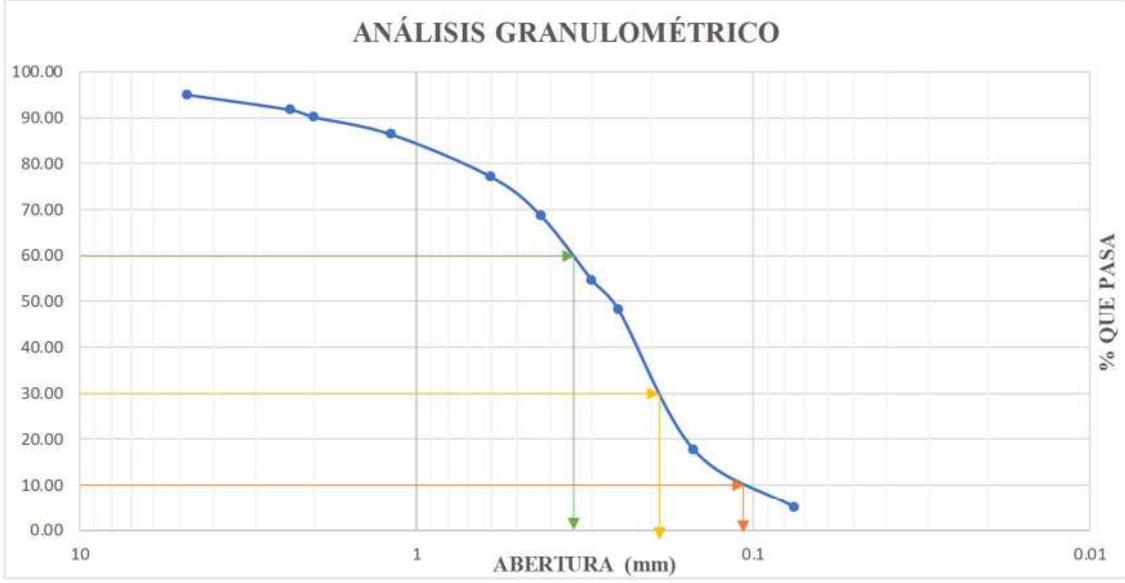
Ensayos

- Contenido de humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Compactación Proctor
- CBR

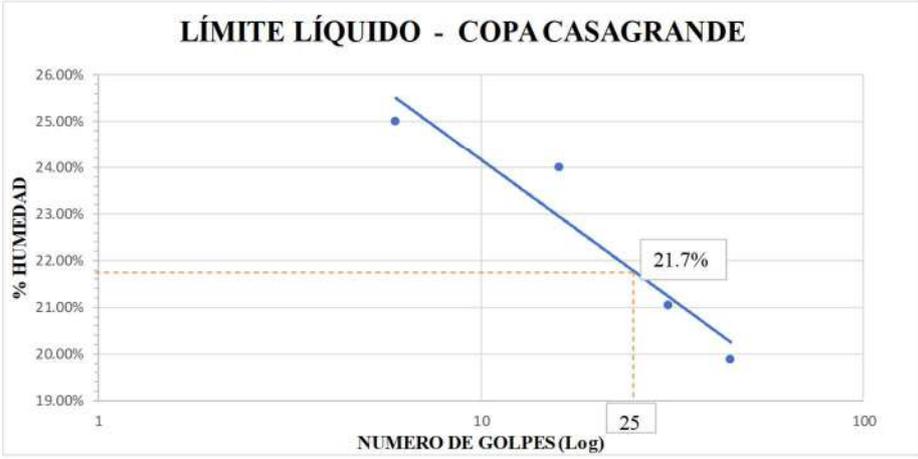
Anexo B-1. Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T 191 2014 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	19-jul-22
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° RECIPIENTE	8	44	5
MASA SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE (gr)	1442.47	123.18	125.14
MASA SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	1386	119.368	121.42
MASA RECIPIENTE (gr)	132.56	26.12	24.22
MASA DE AGUA W _w (gr)	56.47	3.812	3.72
MASA DE SUELO SECO W _s (gr)	1253.44	93.248	97.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	4.51%	4.09%	3.83%
W PROMEDIO (%)	4.14%		

Anexo B-1. Análisis granulométrico

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m		
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla		
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	20-jul-22		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	62.691	62.691	4.99	95.01
8	2.36	41.045	103.736	8.26	91.74
10	2	20.045	123.781	9.86	90.14
18	1.18	47.445	171.226	13.64	86.36
30	0.6	115.045	286.271	22.80	77.20
40	0.425	107.445	393.716	31.36	68.64
50	0.3	175.645	569.361	45.36	54.64
60	0.25	82.245	651.606	51.91	48.09
100	0.15	381.445	1033.051	82.29	17.71
200	0.075	160.945	1193.996	95.11	4.89
BANDEJA		61.345	1255.341	100.00	
RESULTADOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
					
Tamaño nominal máximo (TNM)	4.75	Coefficiente de uniformidad Cu		3.164	
Diámetro efectivo D10 (mm)	0.11				
Diámetro equiparable D30 (mm)	0.19	Coefficiente de curvatura Cc		0.943	
Diámetro dimensional D60 (mm)	0.348				
	GRAVA (G%)	ARENA (S%)	LIMO Y ARCILLA (FINOS %)		
SUCS	4.99	90.12	4.89		
AASHTO	9.86	85.25	4.89		

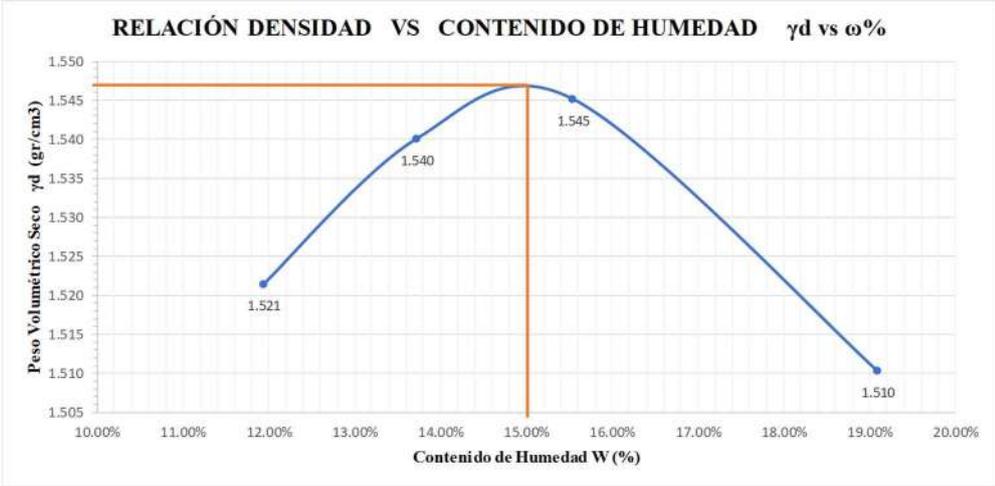
Anexo B-1. Límites de Atterberg

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-90-70						
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	21-jul-22					
LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE								
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	29	62	11	15	7	31	41	81
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	15.5	16.6	15.1	14.2	14.6	14.7	14.9	14.8
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	13.849	14.777	13.635	12.825	13.374	13.37	13.651	13.579
PESO AGUA (W_w) (gr)	1.651	1.823	1.465	1.375	1.226	1.33	1.249	1.221
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	6.449	7.477	6.335	5.525	6.074	6.07	6.251	6.179
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	25.60%	24.38%	23.13%	24.89%	20.18%	21.91%	19.98%	19.76%
PROMEDIO $W\%$	24.99%		24.01%		21.05%		19.87%	
NÚMERO DE GOLPES	6		16		31		45	
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)					22.48%			
LÍMITE LÍQUIDO - COPA CASAGRANDE								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5			
Nº RECIPIENTE	57	9	3AM	53	61			
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	6.00	10.70	10.70	6.10	6.10			
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.9	11.6	11.9	7.0	6.9			
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.535	11.456	11.696	6.845	6.771			
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.365	0.144	0.204	0.155	0.129			
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.54	0.756	1.00	0.75	0.67			
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	23.78%	19.05%	20.48%	20.81%	19.23%			
PROMEDIO $W\%$			20.67%					
RESULTADOS								
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)					22.48			
LÍMITE PLÁSTICO (%)					20.67			
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)					1.81			

Anexo B-1. Ensayo de compactación

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-180						
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	26-jul-22					
ESPECIFICACIONES								
ALTURA CAÍDA	18" o 1.5ft	DIÁMETRO	15.2	cm	NÚMERO DE CAPAS	5		
PESO MOLDE	5830	gr	VOL. MOLDE	3211.821	cm ³	NÚMERO DE GOLPES	56	
ALTURA DEL MOLDE	17.7	cm	P. MARTILLO	18	lb			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
ENSAYO	1	2	3	4				
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000				
HUM. INICIAL ESTIMADA %	4%	6%	8%	12%				
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11300	11455	11564	11607				
PESO SUELO HÚMEDO	5470	5625	5734	5777				
PESO UNITARIO HÚMEDO γ_m (gr/cm ³)	1.703	1.751	1.785	1.799				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº DE RECIPIENTE	81	AN1	101	10	24	83	17	71
RECI + SUELO HÚMEDO (gr)	98.84	102.51	100.52	92.78	85.18	103.23	117.74	91.88
RECI + SUELO SECO (gr)	91.692	94.969	92.247	84.357	76.934	93.54	102.669	82.159
PESO AGUA (gr)	7.148	7.541	8.273	8.423	8.246	9.69	15.071	9.721
PESO RECIPIENTE (gr)	30.22	33.4	31.32	23.59	24.19	30.82	24.75	30.57
PESO SUELO SECO (gr)	61.472	61.569	60.927	60.767	52.744	62.72	77.919	51.589
CONTENIDO DE HUMEDAD ω %	11.63%	12.25%	13.58%	13.86%	15.63%	15.45%	19.34%	18.84%
CONTENIDO PROMEDIO ω %	11.94%		13.72%		15.54%		19.09%	
DENSIDAD SECA γ_d (gr/cm ³)	1.521		1.540		1.545		1.510	
DENSIDAD MÁXIMA γ_{max} (gr/cm ³)	1.547							
HUMEDAD ÓPTIMA %	15.00%							

RELACIÓN DENSIDAD VS CONTENIDO DE HUMEDAD γ_d vs ω %



Contenido de Humedad W (%)	Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)
12.00%	1.521
14.00%	1.540
15.00%	1.545
19.00%	1.510

Anexo B-1. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMA: AASHTO T-99 ASTM D 1883			
VIA EN ESTUDIO:	Cuncharbamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	7-ago-22
DIMENSIONES			
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)		15.00	
DATOS		11 GOLPES	27 GOLPES
DIÁMETRO DEL MOLDE	UNIDAD	15.2	15.2
ALTURA DEL MOLDE	UNIDAD	11.4	11.4
VOLUMEN DEL MOLDE	UNIDAD	2068.62	2068.62
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDA DE LA MUESTRA			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	gr	20783	20681
PESO DEL MOLDE	gr	17282	17120
PESO SUELO HÚMEDO (Wm)	gr	3501	3561
PESO UNITARIO HÚMEDO	gr/cm3	1.692	1.721
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Nº RECIPIENTE		5J	43
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE	gr	103.2	86.2
PESO SECO + RECIPIENTE	gr	92.9	77.9
PESO RECIPIENTE	gr	30.5	26.4
PESO AGUA	gr	10.3	8.3
PESO SECO	gr	62.4	51.5
CONTENIDO DE HUMEDAD %	%	16.51%	16.12%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO %	%	16.31%	14.85%
PESO UNITARIO SECO	gr	1.455	1.499
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Nº RECIPIENTE		17I	H7
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	88.3	93.3
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	77.32	82.99
PESO RECIPIENTE	gr	30.5	34.1
PESO AGUA	gr	10.98	10.31
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	46.82	48.89
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	%	23.45%	21.09%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	22.27%	20.79%
ENSAYO CBR			
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE	ÁREA PISTÓN= 3 plg2		VEL. CARGA= 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)
MOLDE Nº	1	2	3
Nº DE GOLPES	11	27	56
PENETRACIÓN (plg)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg2)	DIAL
0.000	0.00	0.00	0.00
0.025	163.30	54.43	31.03
0.050	275.30	91.77	56.20
0.075	379.30	126.43	82.60
0.100	462.60	160.87	112.30
0.200	818.00	272.67	193.60
0.300	1085.60	361.87	266.50
0.400	1278.60	426.20	318.60
0.500	1396.60	465.53	318.60
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN			
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)			
MOLDE Nº	PRESIÓN (lb/plg2)	CBR 0.1 Plg	DENSIDAD SECA
1	160.87	16.09	1.46
2	184.53	18.45	1.50
3	374.43	37.44	1.58
% CBR vs. DENSIDAD SECA			
DSM (gr/cm3)	95% DSM (gr/cm3)	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
1.547	1.470	17.00	21.00

MUESTRA #2

Ubicación Abscisa: 6+000 km

Ensayos

- Contenido de humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Compactación Proctor
- CBR

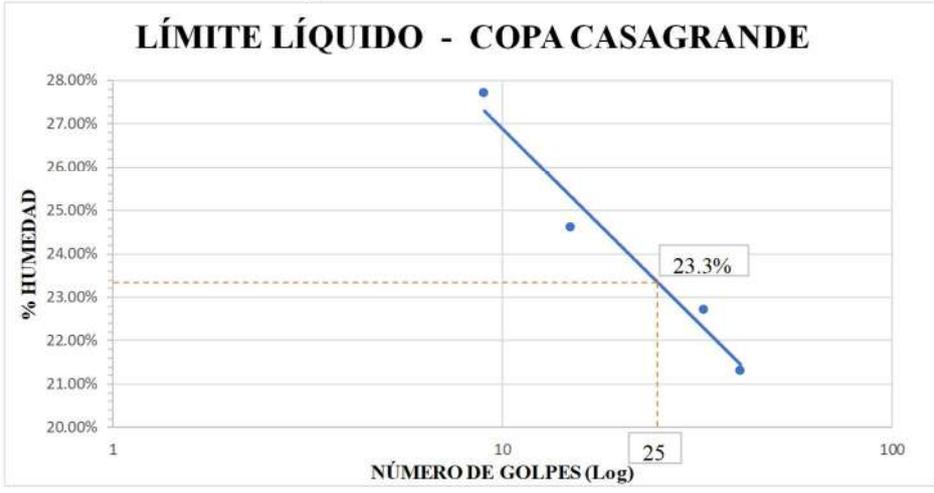
Anexo B-2. Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T 191 2014 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.5 m
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:	19-jul-22
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° RECIPIENTE	8	44	5
MASA SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE (gr)	1449	133.16	141.64
MASA SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	1306	119.368	121.42
MASA RECIPIENTE (gr)	132.56	26.12	24.22
MASA DE AGUA W _w (gr)	143	13.792	20.22
MASA DE SUELO SECO W _s (gr)	1173.44	93.248	97.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	12.19%	14.79%	20.80%
W PROMEDIO (%)	15.93%		

Anexo B-2. Análisis granulométrico

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.5 m		
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla		
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:	20-jul-22		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	247.5	247.5	18.55	81.45
8	2.36	51.4	298.9	22.40	77.60
10	2	32.2	331.1	24.82	75.18
18	1.18	104.2	435.3	32.63	67.37
30	0.6	178.4	613.7	46.00	54.00
40	0.425	120.5	734.2	55.03	44.97
50	0.3	96.6	830.8	62.27	37.73
60	0.25	45.3	876.1	65.67	34.33
100	0.15	127.2	1003.3	75.20	24.80
200	0.075	167.1	1170.4	87.73	12.27
BANDEJA		163.7	1334.1	100.00	
RESULTADOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamaño nominal máximo (INM)	4.75	Coefficiente de uniformidad Cu		14.035	
Diámetro efectivo D10 (mm)	0.057	Coefficiente de curvatura Cc			
Diámetro equiparable D30 (mm)	0.2				
Diámetro dimensional D60 (mm)	0.800				
	GRAVA (G%)	ARENA (S%)	LIMO Y ARCILLA (FINOS %)		
SUCS	18.55	69.18	12.27		
AASHTO	24.82	62.91	12.27		

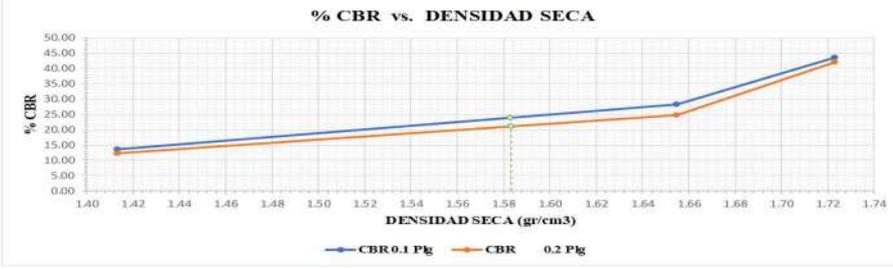
Anexo B-2. Límites de Atterberg

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-90-70							
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:		1.5 m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:		Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:		21-jul-22					
LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE									
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
Nº RECIPIENTE	4C	30	81	5	23	51	MG	48	
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	7.393	7.455	7.375	7.374	7.492	7.47	7.4	7.4	
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	14.102	14.23	13.008	12.72	13.564	12.433	15.701	14.643	
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	12.671	12.735	11.89	11.67	12.43	11.523	14.231	13.38	
PESO AGUA (W_w) (gr)	1.431	1.495	1.118	1.05	1.134	0.91	1.47	1.263	
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	5.278	5.28	4.515	4.296	4.938	4.053	6.831	5.98	
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	27.11%	28.31%	24.76%	24.44%	22.96%	22.45%	21.52%	21.12%	
PROMEDIO W%	27.71%		24.60%		22.71%		21.32%		
NÚMERO DE GOLPES	9		15		33		41		
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)								24.09%	
LÍMITE LÍQUIDO - COPA CASAGRANDE									
									
LÍMITE PLÁSTICO									
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5				
Nº RECIPIENTE	3B1	71	115	49	17				
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.561	6.225	6.139	6.145	6.195				
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	12.914	8.754	8.942	7.991	12.815				
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	12.469	8.238	8.420	7.656	11.653				
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.445	0.516	0.522	0.335	1.162				
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.908	2.013	2.281	1.511	5.458				
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	23.32%	25.63%	22.88%	22.17%	21.29%				
PROMEDIO W%								23.06%	
RESULTADOS									
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)								24.09	
LÍMITE PLÁSTICO (%)								23.06	
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)								1.03	

Anexo B-2. Ensayo de compactación

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-180						
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:		1.5 m				
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:		Ing. Msc. Favio Portilla				
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:		28-jul-22				
ESPECIFICACIONES								
ALTURA CAÍDA	18" o 1.5ft	DIÁMETRO	15.2	cm	NÚMERO DE CAPAS	5		
PESO MOLDE	5830	gr	VOL. MOLDE	3211.821	cm ³	NÚMERO DE GOLPES		
ALTURA DEL MOLDE	17.7	cm	P. MARTILLO	18	lb	56		
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
ENSAYO	1	2	3	4				
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000				
HUM. INICIAL ESTIMADA %	3%	6%	9%	12%				
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11600	11910	11984	11932				
PESO SUELO HÚMEDO	5770	6080	6154	6102				
PESO UNITARIO HÚMEDO γ_m (gr/cm ³)	1.796	1.893	1.916	1.900				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº DE RECIPIENTE	30	44	10	37	17	24	65	820
RECI + SUELO HÚMEDO (gr)	103.4	98.67	96.32	112.5	90.1	97.8	108.6	110.75
RECI + SUELO SECO (gr)	96.73	91.95	88.54	102.54	81.45	88.78	96.43	98.56
PESO AGUA (gr)	6.67	6.72	7.78	9.96	8.65	9.02	12.17	12.19
PESO RECIPIENTE (gr)	30.74	30.24	30.72	30.56	31.18	33.38	30.74	32.64
PESO SUELO SECO (gr)	65.99	61.71	57.82	71.98	50.27	55.4	65.69	65.92
CONTENIDO DE HUMEDAD ω %	10.11%	10.89%	13.46%	13.84%	17.21%	16.28%	18.53%	18.49%
CONTENIDO PROMEDIO ω %	10.50%		13.65%		16.74%		18.51%	
DENSIDAD SECA γ_d (gr/cm ³)	1.626		1.666		1.641		1.603	
DENSIDAD MÁXIMA γ_{max} (gr/cm ³)					1.666			
HUMEDAD ÓPTIMA %					14.00%			
								

Anexo B-2. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMA: AASHTO T-99 ASTM D1883					
VÍA EN ESTUDIO	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.5 m				
ENSAYADO POR	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla				
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:	12-ago-22				
DIMENSIONES							
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)		14.00					
DATOS	UNIDAD	11 GOLPES	27 GOLPES	56 GOLPES			
DIÁMETRO DEL MOLDE	cm	15.2	15.2	15.2			
ALTURA DEL MOLDE	cm	11.4	11.4	11.4			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2068.62	2068.62	2068.62			
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA							
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	gr	20655	21038	20599			
PESO DEL MOLDE	gr	17288	17126	16507			
PESO SUELO HÚMEDO (Wm)	gr	3367	3912	4092			
PESO UNITARIO HÚMEDO	gr/cm ³	1.628	1.891	1.978			
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Nº RECIPIENTE		5J	43	16	86	21	23
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE	gr	98.5	106.4	88.3	107.4	89.5	90.3
PESO SECO + RECIPIENTE	gr	89.8	95.6	80.4	97.6	81.8	82.4
PESO RECIPIENTE	gr	30.5	26.4	25.6	28.2	30.5	28.3
PESO AGUA	gr	8.7	10.8	7.9	9.8	7.7	7.9
PESO SECO	gr	59.3	69.2	54.8	69.4	51.3	54.1
CONTENIDO DE HUMEDAD %	%	14.67%	15.61%	14.42%	14.12%	15.01%	14.60%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO %	%	15.14%		14.27%		14.81%	
PESO UNITARIO SECO	gr	1.414		1.655		1.723	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD							
Nº RECIPIENTE		26	35	50	81	4CN/16	81/MG
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	61	86.3	87.1	77.3	89.1	95.4
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	54.9	76.7	79.1	70.1	79.5	85.2
PESO RECIPIENTE	gr	22.9	24.4	31.1	30	30.3	30.5
PESO AGUA	gr	6.1	9.6	8	7.2	9.6	10.2
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	32	52.3	48	40.1	49.2	54.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	%	19.06%	18.36%	16.67%	17.96%	19.51%	18.65%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	18.71%		17.31%		19.08%	
ENSAYO CBR							
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE	ÁREA PISTÓN= 3 plg ²		VEL. CARGA= 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)				
MOLDE Nº	1		2		3		
Nº DE GOLPES	11		27		56		
PENETRACIÓN (plg)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.025	243.50	81.17	298.90	99.63	428.10	142.70	
0.050	311.30	103.77	490.80	163.60	766.80	255.60	
0.075	363.40	121.13	698.30	232.77	1058.20	352.73	
0.100	408.30	136.10	850.80	283.60	1310.60	436.87	
0.200	549.00	183.00	1118.60	372.87	1892.10	630.70	
0.300	655.80	218.60	1388.00	462.67	2384.60	794.87	
0.400	755.90	251.97	1638.60	546.20	2787.60	929.20	
0.500	855.80	285.27	1898.90	632.97	3123.80	1041.27	
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN							
							
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)							
MOLDE Nº	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.1 Plg	DENSIDAD SECA	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.2 Plg	DENSIDAD SECA	
1	136.10	13.61	1.41	183.00	12.20	1.41	
2	283.60	28.36	1.65	372.87	24.86	1.65	
3	436.87	43.69	1.72	630.70	42.05	1.72	
% CBR vs. DENSIDAD SECA							
							
DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg				
1.666	1.583	24.00	21.00				

MUESTRA #3

Ubicación Abscisa: 7+000 km

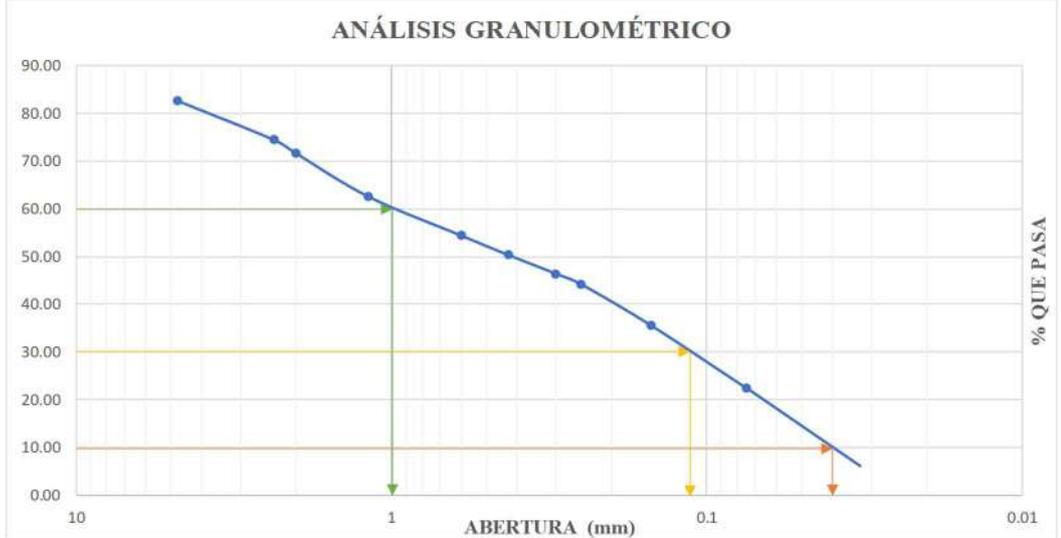
Ensayos

- Contenido de humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Compactación Proctor
- CBR

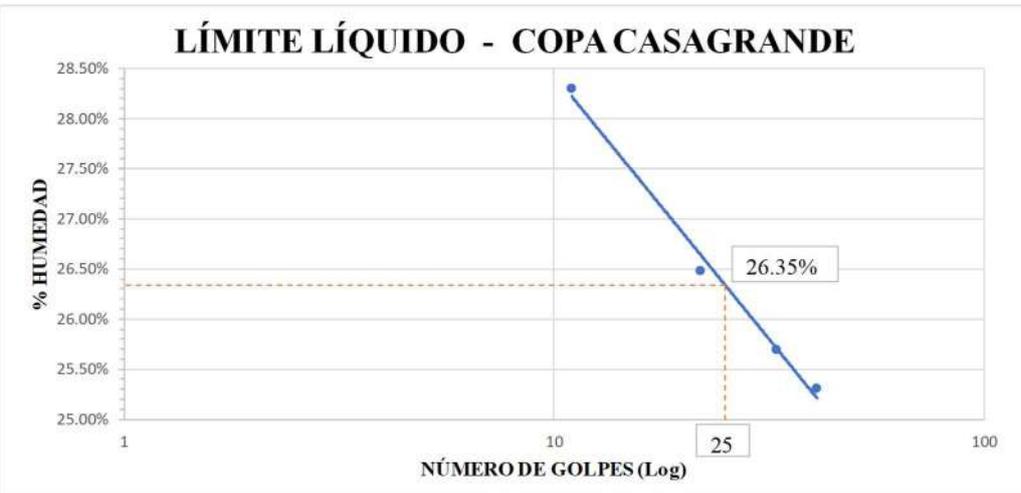
Anexo B-3. Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T 191 2014 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	19-jul-22
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° RECIPIENTE	60	44	44
MASA SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE (gr)	1283	72.106	105.123
MASA SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	1120	67.515	92.339
MASA RECIPIENTE (gr)	132.57	26.12	26.12
MASA DE AGUA Ww (gr)	163	4.591	12.784
MASA DE SUELO SECO Ws (gr)	987.43	41.395	66.219
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	16.51%	11.09%	19.31%
W PROMEDIO (%)	15.63%		

Anexo B-3. Análisis granulométrico

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m		
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla		
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	22-jul-22		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	171.24	171.24	17.34	82.66
8	2.36	80.64	251.88	25.51	74.49
10	2	28.34	280.22	28.38	71.62
18	1.18	89.74	369.96	37.47	62.53
30	0.6	80.54	450.5	45.62	54.38
40	0.425	40.34	490.84	49.71	50.29
50	0.3	38.94	529.78	53.65	46.35
60	0.25	21.84	551.62	55.87	44.13
100	0.15	85.44	637.06	64.52	35.48
200	0.075	129.54	766.6	77.64	22.36
BANDEJA		220.8	987.4	100.00	
RESULTADOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
					
Tamaño nominal máximo (TNM)	4.75	Coefficiente de uniformidad Cu		25.000	
Diámetro efectivo D10 (mm)	0.04	Coefficiente de curvatura Cc		0.354	
Diámetro equiparable D30 (mm)	0.119				
Diámetro dimensional D60 (mm)	1.00				
	GRAVA (G%)	ARENA (S%)	LIMO Y ARCILLA (FINOS %)		
SUCS	17.34	60.30	22.36		
AASHTO	28.38	49.26	22.36		

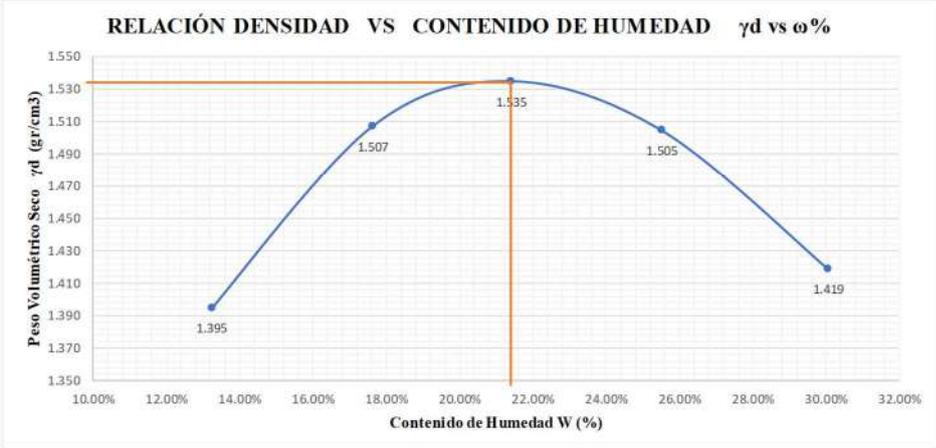
Anexo B-3. Límites de Atterberg

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-90-70							
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:		1.5 m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:		Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:		25-jul-22					
LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE									
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
Nº RECIPIENTE	29	56	7	12	15	40	10A	1J	
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	7.476	7.438	7.391	7.452	7.445	7.493	7.398	7.442	
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	14.026	14.055	13.364	11.42	13.171	12.07	15.801	14.871	
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	12.567	12.61	12.111	10.591	11.99	11.143	14.094	13.38	
PESO AGUA (W_w) (gr)	1.459	1.445	0.829	0.829	1.181	0.927	1.707	1.491	
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	5.091	5.172	4.72	3.139	4.545	3.65	6.696	5.938	
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	28.66%	27.94%	26.55%	26.41%	25.98%	25.40%	25.49%	25.11%	
PROMEDIO $W\%$	28.30%		26.48%		25.69%		25.30%		
NÚMERO DE GOLPES	11		22		33		41		
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)								26.44%	
LÍMITE LÍQUIDO - COPA CASAGRANDE									
									
LÍMITE PLÁSTICO									
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5				
Nº RECIPIENTE	9	57	61	53	3AM				
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.748	6.065	6.170	6.213	10.700				
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	12.914	8.754	8.942	7.991	12.815				
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	12.469	8.238	8.407	7.656	12.408				
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.445	0.516	0.535	0.335	0.407				
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.721	2.173	2.237	1.443	1.708				
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	25.86%	23.75%	23.92%	23.22%	23.83%				
PROMEDIO $W\%$						24.11%			
RESULTADOS									
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)						26.44			
LÍMITE PLÁSTICO (%)						24.11			
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)						2.33			

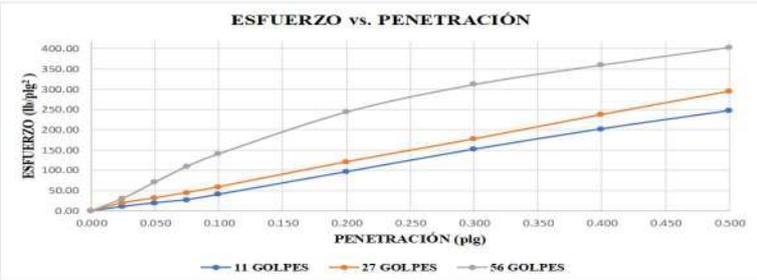
Anexo B-3. Ensayo de compactación

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-180									
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m								
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla								
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	29-jul-22								
ESPECIFICACIONES											
ALTURA CAÍDA	18" o 1.5ft	DIÁMETRO	15.2	cm	NÚMERO DE CAPAS	5					
PESO MOLDE	5830	gr	VOL. MOLDE	3211.821	cm ³	NÚMERO DE GOLPES					
ALTURA DEL MOI	17.7	cm	P. MARTILLO	18	lb						
PROCESO DE COMPACTACIÓN											
ENSAYO	1	2	3	4	5						
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000	6000						
HUM. INICIAL ESTIMADA %	4%	8%	12%	16%	20%						
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	10903	11524	11814	11895	11757						
PESO SUELO HÚMEDO	5073	5694	5984	6065	5927						
PESO UNITARIO HÚMEDO γ_m (gr/cm ³)	1.579	1.773	1.863	1.888	1.845						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
N° DE RECIPIENTE	30	44	10	37	17	24	65	820	71	101	
RECI + SUELO HÚMEDO (gr)	69.15	94.38	90.81	93.45	70.24	92.73	94.53	121.98	126.64	134.32	
RECI + SUELO SECO (gr)	63.85	86.48	80.49	83.58	62.18	80.7	81.71	103.37	104.5	110.45	
PESO AGUA (gr)	5.3	7.9	10.32	9.87	8.06	12.03	12.82	18.61	22.14	23.87	
PESO RECIPIENTE (gr)	24.26	26.11	23.57	25.96	24.73	24.17	31.16	30.84	30.59	31.31	
PESO SUELO SECO (gr)	39.59	60.37	56.92	57.62	37.45	56.53	50.55	72.53	73.91	79.14	
CONTENIDO DE HUMEDAD ω %	13.39%	13.09%	18.13%	17.13%	21.52%	21.28%	25.36%	25.66%	29.96%	30.16%	
CONTENIDO PROMEDIO ω %	13.24%		17.63%		21.40%		25.51%		30.06%		
DENSIDAD SECA γ_d (gr/cm ³)	1.395		1.507		1.535		1.505		1.419		
DENSIDAD MÁXIMA γ_{max} (gr/cm ³)							1.535				
HUMEDAD ÓPTIMA %							21.40%				

RELACIÓN DENSIDAD VS CONTENIDO DE HUMEDAD γ_d vs ω %



Anexo B-3. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		NORMA: AASHTO T-99 ASTM D 1883		
								
VIA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	21-ago-22					
DIMENSIONES								
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)								
DATOS		UNIDAD	11 GOLPES		27 GOLPES		56 GOLPES	
DIÁMETRO DEL MOLDE		cm	15.2		15.2		15.2	
ALTURA DEL MOLDE		cm	11.4		11.4		11.4	
VOLUMEN DEL MOLDE		cm ³	2068.62		2068.62		2068.62	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA								
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO		gr	21710		12211		19065	
PESO DEL MOLDE		gr	18091		8378		15011	
PESO SUELO HÚMEDO (Wm)		gr	3619		3833		4054	
PESO UNITARIO HÚMEDO		gr/cm ³	1.749		1.853		1.960	
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº RECIPIENTE			42/H2	5	74	83	5/61	10
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE		gr	86.83	102.89	97.89	148.13	71.45	113.58
PESO SECO + RECIPIENTE		gr	77.2	90.2	85.79	126.95	64.2	98.2
PESO RECIPIENTE		gr	31.75	32.59	31.21	32.34	30.17	29.99
PESO AGUA		gr	9.63	12.69	12.1	21.18	7.25	15.38
PESO SECO		gr	45.45	57.61	54.58	94.61	34.03	68.21
CONTENIDO DE HUMEDAD %		%	21.19%	22.03%	22.17%	22.39%	21.30%	22.55%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO %		%	21.61%		22.28%		21.93%	
PESO UNITARIO SECO		gr	1.439		1.515		1.607	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Nº RECIPIENTE			26	35	50	81	4CN/16	81/MG
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO		gr	61	86.3	87.1	77.3	89.1	95.4
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO		gr	53.57	73.65	75.17	67.98	75.89	81.46
PESO RECIPIENTE		gr	22.9	24.4	31.1	30	30.3	30.5
PESO AGUA		gr	7.43	12.65	11.93	9.32	13.21	13.94
PESO DE LA MUESTRA SECA		gr	30.67	49.25	44.07	37.98	45.59	50.96
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)		%	24.23%	25.69%	27.07%	24.54%	28.98%	27.35%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO		%	24.96%		25.80%		28.17%	
ENSAYO CBR								
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE	ÁREA PISTÓN= 3 plg ²		VEL. CARGA= 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)					
MOLDE Nº	1		2		3			
Nº DE GOLPES	11		27		56			
PENETRACIÓN (plg)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)		
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.025	33.20	11.07	59.80	19.93	93.60	31.20		
0.050	60.60	20.20	96.60	32.20	213.60	71.20		
0.075	83.30	27.77	136.30	45.43	329.80	109.93		
0.100	123.20	41.07	178.60	59.53	423.80	141.27		
0.200	290.60	96.87	363.30	121.10	733.90	244.63		
0.300	457.30	152.43	533.40	177.80	938.00	312.67		
0.400	608.30	202.77	713.80	237.93	1083.00	361.00		
0.500	743.60	247.87	885.80	295.27	1213.60	404.53		
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN								
								
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)								
MOLDE Nº	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.1 Plg	DENSIDAD SECA	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.2 Plg	DENSIDAD SECA		
1	41.07	4.11	1.44	96.87	6.46	1.44		
2	59.53	5.95	1.52	121.10	8.07	1.52		
3	141.27	14.13	1.61	244.63	16.31	1.61		
% CBR vs. DENSIDAD SECA								
								
DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg					
1.535	1.458	4.80	7.00					

MUESTRA #4

Ubicación Abscisa: 8+000 km

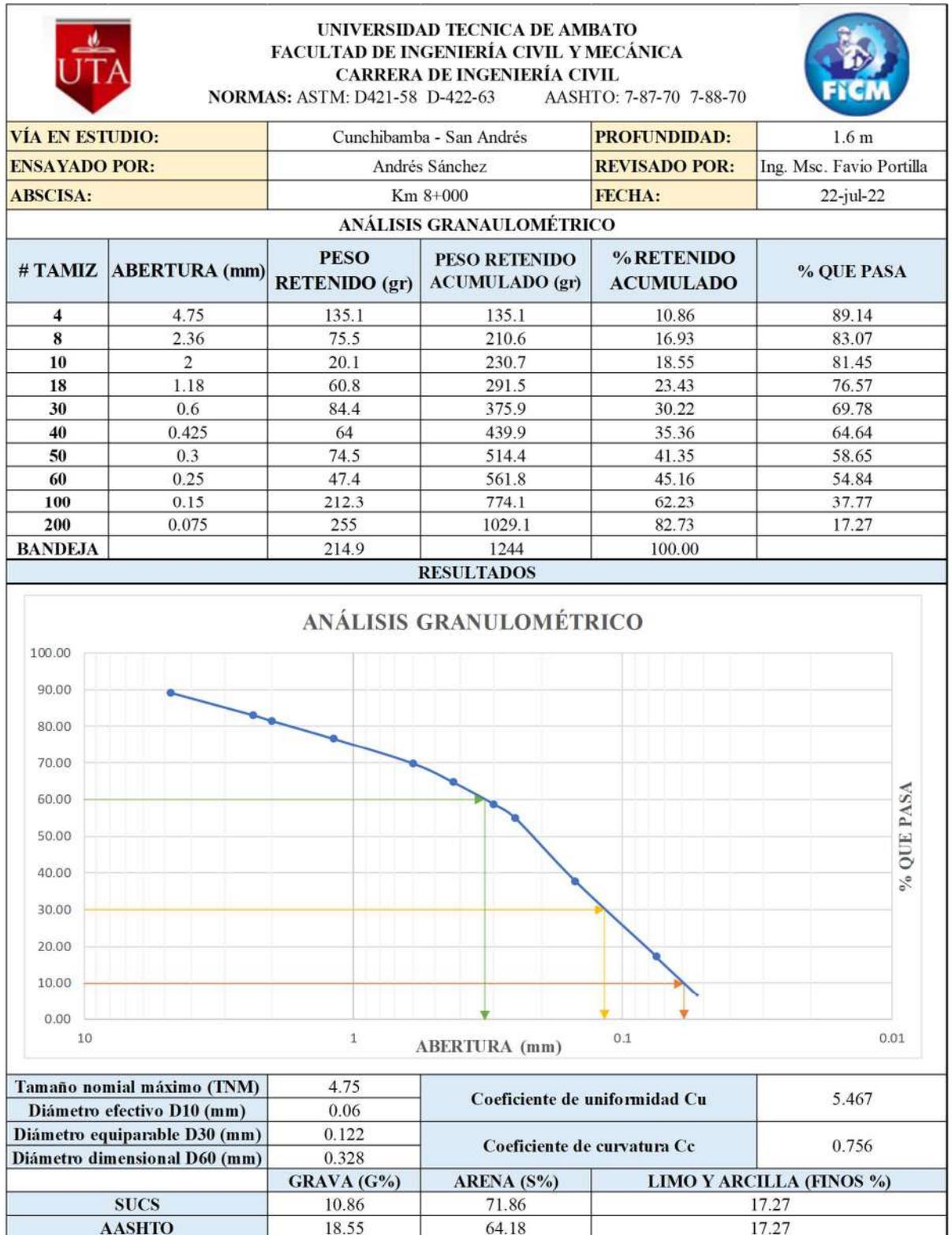
Ensayos

- Contenido de humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Compactación Proctor
- CBR

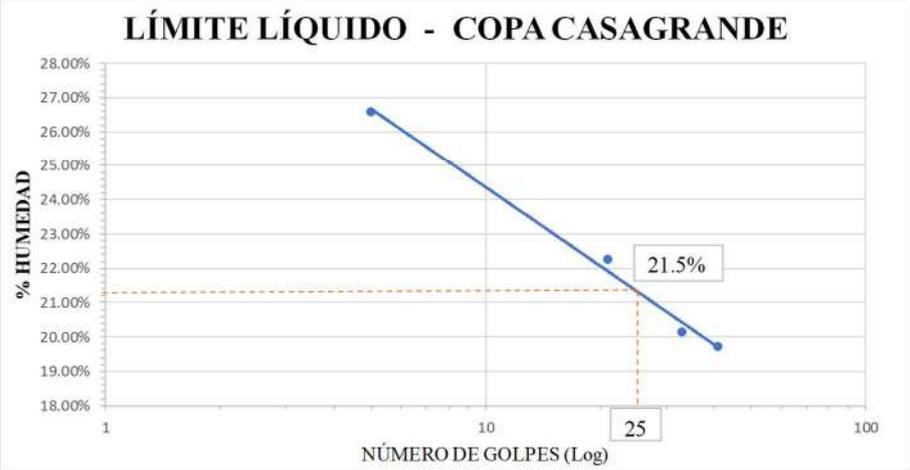
Anexo B-4. Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T 191 2014 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:	19-jul-22
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Nº RECIPIENTE	71G	92	92
MASA SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE (gr)	1686	89.403	129.054
MASA SUELO SECO + RECIPIENTE (gr)	1496.1	80.836	119.817
MASA RECIPIENTE (gr)	254.00	31.00	31.00
MASA DE AGUA Ww (gr)	189.9	8.567	9.237
MASA DE SUELO SECO Ws (gr)	1242.1	49.836	88.817
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	15.29%	17.19%	10.40%
W PROMEDIO (%)	14.29%		

Anexo B-4. Análisis granulométrico



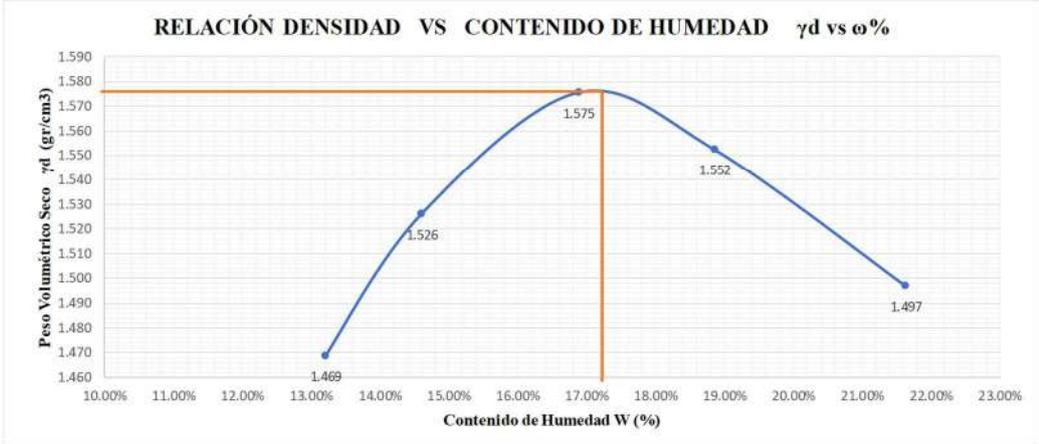
Anexo B-4. Límites de Atterberg

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-90-70							
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:		1.6 m					
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:		Ing. Msc. Favio Portilla					
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:		25-jul-22					
LÍMITE LÍQUIDO - COPA DE CASAGRANDE									
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
N° RECIPIENTE	25	30/J68	4G	16	25/J63	18	AA	48	
PESO DEL RECIPIENTE W _r (gr)	7.393	7.455	7.375	7.374	7.492	7.47	7.4	7.4	
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W _m +W _r) (gr)	14.516	15.144	14.624	15.307	16.072	15.843	15.213	15.436	
PESO SECO + RECIPIENTE (W _s +W _r) (gr)	13.012	13.538	13.309	13.857	14.637	14.437	13.922	14.119	
PESO AGUA (W _w) (gr)	1.504	1.606	1.315	1.45	1.435	1.406	1.291	1.317	
PESO DE LA MUESTRA SECA (W _s)	5.619	6.083	5.934	6.483	7.145	6.967	6.522	6.719	
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	26.77%	26.40%	22.16%	22.37%	20.08%	20.18%	19.79%	19.60%	
PROMEDIO W%	26.58%		22.26%		20.13%		19.70%		
NÚMERO DE GOLPES	5		21		33		41		
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)								22.17%	
LÍMITE LÍQUIDO - COPA CASAGRANDE									
									
LÍMITE PLÁSTICO									
N° MUESTRA	1	2	3	4	5				
N° RECIPIENTE	3B1	71	115	49	17				
PESO DEL RECIPIENTE W _r (gr)	10.561	6.225	6.139	6.145	6.195				
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W _m +W _r) (gr)	12.795	8.123	8.194	7.664	7.568				
PESO SECO + RECIPIENTE (W _s +W _r) (gr)	12.414	7.803	7.809	7.404	7.336				
PESO AGUA (W _w) (gr)	0.381	0.320	0.385	0.260	0.232				
PESO DE LA MUESTRA SECA (W _s)	1.853	1.578	1.670	1.259	1.141				
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	20.56%	20.28%	23.05%	20.65%	20.33%				
PROMEDIO W%								20.98%	
RESULTADOS									
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)								22.17	
LÍMITE PLÁSTICO (%)								20.98	
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)								1.19	

Anexo B-4. Ensayo de compactación

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMAS: AASHTO T-180									
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m								
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla								
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:	4-ago-22								
ESPECIFICACIONES											
ALTURA CAÍDA	18" o 1.5ft	DIÁMETRO	15.2	cm	NÚMERO DE CAPAS	5					
PESO MOLDE	7004	gr	VOL. MOLDE	3211.821	cm ³	NÚMERO DE GOLPES					
ALTURA DEL MOLDE	17.7	cm	P. MARTILLO	18	lb						
PROCESO DE COMPACTACIÓN											
ENSAYO	1	2	3	4	5						
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000	6000						
HUM. INICIAL ESTIMADA %	4%	8%	12%	16%	20%						
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	12344	12621	12918	12930	12852						
PESO SUELO HÚMEDO	5340	5617	5914	5926	5848						
PESO UNITARIO HÚMEDO γ_m (gr/cm ³)	1.663	1.749	1.841	1.845	1.821						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Nº DE RECIPIENTE	64	81/MG3	90	4CM/16	50	95	76	IM	54	58	
RECI + SUELO HÚMEDO (gr)	78.62	108.61	88.94	102.33	77.48	107.85	88.53	118.23	102.64	102.73	
RECI + SUELO SECO (gr)	73.05	99.44	80.8	94.1	71.4	96.15	79.51	104.43	89.96	89.82	
PESO AGUA (gr)	5.57	9.17	8.14	8.23	6.08	11.7	9.02	13.8	12.68	12.91	
PESO RECIPIENTE (gr)	30.74	30.24	30.72	30.56	31.18	33.38	30.74	32.64	30.6	30.88	
PESO SUELO SECO (gr)	42.31	69.2	50.08	63.54	40.22	62.77	48.77	71.79	59.36	58.94	
CONTENIDO DE HUMEDAD $\omega\%$	13.16%	13.25%	16.25%	12.95%	15.12%	18.64%	18.49%	19.22%	21.36%	21.90%	
CONTENIDO PROMEDIO $\omega\%$	13.21%		14.60%		16.88%		18.86%		21.63%		
DENSIDAD SECA γ_d (gr/cm ³)	1.469		1.526		1.575		1.552		1.497		
DENSIDAD MÁXIMA γ_{max} (gr/cm ³)	1.575										
HUMEDAD ÓPTIMA %	17.20%										

RELACIÓN DENSIDAD VS CONTENIDO DE HUMEDAD γ_d vs $\omega\%$



Contenido de Humedad W (%)	Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)
13.16%	1.469
13.25%	1.526
15.12%	1.552
17.20%	1.575
21.90%	1.497

Anexo B-4. Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA NORMA: AASHTO T-99 ASTM D 1883						
VIA EN ESTUDIO:	Cuchibamba - San Andrés	PROFUNDIDAD:	1.6 m			
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla			
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:	29-ago-22			
DIMENSIONES						
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)		17.20				
DATOS	UNIDAD	11 GOLPES	27 GOLPES			
DIÁMETRO DEL MOLDE	cm	15.2	15.2			
ALTURA DEL MOLDE	cm	11.4	11.4			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2068.62	2068.62			
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA						
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	gr	20854	20869			
PESO DEL MOLDE	gr	17263	17127			
PESO SUELO HÚMEDO (Wm)	gr	3591	3742			
PESO UNITARIO HÚMEDO	gr/cm ³	1.736	1.809			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nº RECIPIENTE	P2/Lim	43	7			
PESO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	81.13	92.49			
PESO SECO + RECIPIENTE	gr	73.07	83.51			
PESO RECIPIENTE	gr	28.82	33.47			
PESO AGUA	gr	8.06	8.98			
PESO SECO	gr	44.25	50.04			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	%	18.21%	17.95%			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	18.08%	17.44%			
PESO UNITARIO SECO	gr	1.470	1.540			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Nº RECIPIENTE	10	5	61			
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	78.11	103.28			
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	68.92	89.18			
PESO RECIPIENTE	gr	29.99	32.59			
PESO AGUA	gr	9.19	14.1			
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	38.93	56.59			
CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)	%	23.61%	24.92%			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	%	24.26%	22.04%			
ENSAYO CBR						
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE	ÁREA PISTÓN= 3 plg ²	VEL. CARGA= 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)				
MOLDE Nº	1		2		3	
Nº DE GOLPES	11		27		56	
PENETRACIÓN (plg)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)	DIAL	PRESIÓN (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	200.00	66.67	263.80	87.93	293.80	97.93
0.050	390.90	130.30	533.60	177.87	633.40	211.13
0.075	486.20	162.07	798.20	266.07	1035.80	345.27
0.100	500.00	166.67	980.60	326.87	1439.60	479.87
0.200	920.60	306.87	1860.80	553.60	2785.10	928.37
0.300	1633.60	544.53	2833.80	944.60	3967.60	1322.53
0.400	2028.60	676.20	3428.10	1142.70	4999.60	1666.53
0.500	2408.60	802.87	3824.80	1274.93	5953.80	1984.60
ESFUERZO vs. PENETRACIÓN						
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE Nº	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.1 Plg	DENSIDAD SECA	PRESIÓN (lb/plg ²)	CBR 0.2 Plg	DENSIDAD SECA
1	166.67	16.67	1.47	306.87	20.46	1.47
2	326.87	32.69	1.54	553.60	36.91	1.54
3	479.87	47.99	1.58	928.37	61.89	1.58
% CBR vs. DENSIDAD SECA						
DSM (gr/cm ³)	95% DSM (gr/cm ³)	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg			
1.575	1.496	22.00	26.00			

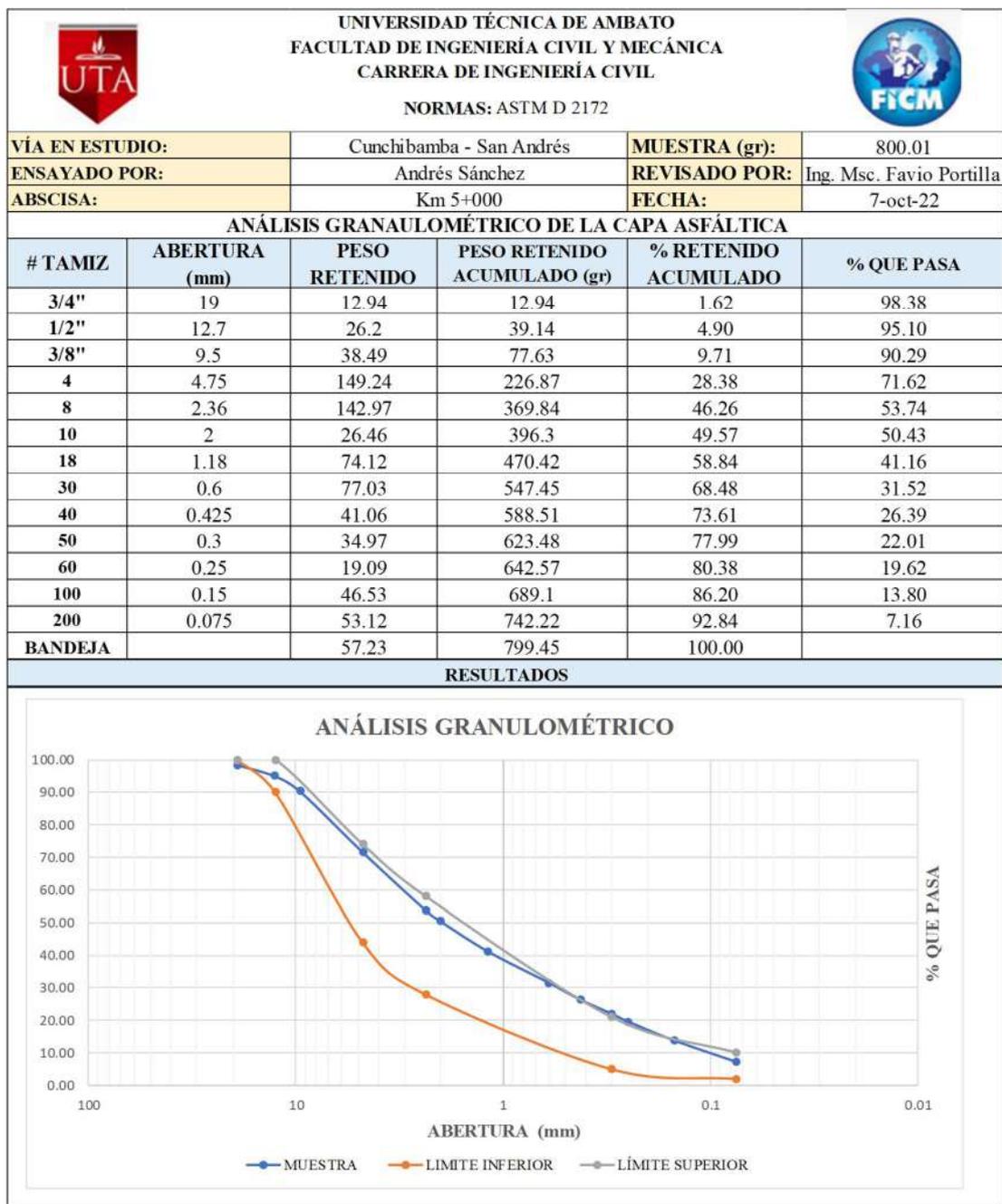
ANEXO C:
ANÁLISIS DE CAPA
ASFÁLTICA

Anexo C-1. Contenido de asfalto, muestra #1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL NORMAS: ASTM D 2172 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Derecho
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	23.89	W1	0.69
Peso papel filtro final	24.58		
Peso muestra inicial	600.08	W2	36.73
Peso muestra final	563.35		
Peso del asfalto (Wasfalto)		37.42	
Porcentaje de Asfalto		6.64	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL NORMAS: ASTM D 2172 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Izquierdo
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 5+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	24.58	W1	0.58
Peso papel filtro final	25.16		
Peso muestra inicial	600.08	W2	34.33
Peso muestra final	565.75		
Peso del asfalto (Wasfalto)		34.91	
Porcentaje de Asfalto		6.17	

Anexo C-1. Análisis granulométrico de la capa asfáltica, muestra #1

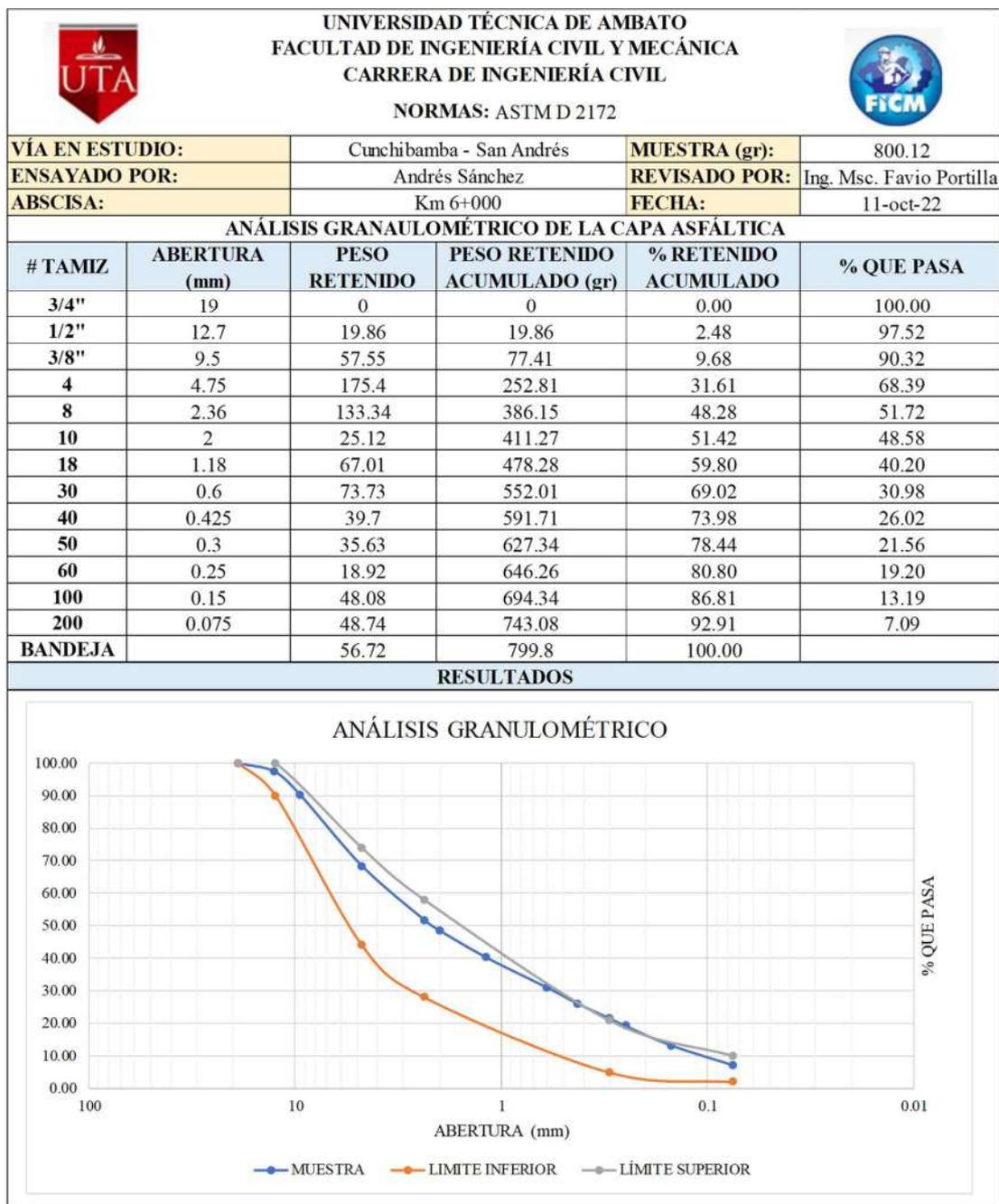


Anexo C-2. Contenido de asfalto, muestra #2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL NORMAS: ASTM D 2172 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Derecho
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	25.16	W1	0.06
Peso papel filtro final	25.22		
Peso muestra inicial	600	W2	31.22
Peso muestra final	568.78		
Peso del asfalto (Wasfalto)		31.28	
Porcentaje de Asfalto		5.21	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL NORMAS: ASTM D 2172 			
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Izquierdo
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 6+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	25.22	W1	0.12
Peso papel filtro final	25.34		
Peso muestra inicial	600	W2	32.53
Peso muestra final	567.47		
Peso del asfalto (Wasfalto)		32.65	
Porcentaje de Asfalto		5.44	

Anexo C-2. Análisis granulométrico de la capa asfáltica, muestra #2

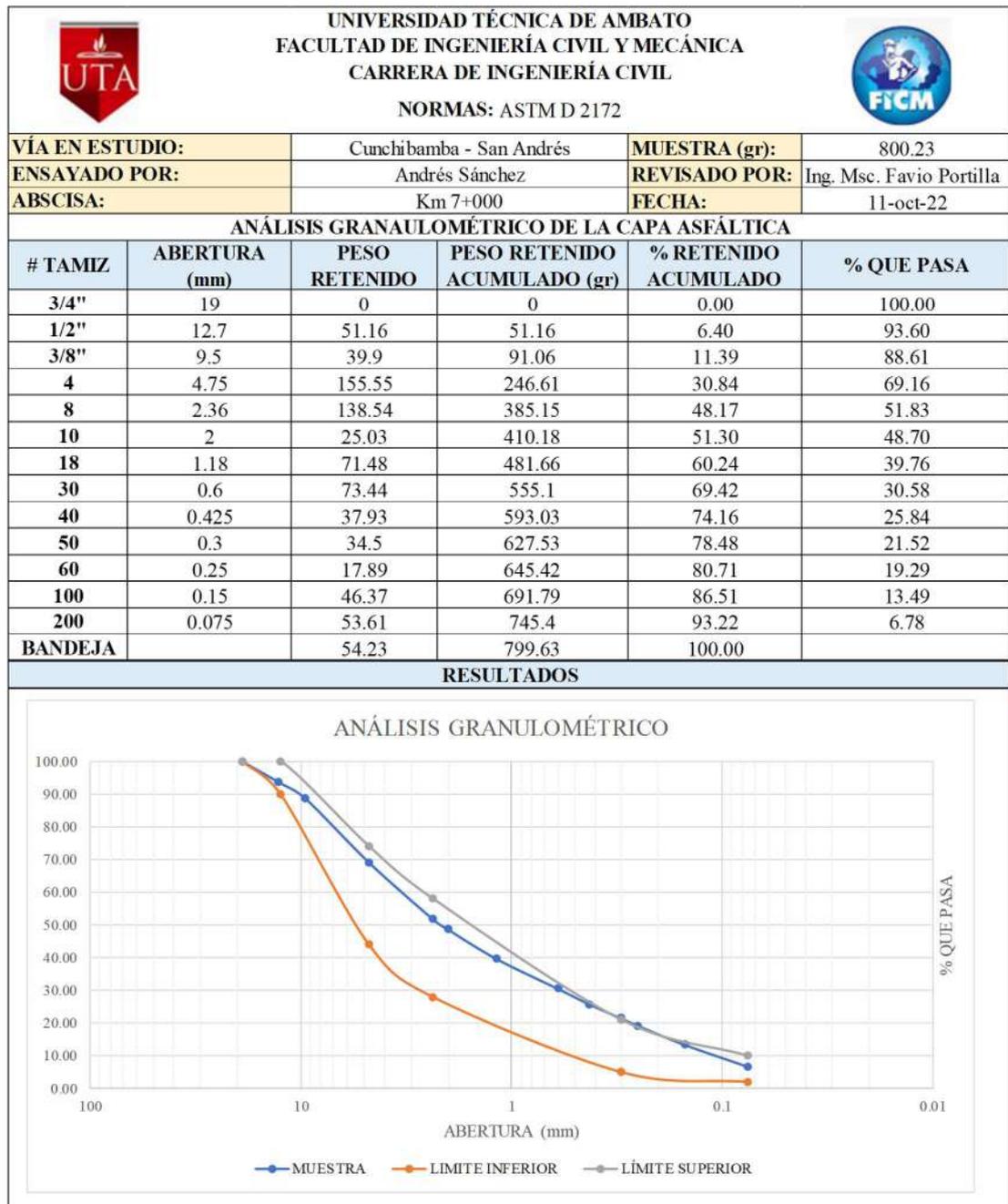


Anexo C-3. Contenido de asfalto, muestra #3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
NORMAS: ASTM D 2172					
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Derecho		
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla		
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	12-oct-22		
CONTENIDO DE ASFALTO					
Peso papel filtro inicial	25.34	W1	0.73		
Peso papel filtro final	26.07				
Peso muestra inicial	600.11	W2	35.63		
Peso muestra final	564.48				
Peso del asfalto (Wasfalto)			36.36		
Porcentaje de Asfalto			6.06		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
NORMAS: ASTM D 2172					
VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Izquierdo		
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla		
ABSCISA:	Km 7+000	FECHA:	12-oct-22		
CONTENIDO DE ASFALTO					
Peso papel filtro inicial	26.07	W1	0.82		
Peso papel filtro final	26.89				
Peso muestra inicial	600.1	W2	35.2		
Peso muestra final	564.9				
Peso del asfalto (Wasfalto)			36.02		
Porcentaje de Asfalto			6.00		

Anexo C-3. Análisis granulométrico de la capa asfáltica, muestra #3



Anexo C-4. Contenido de asfalto, muestra #4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



NORMAS: ASTM D 2172

VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Derecho
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	26.89	W1	0.23
Peso papel filtro final	27.12		
Peso muestra inicial	600.09	W2	33.45
Peso muestra final	566.64		
Peso del asfalto (Wasfalto)			33.68
Porcentaje de Asfalto			5.61



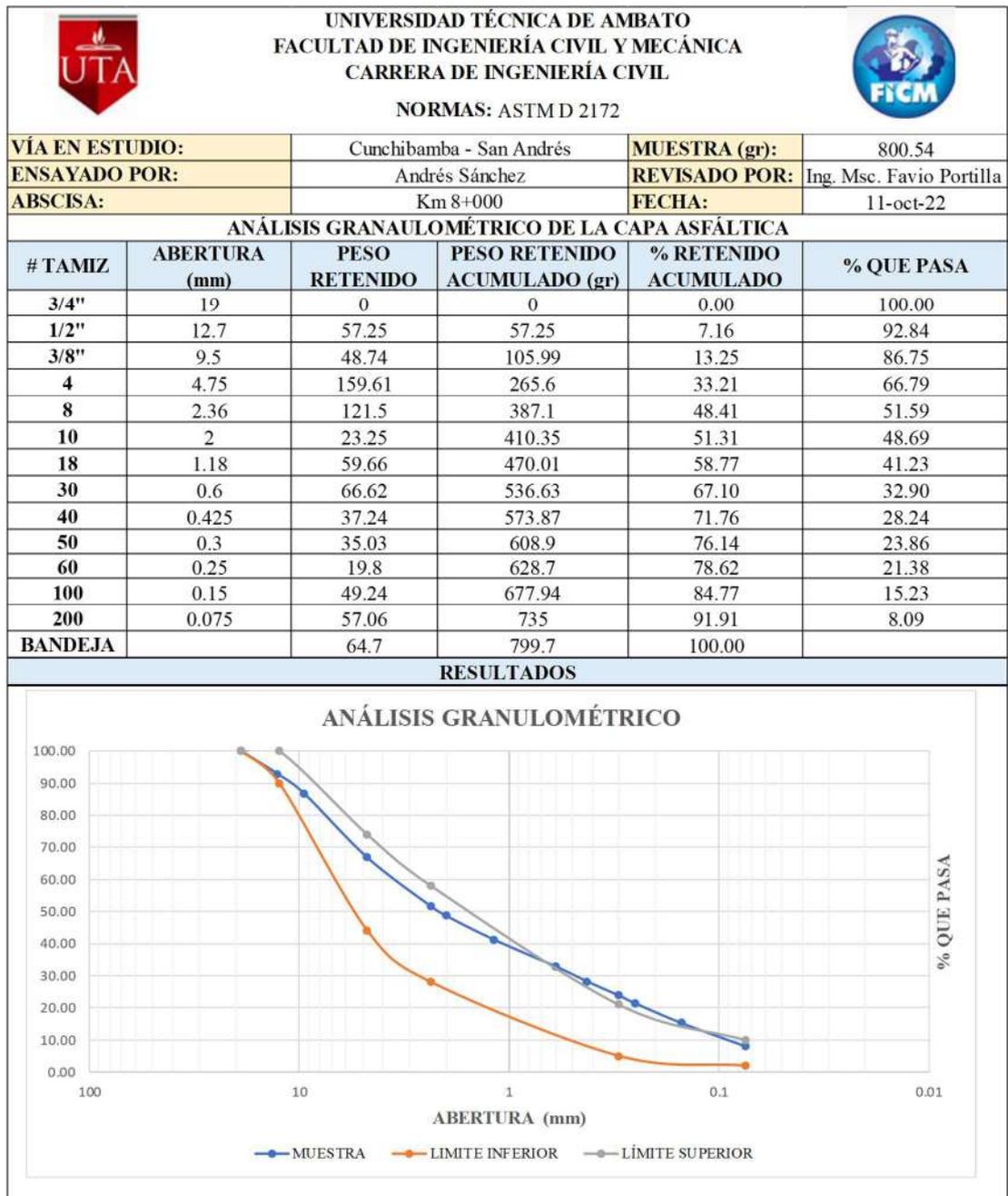
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



NORMAS: ASTM D 2172

VÍA EN ESTUDIO:	Cunchibamba - San Andrés	Carril:	Izquierdo
ENSAYADO POR:	Andrés Sánchez	REVISADO POR:	Ing. Msc. Favio Portilla
ABSCISA:	Km 8+000	FECHA:	12-oct-22
CONTENIDO DE ASFALTO			
Peso papel filtro inicial	27.12	W1	0.75
Peso papel filtro final	27.87		
Peso muestra inicial	600.11	W2	31.41
Peso muestra final	568.7		
Peso del asfalto (Wasfalto)			32.16
Porcentaje de Asfalto			5.36

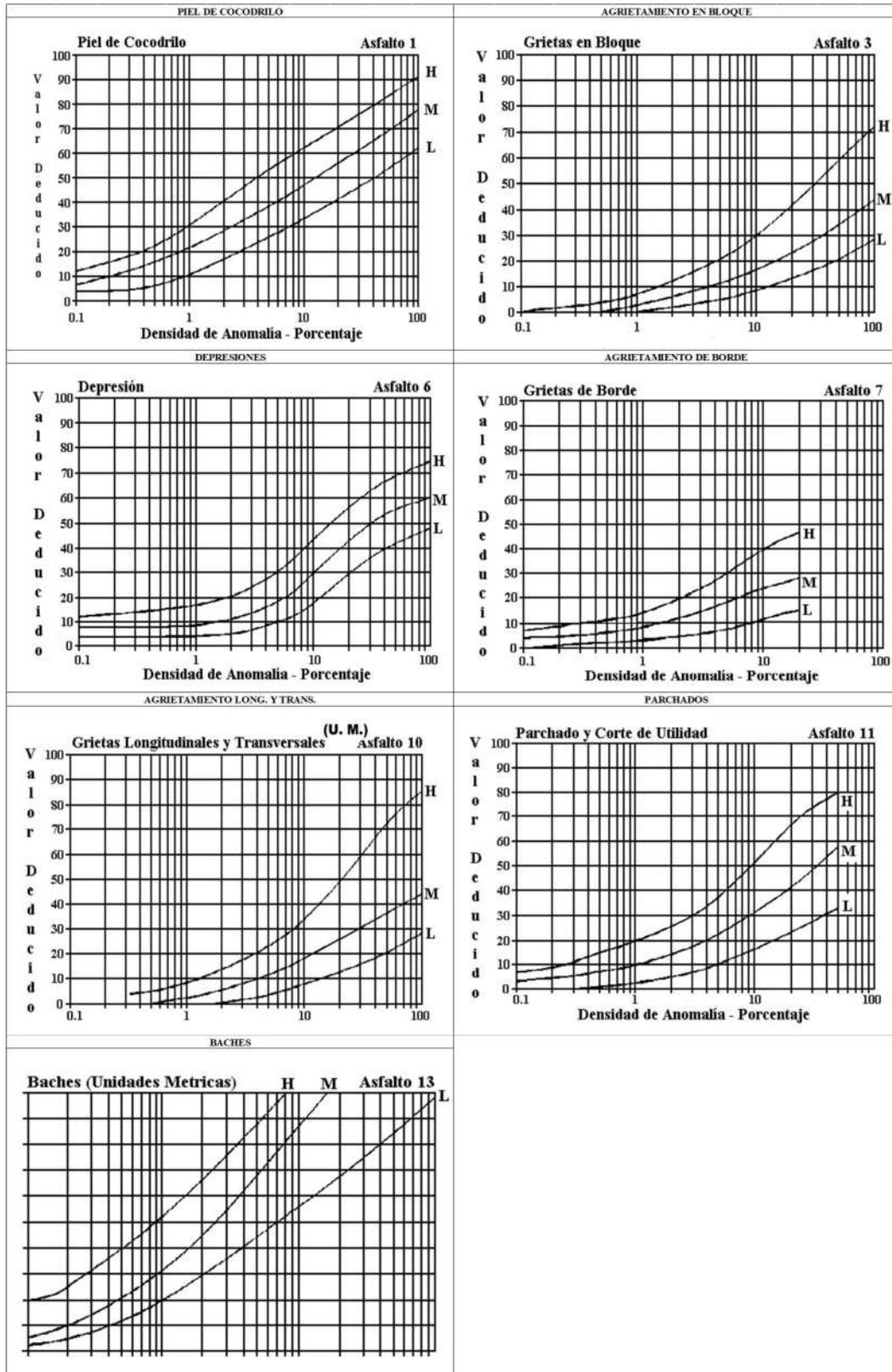
Anexo C-4. Análisis granulométrico de la capa asfáltica, muestra #4



ANEXO D:

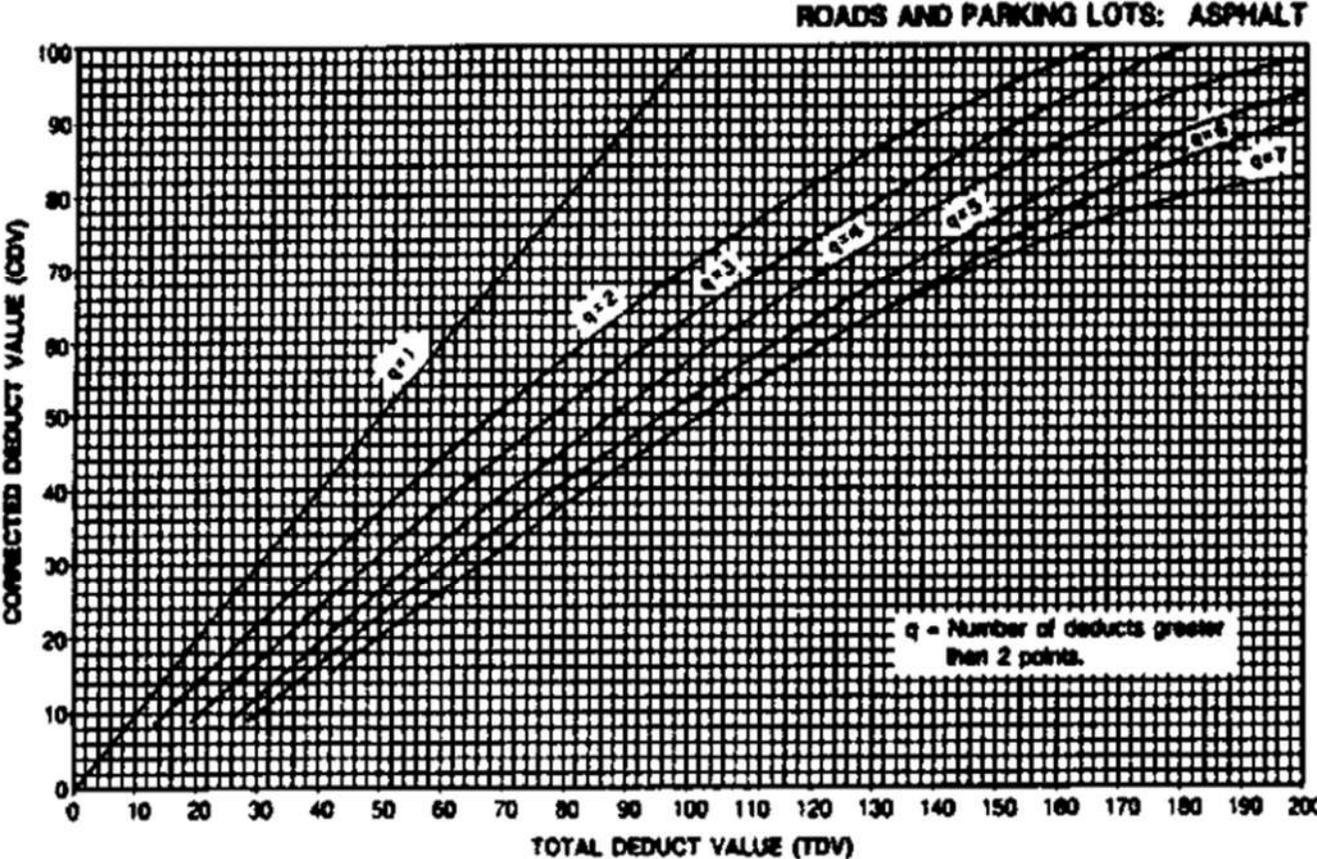
**ÍNDICE DE CONDICIÓN
DE PAVIMENTO (PCI)**

Anexo D-1. Nomogramas por cada tipo de falla



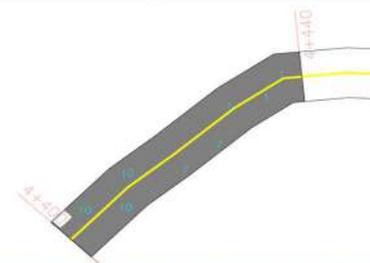
Fuente: Manual Completo de Diseño de Pavimentos

Anexo D-2. Nomograma de Valores Deducidos Corregidos (CDV)

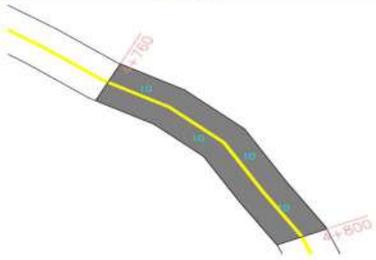


Fuente: Manual Completo de Diseño de Pavimento

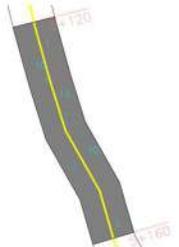
Anexo D-3. Registro visual PCI, unidad de muestreo #1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
 							
“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	4+400	Área de muestreo (m2):	308	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	4+440	# Unidad de prueba:	1	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.7	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7	M	6.3			6.3	2.05	12
1	H	7.5	3	2.1	12.6	4.09	51
10	L	15	10		25	8.12	6
Valor Total de Deducción (VTD)							69
Número de deducidos > 2 (q):				3			
Mayor Valor Deducido (HDVi):				51			
Número Admisible de Deducidos (mi):				5.5			
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	51	12	6		69	3	44
2	51	12	2		65	2	48
3	51	2	2		55	1	54
4							
Máx (VDC)							54
CÁLCULO PCI:					100 - VDC	PCI:	46
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						REGULAR	

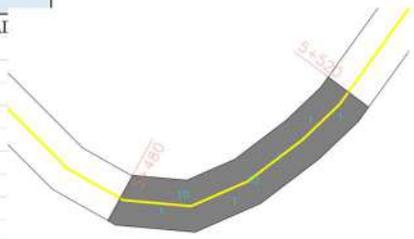
Anexo D-4. Registro visual PCI, unidad de muestreo #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez		Abscisa inicial:	4+760	Área de muestreo (m2):	288
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		Abscisa final:	4+800	# Unidad de prueba:	2
	Fecha:	29/9/2022		Ancho de carril (m):	7.2	ESQUEMA	
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombrera	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	H	12.4	4.9	2.2	19.5	6.77	26
10	M	19.4	2.6		22	7.64	15
Valor Total de Deducción (VTD)							41
Número de deducidos > 2 (q):				2			
Mayor Valor Deducido (HDVi):				26			
Número Admisible de Deducidos (mi):				7.80			
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	26	15			41	2	30
2	26	2			28	1	28
3							
4							
5							
Máx (VDC)							30
					CÁLCULO PCI: 100 - VDC	PCI:	70
					CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	BUENO	

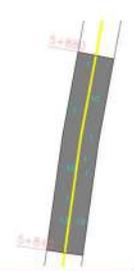
Anexo D-5. Registro visual PCI, unidad de muestreo #3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"								
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez		Abscisa inicial:	5+120	Área de muestreo (m2):	290	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		Abscisa final:	5+160	# Unidad de prueba:	3	
	Fecha:	29/9/2022		Ancho de carril (m):	7.25			
PAVIMENTO FLEXIBLE								
ANOMALIA		UNIDAD	ANOMALIA		UNIDAD			
1. Piel de cocodrilo		m ²	11. Parchados		m ²			
2. Exudación o Sangrado		m ²	12. Agregados Pulidos		m ²			
3. Agrietamiento en Bloque		m ²	13. Baches		U			
4. Bombeo y Hundimiento		m	14. Cruce de Ferrocarril		m ²			
5. Corrugación		m ²	15. Ruteo		m ²			
6. Depresiones		m ²	16. Empellones		m ²			
7. Agrietamiento de Borde		m	17. Agrietamiento Media Luna		m ²			
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas		m	18. Protuberancia		m ²			
9. Caída Externa de Via/Hombrera		m	19. Interperismo		m ²			
10. Agrietamiento Long. y Trans.		m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	M	1			1	0.34	15	
1	H	8.4	22.2	16.45	47.05	16.22	82	
10	M	12.1	10.9	7.5	30.5	10.52	19	
Valor Total de Deducción (VTD)								116
Número de deducidos > 2 (q):				3				
Mayor Valor Deducido (HDVi):				82				
Número Admisible de Deducidos (mi):				2.65				
CÁLCULO DEL PCI								
No.	Valores Deducidos					Total	q	VDC
1	82	12.35				94.35	2	67
2	82	2				84	1	84
3								
4								
5								
Máx (VDC)								84
CÁLCULO PCI: 100 - VDC						PCI:	16	
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							MUY MALO	

Anexo D-6. Registro visual PCI, unidad de muestreo #4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
							
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	5+480	Área de muestreo (m2):	300	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	5+520	# Unidad de prueba:	4	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.5	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	71.04	13.86	84.9	28.30	74	
10	H	24.3		24.3	8.10	30	
Valor Total de Deducción (VTD)						104	
Número de deducidos > 2 (q):				2			
Mayor Valor Deducido (HDVi):				74			
Número Admisible de Deducidos (mi):				3.39			
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	74	30			104	2	73
2	74	2			76	1	76
3							
4							
5							
Máx (VDC)						76	
CÁLCULO PCI: 100 - VDC						PCI:	24
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						MUY MALO	

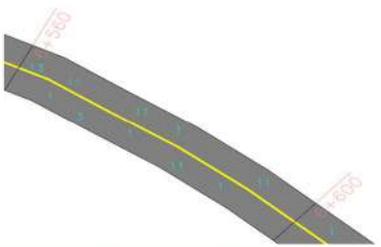
Anexo D-7. Registro visual PCI, unidad de muestreo #5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
							
“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	5+840	Área de muestreo:	292	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	5+880	# Unidad de prueba:	5	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.3	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Vía/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	31.54	4	35.54	12.17	71	
1	M	3.77	14.25	18.02	6.17	40	
13	H	1		1	0.34	33	
10	M	13.3	15.2	28.5	9.76	18	
Valor Total de Deducción (VTD)						162	
Número de deducidos > 2 (q):			4				
Mayor Valor Deducido (HDV):			71				
Número Admisible de Deducidos (mi):			3.66				
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	71	40	21.78		132.78	3	87
2	71	40	2		113	2	78
3	71	2	2		75	1	73
4							
5							
Máx (VDC)						87	
CÁLCULO PCI: 100 - VDC						PCI:	13
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						MUY MALO	

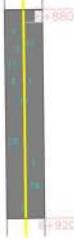
Anexo D-8. Registro visual PCI, unidad de muestreo #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+200	Área de muestreo (m2):	312	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+240	# Unidad de prueba:	6	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.8	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA		UNIDAD	ANOMALIA		UNIDAD		
1. Piel de cocodrilo		m ²	11. Parclados		m ²		
2. Exudación o Sangrado		m ²	12. Agregados Pulidos		m ²		
3. Agrietamiento en Bloque		m ²	13. Baches		U		
4. Bombeo y Hundimiento		m	14. Cruce de Ferrocarril		m ²		
5. Corrugación		m ²	15. Ruteo		m ²		
6. Depresiones		m ²	16. Empellones		m ²		
7. Agrietamiento de Borde		m	17. Agrietamiento Media Luna		m ²		
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas		m	18. Protuberancia		m ²		
9. Caída Externa de Via/Hombreira		m	19. Interperismo		m ²		
10. Agrietamiento Long. y Trans.		m					
ANOMALIA No.		SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1		H	89.01	6.75	95.76	30.69	79
1		M	11.4	2.86	14.26	4.57	38
10		M	6.9		6.9	2.21	6
3		M	23.75		23.75	7.61	15
13		H	1		1	0.32	32
Valor Total de Deducción (VTD)							170
Número de deducidos > 2 (q):				5			
Mayor Valor Deducido (HDVi):				79			
Número Admisible de Deducidos (mi):				2.93			
CALCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	79	38	6.4		123.4	3	75
2	78	38	2		118	2	81
3	78	2	2		82	1	82
4							
5							
Máx (VDC)							82
CÁLCULO PCI: 100 - VDC					PCI:	18	
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					MUY MALO		

Anexo D-9. Registro visual PCI, unidad de muestreo #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez		Abscisa inicial:	6+560	Área de muestreo (m2):	300
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		Abscisa final:	6+600	# Unidad de prueba:	7
	Fecha:	29/9/2022		Ancho de carril (m):	7.5	ESQUEMA	
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA		UNIDAD	ANOMALIA		UNIDAD		
1. Piel de cocodrilo		m ²	11. Parchados		m ²		
2. Exudación o Sangrado		m ²	12. Agregados Pulidos		m ²		
3. Agrietamiento en Bloque		m ²	13. Baches		U		
4. Bombeo y Hundimiento		m	14. Cruce de Ferrocarril		m ²		
5. Corrugación		m ²	15. Ruteo		m ²		
6. Depresiones		m ²	16. Empellones		m ²		
7. Agrietamiento de Borde		m	17. Agrietamiento Media Luna		m ²		
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas		m	18. Protuberancia		m ²		
9. Caída Externa de Via/Hombrera		m	19. Interperismo		m ²		
10. Agrietamiento Long. y Trans.		m					
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	81.75	8.58	6.72	97.05	32.35	78
1	M	14.49			14.49	4.83	38
13	H	6			6	2.00	66
3	M	10.12			10.12	3.37	9
11	L	31.27	16.94	4.14	52.35	17.45	21
Valor Total de Deducción (VTD)							212
Número de deducidos > 2 (q):					5		
Mayor Valor Deducido (HDVi):					78		
Número Admisible de Deducidos (mi):					3.02		
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	78	66	7.6		151.6	3	88
2	78	66	2		146	2	92
3	78	2	2		82	1	82
4							
5							
Máx (VDC)							92
CÁLCULO PCI:					100 - VDC	PCI:	8
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					FALLADO		

Anexo D-10. Registro visual PCI, unidad de muestreo #8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
				“PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+880	Área de muestreo:	312	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+920	# Unidad de prueba:	8	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.8	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombarrera	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	48.05	29.12	77.17	24.73	73	
11	L	6	17.98	23.98	7.69	13	
3	L	29.75		29.75	9.54	9	
10	L	17.5		17.5	5.61	3	
Valor Total de Deducción (VTD)						98	
Número de deducidos > 2 (q):			4				
Mayor Valor Deducido (HDV):			73				
Número Admisible de Deducidos (mi):			3.48				
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	73	13	4.32		90.32	3	58
2	73	13	2		88	2	63
3	73	2	2		77	1	77
4							
5							
Máx (VDC)						77	
CÁLCULO PCI:					100 - VDC	PCI:	23
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						MUY MALO	

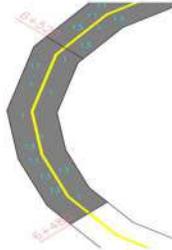
Anexo D-13. Registro visual PCI, unidad de muestreo #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"								
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez		Abscisa inicial:	7+960		Área de muestreo (m ²):	312
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		Abscisa final:	8+000		# Unidad de prueba:	11
	Fecha:	29/9/2022		Ancho de carril (m):	7.8		<i>ESQUEMA</i>	
PAVIMENTO FLEXIBLE								
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD					
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²					
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²					
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U					
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²					
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²					
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²					
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²					
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²					
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²					
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m							
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	M	1			1	0.32	15	
1	M	39.5			39.5	12.66	50	
10	M	16.9			16.9	5.42	11	
7	M	4.8			4.8	1.54	10.5	
11	L	4.56			4.56	1.46	3	
Valor Total de Deducción (VTD)								89.5
Número de deducidos > 2 (q):						5		
Mayor Valor Deducido (HDV):						50		
Número Admisible de Deducidos (mi):						5.59		
CÁLCULO DEL PCI								
No.	Valores Deducidos					Total	q	VDC
1	50	15	11	10.5	1.77	88.27	5	46
2	50	15	11	10.5	2	88.5	4	51
3	50	15	11	2	2	80	3	52
4	50	15	2	2	2	71	2	52
5	50	2	2	2	2	58	1	58
Máx (VDC)								58
CÁLCULO PCI:						100 - VDC	PCI:	42
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							REGULAR	

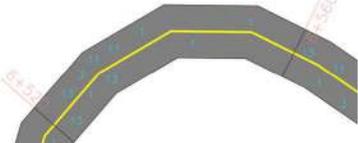
Anexo D-14. Registro visual PCI, unidad de muestreo #12

DATOS		Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	8+320	Área de muestreo (m2):	308
		Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	8+360	# Unidad de prueba:	12
		Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.7	ESQUEMA	
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Vía/Hombrera	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	M	106.64		106.64	34.62	62	
1	L	18.56	10.8	29.36	9.53	32	
				Valor Total de Deducción (VTD)		94	
Número de deducidos > 2 (q):				2			
Mayor Valor Deducido (HDV):				62			
Número Admisible de Deducidos (m):				4.49			
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos			Total	q	VDC	
1	62	32		94	2	66	
2	62	2		64	1	64	
3							
4							
5							
				Máx (VDC)		66	
				CÁLCULO PCI:	100 - VDC	PCI:	34
				CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		MALO	

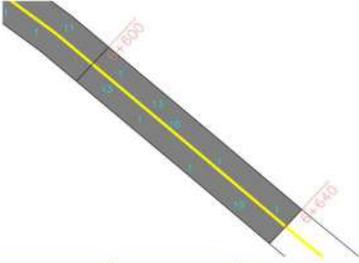
Anexo D-16. Registro visual PCI, unidad crítica UC1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+480	Área de muestreo (m ²):	308	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+520	# Unidad de prueba:	UC1	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.7	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	212		212	70.67	88	
13	H	1		1	0.33	32	
13	L	3		3	1.00	20	
10	M	12.2	8.6	20.8	6.93	14	
11	L	10.81	9.54	20.35	6.78	12	
				Valor Total de Deducción (VTD)		166	
Número de deducidos > 2 (q):			5				
Mayor Valor Deducido (HDVj):			88				
Número Admisible de Deducidos (mi):			2.10				
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	88	3.2			91.2	2	65
2	88	2			90	1	90
3							
4							
5							
					Máx (VDC)		90
					CÁLCULO PCI:	100 - VDC	PCI: 10
					CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FALLADO		

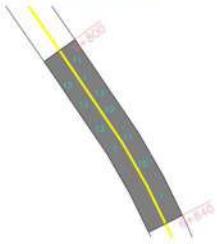
Anexo D-17. Registro visual PCI, unidad crítica UC2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
 							
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+520	Área de muestreo (m2):	296	
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+560	# Unidad de prueba:	UC2	
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.4	ESQUEMA		
PAVIMENTO FLEXIBLE							
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD				
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²				
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²				
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U				
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²				
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²				
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²				
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²				
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²				
9. Caída Externa de Vía/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²				
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m						
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	50.32	23.32		73.64	24.55	71
3	M	34.56			34.56	11.52	18
13	M	1			1	0.33	15
11	M	1.2	18.27	5.4	24.87	8.29	29
Valor Total de Deducción (VTD)							133
Número de deducidos > 2 (q):				4			
Mayor Valor Deducido (HDV):				71			
Número Admisible de Deducidos (m):				3.66			
CÁLCULO DEL PCI							
No.	Valores Deducidos				Total	q	VDC
1	71	29	11.88		111.88	3	69
2	71	29	2		102	2	72
3	71	2	2		75	1	75
4							
5							
Máx (VDC)							75
					CÁLCULO PCI: 100 - VDC	PCI:	25
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						MUY MALO	

Anexo D-18. Registro visual PCI, unidad crítica UC3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
				"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez	Abscisa inicial:	6+600	Área de muestreo (m2):	300		
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla	Abscisa final:	6+640	# Unidad de prueba:	UC3		
	Fecha:	29/9/2022	Ancho de carril (m):	7.5	<i>ESQUEMA</i>			
PAVIMENTO FLEXIBLE								
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD					
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²					
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²					
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U					
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²					
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²					
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²					
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²					
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²					
9. Caída Externa de Via/Hombreira	m	19. Interperismo	m ²					
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m							
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	H	180.18	2.5		182.68	60.89	85	
1	M	35			35	11.67	49	
13	L	2			2	0.67	14	
13	M	1			1	0.33	14.5	
10	M	15			15	5.00	11	
Valor Total de Deducción (VTD)							173.5	
Número de deducidos > 2 (q):						5		
Mayor Valor Deducido (HDVi):						85		
Número Admisible de Deducidos (mi):						2.38		
CÁLCULO DEL PCI								
No.	Valores Deducidos					Total	q	VDC
1	85	18.62				103.62	2	71
2	85	2				87	1	87
3								
4								
5								
Máx (VDC)							87	
					CÁLCULO PCI:	100 - VDC	PCI:	13
					CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			MUY MALO

Anexo D-18. Registro visual PCI, unidad crítica UC4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA – SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"									
DATOS	Inspeccionado por:	Andrés Sánchez		Abscisa inicial:	6+800	Área de muestreo (m2):	304		
	Revisado por:	Ing. Msc. Favio Portilla		Abscisa final:	6+840	# Unidad de prueba:	UC4		
	Fecha:	29/9/2022		Ancho de carril (m):	7.6	<i>ESQUEMA</i>			
PAVIMENTO FLEXIBLE									
ANOMALIA	UNIDAD	ANOMALIA	UNIDAD						
1. Piel de cocodrilo	m ²	11. Parchados	m ²						
2. Exudación o Sangrado	m ²	12. Agregados Pulidos	m ²						
3. Agrietamiento en Bloque	m ²	13. Baches	U						
4. Bombeo y Hundimiento	m	14. Cruce de Ferrocarril	m ²						
5. Corrugación	m ²	15. Ruteo	m ²						
6. Depresiones	m ²	16. Empellones	m ²						
7. Agrietamiento de Borde	m	17. Agrietamiento Media Luna	m ²						
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas	m	18. Protuberancia	m ²						
9. Caída Externa de Via/Hombrera	m	19. Interperismo	m ²						
10. Agrietamiento Long. y Trans.	m								
ANOMALIA No.	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	% DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
1	H	128		128	42.67	80.5			
1	M	47.25		47.25	15.75	51			
10	L	13.2		13.2	4.40	3			
13	L	1		1	0.33	9			
13	H	5		5	1.67	60			
11	L	9		9	3.00	6			
Valor Total de Deducción (VTD)						209.5			
Número de deducidos > 2 (q):				6					
Mayor Valor Deducido (HDV_i):				80.5					
Número Admisible de Deducidos (m_i):				2.79					
CÁLCULO DEL PCI									
No.	Valores Deducidos					Total	q	VDC	
1	80.5	47.4				127.9	2	85	
2	80.5	2				82.5	1	82	
3									
4									
5									
						Máx (VDC)		85	
						CÁLCULO PCI:	100 - VDC	PCI:	15
						CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			MUY MALO

ANEXO E:
FOTOGRAFÍAS

Anexo E-1. Fotografías

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL FOTOGRAFÍAS 	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
FOTOGRAFÍA 1	FOTOGRAFÍA 2
	
<p>Descripción: Realizando el levantamiento con la ayuda de cinta métrica, además determinación de anchos de vía.</p>	<p>Descripción: Toma de puntos georreferenciados a lo largo de la vía Cunchibamba - San Andrés/tramo 4+400 hasta 8+800 con ayuda del GPS.</p>
CONTEO VEHICULAR	
FOTOGRAFÍA 3	FOTOGRAFÍA 4
	
<p>Descripción: Realizando conteo vehicular en la abscisa 4+440 en la hora de inicio 6h00</p>	<p>Descripción: Realizando conteo vehicular en la abscisa 4+440 en la hora final 18h00.</p>



FOTOGRAFÍAS

ENSAYO DE SUELOS

FOTOGRAFÍA 5



Descripción: Extracción de muestras de suelo in situ de suelo para realizar los posteriores ensayos en el laboratorio de la facultad.

FOTOGRAFÍA 6



Descripción: Realizando el análisis granulométrico de suelos. De igual manera se preparó las muestras para límites de Atterberg.

FOTOGRAFÍA 7



Descripción: Peso de muestra después de realizar el ensayo de proctor.

FOTOGRAFÍA 8



Descripción: Ejecutando el ensayo de CBR



FOTOGRAFÍAS
ANÁLISIS DE ASFALTO

FOTOGRAFÍA 9



Descripción: Extracción de asfalto en campo por cada kilómetro comenzado por la abscisa 5+000

FOTOGRAFÍA 10



Descripción: Extracción de contenido de asfalto utilizando la máquina de centrifugado en los laboratorios de la facultad.

EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

FOTOGRAFÍA 11



Descripción: Inspección visual de la unidades de prueba anomalías existentes en la vía.

FOTOGRAFÍA 12



Descripción: Medición de las distintas anomalías encontradas en las unidades de prueba y unidades críticas



ENSAYO VIGA BENKELMAN

FOTOGRAFÍA 13

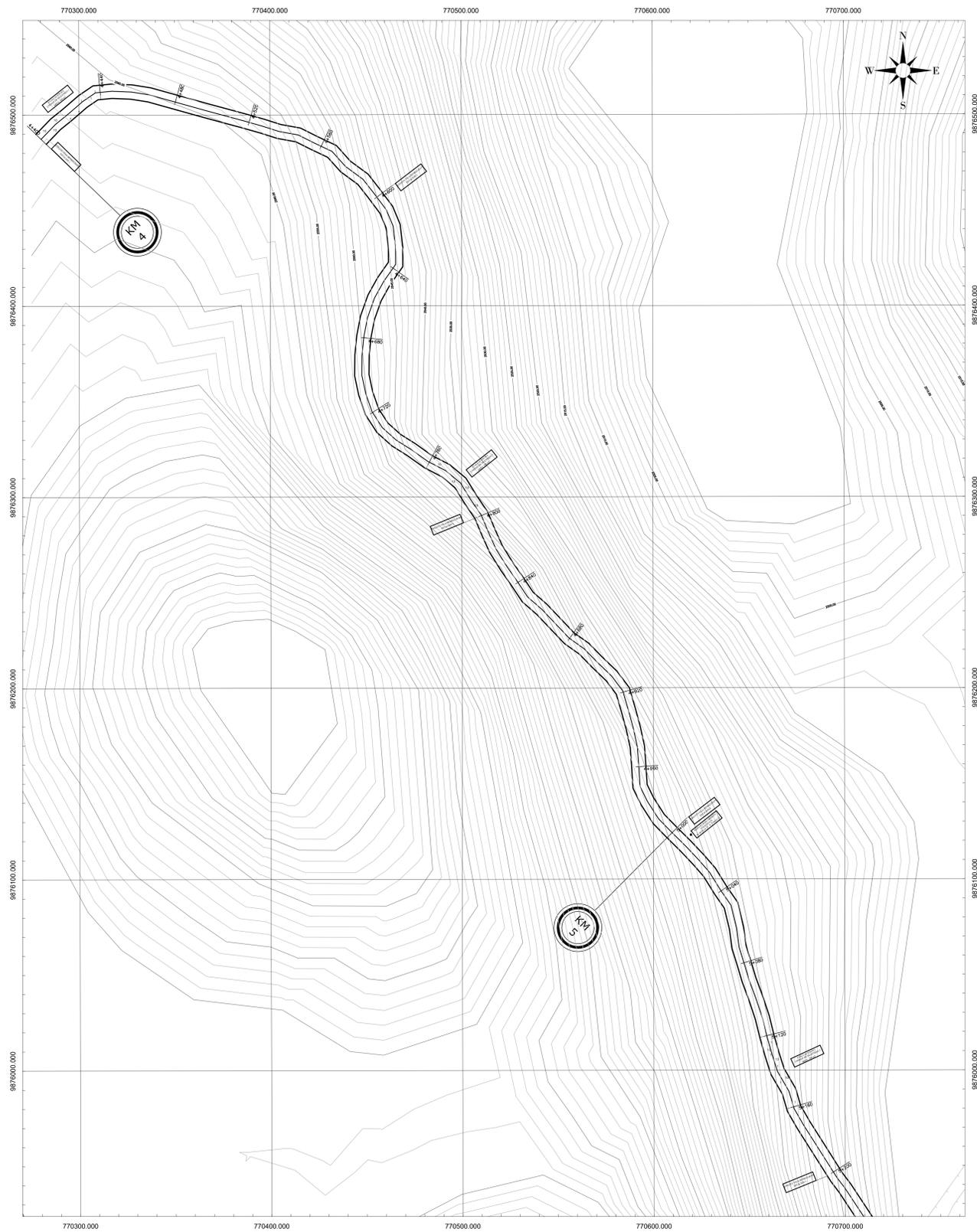


Descripción: Montaje de los equipos que intervienen en el ensayo de la viga Benkelman

FOTOGRAFÍA 14

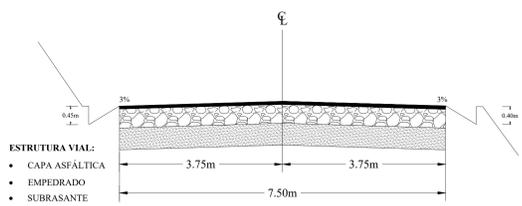


Descripción: Calibración del dial de la viga Benkelman y realización del ensayo.



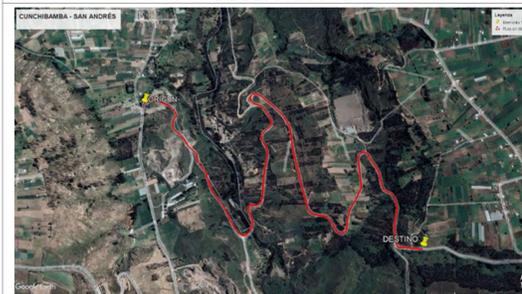
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



Nº	ANOMALÍA	Nº
1	PIEL DE COCODRILO	m ²
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m ²
6	DEPRESIONES	m ²
7	AGRIETAMIENTO DE BORDE	m
10	AGRIETAMIENTO LONG. y TRANS.	m
11	PARCHADOS	m ²
13	BACHES	U

UBICACIÓN



PROYECTO:
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA - SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

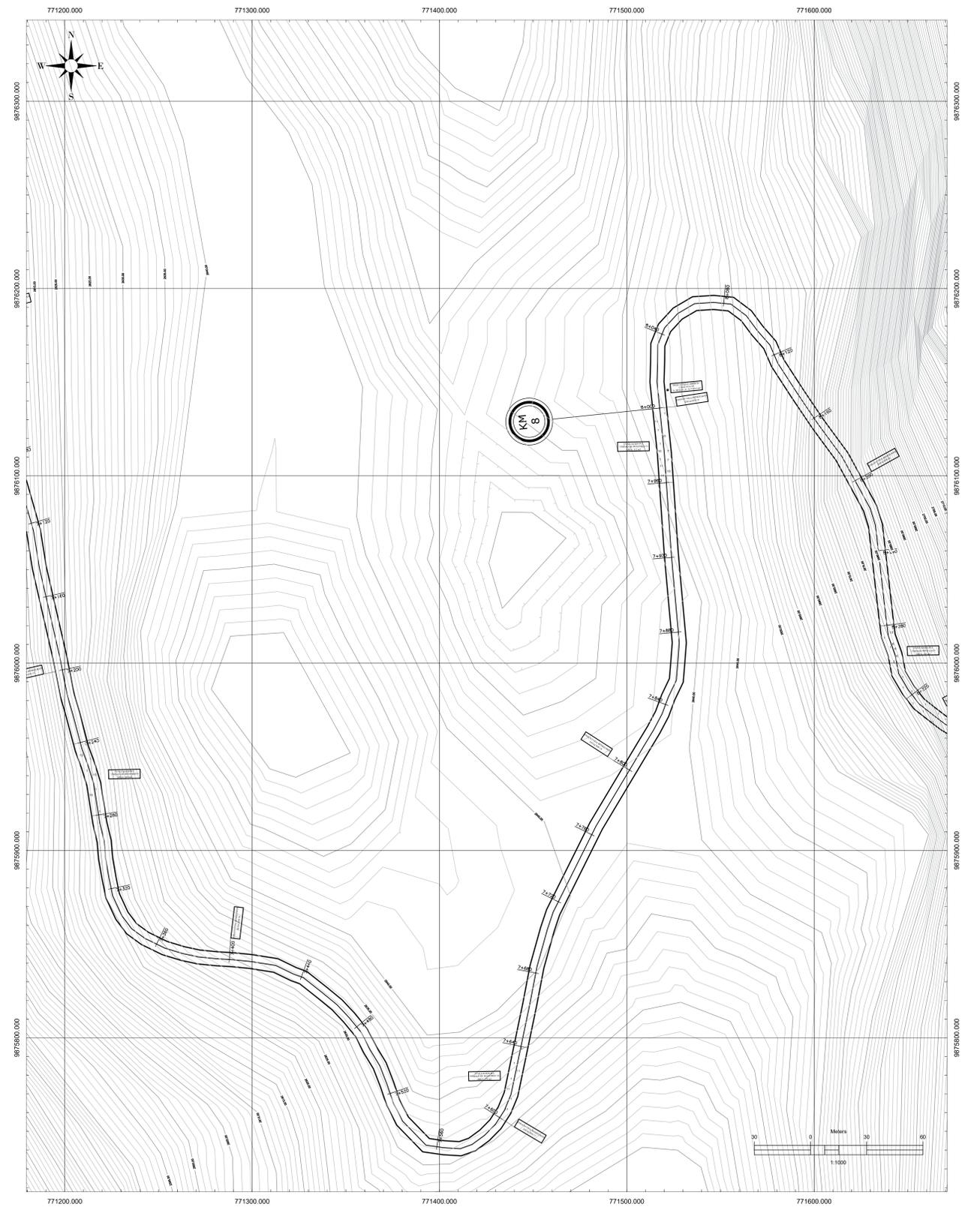
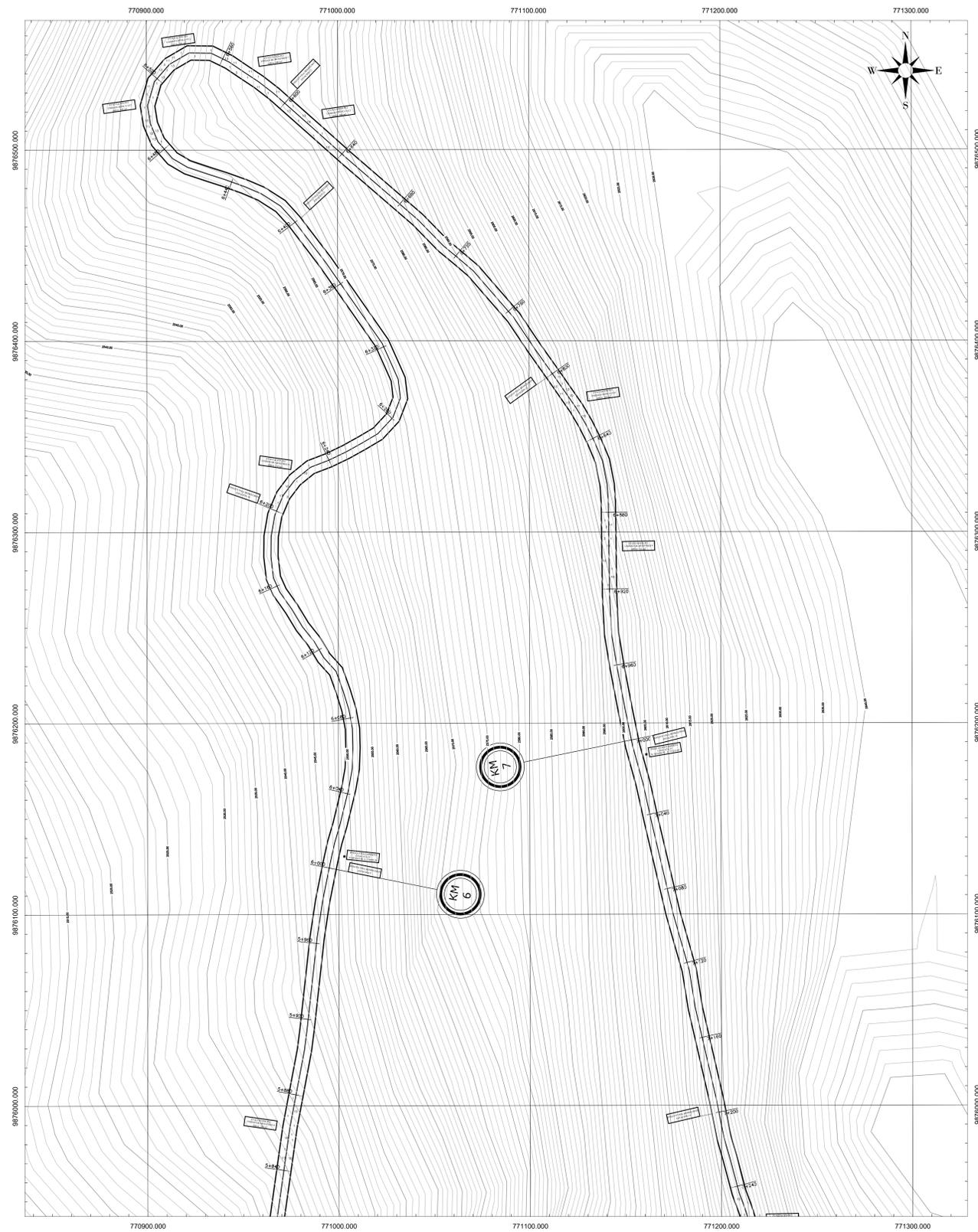
UBICACIÓN:
CANTÓN: AMBATO - PILLARO
PROVINCIA: TUNGURAHUA

UTM
WGS84
ZONA 17 SUR

Institución: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

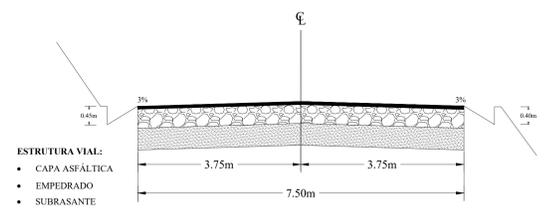
Abscisa inicial: 4+400 Abscisa final: 8+800 Longitud total: 4400 m Tipo de pavimento: Flexible

Realizó: ANDRÉS SÁNCHEZ NUÑEZ Aprobó: ING. MSC. FAVIO PORTILLA DOCENTE TUTOR Contiene: LEVANTAMIENTO VIAL - UNIDADES DE MUESTREO PCI Escala: 1:1000 Fecha: OCTUBRE 2022 Lámina #: 3 de 3



SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



Nº	ANOMALÍA	Nº
1	PIEL DE COCODRILO	m ²
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m ²
6	DEPRESIONES	m ²
7	AGRIETAMIENTO DE BORDE	m
10	AGRIETAMIENTO LONG. y TRANS.	m
11	PARCHADOS	m ²
13	BACHES	U



PROYECTO:
"PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA - SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

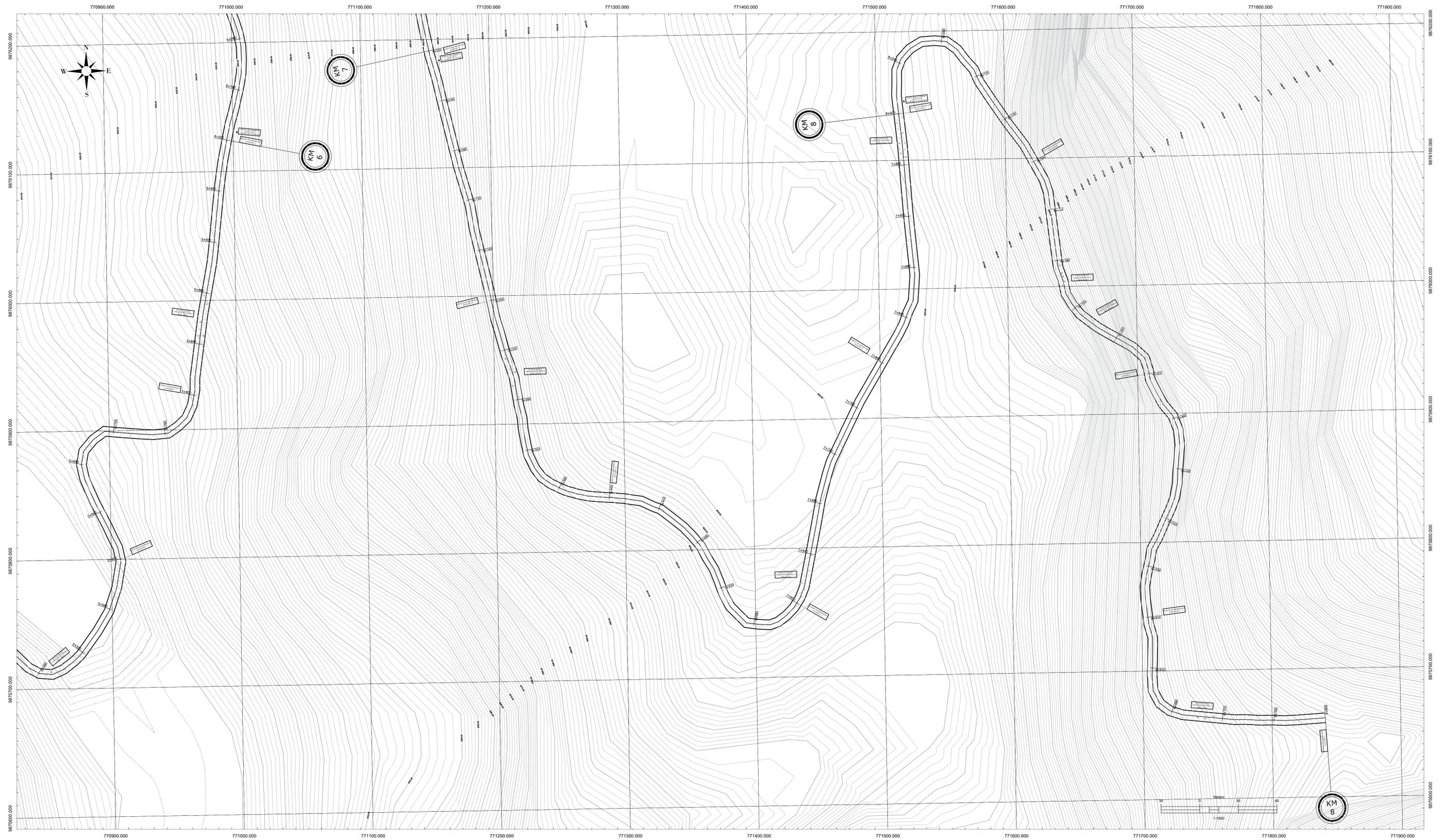
UBICACIÓN:
CANTÓN: AMBATO - PILLARO
PROVINCIA: TUNGURAHUA

UTM
WGS84
ZONA 17 SUR

Institución: **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

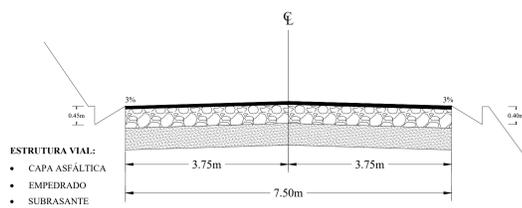
Abscisa inicial: 4+400	Abscisa final: 8+800	Longitud total: 4400 m	Tipo de pavimento: Flexible
------------------------	----------------------	------------------------	-----------------------------

Realizó: ANDRÉS SÁNCHEZ NUÑEZ	Aprobó: ING. MSC. FAVIO PORTILLA <small>DOCENTE TUTOR</small>	Contiene: LEVANTAMIENTO VIAL UNIDADES DE MUESTREO PCI	Escala: 1:1000 Fecha: OCTUBRE 2022 Lámina #: 3 de 3
-------------------------------	--	---	---



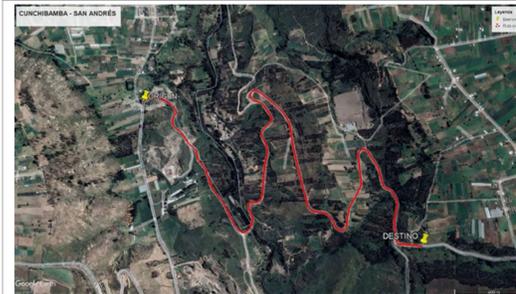
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

SIN ESCALA



Nº	ANOMALÍA	Nº
1	PIEL DE COCODRILO	m ²
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m ²
6	DEPRESIONES	m ²
7	AGRIETAMIENTO DE BORDE	m
10	AGRIETAMIENTO LONG. y TRANS.	m
11	PARCHADOS	m ²
13	BACHES	U

UBICACIÓN



PROYECTO:
 "PROPUESTA DE UN PLAN DE REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CUNCHIBAMBA - SAN ANDRÉS, DESDE EL TRAMO KM 4+400 HASTA KM 8+800 ENTRE LOS CANTONES AMBATO - PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
 CANTÓN: AMBATO - PILLARO
 PROVINCIA: TUNGURAHUA

UTM
 WGS84
 ZONA 17 SUR

Institución: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
Abscisa inicial: 4+400	Abscisa final: 8+800	Longitud total: 4400 m	Tipo de pavimento: Flexible
Realizó: ANDRÉS SÁNCHEZ NUÑEZ	Aprobó: ING. MSC. FAIVO PORTILLA DOCENTE TUTOR	Contiene: LEVANTAMIENTO VIAL UNIDADES DE MUESTREO PCI	Escala: 1:1000 Fecha: OCTUBRE 2022 Lámina #: 3 de 3