



**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:

**“PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE
LA VÍA AMBATO – PÍLLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE
SOBRE EL RÍO CULAPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A
PÍLLARO (5.50 KM), DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

AUTOR: Diego Alejandro Reyes Cortés

TUTOR: Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA AMBATO – PÍLLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CULAPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PÍLLARO (5.50 KM), DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el señor Diego Alejandro Reyes Cortés, con C.I. 1803368222, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



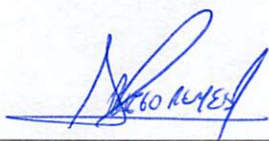
Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Diego Alejandro Reyes Cortés, con C.I. 1803368222, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA AMBATO – PÍLLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CULAPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PÍLLARO (5.50 KM), DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Diego Alejandro Reyes Cortés

C.I. 1803368222

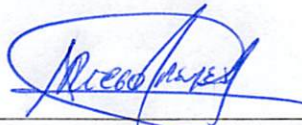
AUTOR

DERECHOS 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 reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



Diego Alejandro Reyes Cortés

C.I. 1803368222

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Diego Alejandro Reyes Cortés, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema “**PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA AMBATO – PÍLLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CULAPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PÍLLARO (5.50 KM), DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”.

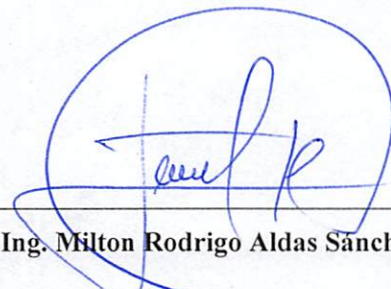
Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Alex Gustavo López Arboleda Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Milton Rodrigo Aldas Sánchez Ph. D.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y por darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Diego Alejandro Reyes Cortés

AGRADECIMIENTO

Agradecido infinitamente a Dios por su fortaleza y bendiciones para cumplir con cada una de las metas soñadas.

A mi Tutor, por guiarme y compartir sus conocimientos para elaborar el presente trabajo.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por abrirme las puertas para formarme como profesional.

Diego Alejandro Reyes Cortés

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3.1 Carretera.....	4
1.1.3.2 Pavimento	4
1.1.3.3 Estudio de Tráfico.....	6
1.1.3.4 Cálculo de ejes equivalentes W18	8
1.1.3.5 Estudio de suelos	9
1.1.3.6 Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.)	14
1.1.3.7 Evaluación estructural del pavimento mediante la aplicación de la Viga Benkelman	20
1.1.3.8 Conservación vial	24

1.2	Objetivos.....	27
1.2.1	Objetivo General	27
1.2.2	Objetivos Específicos:.....	27
CAPÍTULO II		28
2	METODOLOGÍA	28
2.1	Materiales y Equipos	28
2.2	Métodos	30
2.2.1	Plan de recolección de datos	32
2.2.2	Plan de procesamiento y análisis de información	33
CAPÍTULO III.....		34
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	34
3.1.1	Ubicación del proyecto	34
3.1.2	Levantamiento topográfico con dron.	35
3.1.3	Estudio de tráfico	35
3.1.3.1	Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	36
3.1.3.2	Cálculo del Tráfico Futuro.....	40
3.1.3.3	Clasificación de la vía en función del tráfico futuro.....	41
3.1.4	Cálculo del número de ejes equivalentes (W18).....	42
3.1.5	Análisis y resultados del estudio de suelos	45
3.1.5.1	Análisis granulométrico	45
3.1.5.2	Límites de Atterberg	45
3.1.5.3	Ensayo de compactación Proctor modificado tipo B.....	46
3.1.5.4	Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	47
3.1.6	Cálculo y análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	48
3.1.6.1	Resumen del PCI de la vía en estudio.....	55
3.1.6.2	Resumen de la evaluación superficial de la vía (PCI)	55

3.1.7 Medición de deflexiones del pavimento por medio de la Viga Benkelman.....	57
3.1.7.1 Cálculo de deflexiones.....	57
3.1.7.2 Cálculo de radio de curvatura	60
3.1.7.3 Deflexión característica	61
3.1.7.4 Deflexión admisible.....	62
3.1.7.5 Deflexión crítica	63
3.1.7.6 Resultados del ensayo Viga Benkelman en la vía en estudio.	64
3.1.8 Plan de Mantenimiento Vial.....	66
3.1.8.1 Plan de mantenimiento vial en función al valor del PCI	66
3.1.8.2 Plan de mantenimiento vial en función de la deflectometría de la vía, mediante el ensayo de Viga Benkelman.	67
3.1.8.3 Mantenimiento rutinario	70
CAPÍTULO IV	72
4 CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	72
4.1 Conclusiones.....	72
4.2 Recomendaciones	74
MATERIALES DE REFERENCIA	75
Referencias Bibliográficas	75
Anexos	78

RESUMEN

La finalidad de este trabajo es proponer un plan de conservación de la estructura de la vía Ambato – Píllaro en un tramo especificado, de manera que se pueda transportar con seguridad y comodidad, contribuyendo a una mejor calidad de vida de los habitantes del sector.

En este proyecto se realizó un levantamiento topográfico de la vía existente utilizando un dron, se elaboró un estudio actual de la vía en donde se implementó el método de índice de condición del pavimento (PCI) en donde se identificó el deterioro y severidad del pavimento a nivel superficie.

Se realizó el ensayo con la viga Benkelman, la cual no demanda muchos recursos y no es destructivo, de igual manera no altera la integridad de la estructura, evaluando de manera completa y funcional, por lo que se obtuvo la evaluación realista del comportamiento estructural del pavimento.

Se recogió muestras para realizar los estudios de suelos a lo largo de la vía en tramos especificados, necesarios para conocer las propiedades físicas y mecánicas, considerando el efecto del tránsito y las condiciones climáticas a la que está expuesta la vía.

Al ser una vía intercantonal que soporta gran cantidad de tránsito, como resultado se recomienda dar un mantenimiento rutinario.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, Carga de tránsito, Levantamiento topográfico, Estudio de suelos, Dron

ABSTRACT

The purpose of this work is to propose a conservation plan for the structure of the Ambato - Píllaro road in a specified section, so that it can be transported safely and comfortably, contributing to a better quality of life for the inhabitants of the sector.

In this project, a topographical survey of the existing road was carried out using a drone, a current study of the road was prepared where the pavement condition index (PCI) method was implemented, where the deterioration and severity of the pavement was identified at surface level.

The test was carried out with the Benkelman beam, which does not demand many resources and is not destructive, in the same way it does not alter the integrity of the structure, evaluating in a complete and functional way, for which the realistic evaluation of the structural behavior of the beam was obtained. pavement.

Samples were collected to carry out soil studies along the road in specified sections, necessary to know the physical and mechanical properties, considering the effect of traffic and the climatic conditions to which the road is exposed.

Being an intercantonal road that supports a large amount of traffic, as a result, routine maintenance is recommended.

Keywords: Preventive maintenance, Transit load, Topographic survey, Soil study, Drone

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

La disponibilidad de vías adecuadas para el transporte es primordial para el desarrollo de un país. En los países de la región se hacen grandes esfuerzos para mejorar su vialidad básica. A medida que las redes viales son utilizadas por el transporte de carga, las vías se deterioran. Esta acción alcanza niveles que pueden requerir su reconstrucción en períodos relativamente cortos con relación a la vida útil prevista en la decisión de inversión original. Los responsables de la toma de decisiones deben reconocer la importancia de la conservación vial, así como de financiarla y administrarla adecuadamente para extraer el máximo valor de la red vial. [1]

Estados Unidos es el país que más ha contribuido al desarrollo de la ingeniería de caminos a nivel mundial. Las normas para diseño y construcción de carreteras en nuestra región han sido elaboradas en base a las normas americanas. [2]

En el Ecuador, la construcción y operación de las redes viales tienen como base las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). En este sentido, para la capa de rodadura se utiliza el pavimento asfáltico elaborado con la materia prima obtenida de la refinación del petróleo. Como parte de la responsabilidad de las instituciones públicas se desarrollan procesos de fiscalización durante y posterior a la etapa de construcción de las vías. Las normas para estudio, diseño y conservación de carreteras en el Ecuador se basan en las recomendaciones de la AASHTO. [3]

Las administraciones seccionales en el Ecuador cuentan con escasa información de la extensión, jerarquía, serviciabilidad, condición del pavimento y requerimientos de intervención para la conservación de las vías que administran. Por esta razón, el insuficiente mantenimiento vial, tienen como resultado que la inversión realizada sufra una devaluación acelerada, acortando la vida útil de la vía. [4]

Los pavimentos flexibles en mal estado, en nuestra sociedad normalmente son evaluados superficialmente, y en muchos casos este deterioro no se debe a efectos superficiales, sino a fallas estructurales, es decir a un decremento de la capacidad portante del sistema pavimento y subrasante en la estructura vial existente. [3]

Una manera de economizar los recursos, en cuanto a vías rurales, es el mantenimiento adecuado de éstas. Para ello se necesita un modelo de gestión vial apegado a la realidad del sector donde se encuentra la vía en evaluación, con metodologías de gestión fáciles de aplicar y que con el tiempo vayan evolucionando y requiriendo mayor exigencia en cuanto a controles, durante la fiscalización de la calidad de los materiales, tecnologías actuales que facilitarán el monitoreo de la vía y su mantenimiento específico para evitar su deterioro. [1]

Uno de los métodos más utilizados para determinar el daño de una vía es el chequeo visual, determinando los tipos de degeneración del pavimento flexible; así como el catastro de los elementos que conforman la vía; seguido de los ensayos “in situ”.

Como ejemplo de las estrategias y procedimientos asumidos por el Estado Ecuatoriano en cuanto a la construcción y mantenimiento vial, se señala que la provincia de Tungurahua cuenta con una gran red vial asfaltada; la cual se identifica como intercantonal, interparroquial y comunitaria, siendo administrada por el Gobierno Provincial; así como en las cuestiones relacionadas con el mantenimiento, la conservación, la corrección y la rehabilitación de dichas vías; en función de las condiciones estructurales y físicas de la carretera, ya sea por administración directa o por contratación pública. [5]

La vía intercantonal Ambato - Píllaro es la principal arteria de conexión entre ambos cantones además de ingreso y salida de productos agrícolas, cárnicos, lácteos y desplazamiento de personas, por lo que se han visto en la necesidad de mejorar el servicio por el gran volumen de tránsito existente en la vía. [6]

1.1.2 Justificación

La infraestructura vial requiere conservación para mantenerla en condiciones satisfactorias y ofrecer al usuario una circulación segura y confort. Una conservación tardía o insuficiente aumentará el costo de reparación, elevará los costos de funcionamiento para el usuario. Precisamente en estos aspectos radica la importancia de la conservación vial. [7]

Las carreteras en nuestro país son la principal vía de comunicación terrestre, la mayor parte de los intercambios comerciales a nivel nacional se lleva a cabo por estas, debido a esto es de suma importancia tener en cuenta el mantenimiento de la estructura del pavimento para de esta manera evitar su reconstrucción que significan costos muy elevados en relación con su mantenimiento. [3]

Tungurahua, es la provincia que posee la mejor red vial, en referencia a la calidad y cobertura de todo el país. Esta especial atención se ha dado con el fin de robustecer la comunicación, rebajar los costes en el mantenimiento de vehículos y la disminución de los tiempos de viaje. El Gobierno Provincial de Tungurahua, en este sentido, viene trabajando por el asfaltado y mantenimiento de las vías intercantonales a partir del año 2000. [6]

El presente trabajo de investigación hace referencia a una propuesta para definir la mejor opción de mantenimiento preventivo o correctivo que se pueda aplicar en la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro; carretera asfaltada que comunica a los cantones Ambato y Píllaro de la Provincia de Tungurahua, prolongando la vida útil de la carretera, evitando el deterioro prematuro de la capa de rodadura y por tanto, inversiones inadecuadas para proceder con la rehabilitación o reconstrucción de la vía. Además, es importante obtener una base de datos del estado actual de la estructura del pavimento de la vía para el correcto desarrollo de este proyecto ya que esta es la arteria principal de conexión de ambos cantones mencionados anteriormente.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Carretera

Una carretera no es más que la parte del terreno que está estructurada de tal manera, que puedan transitar los carros, bajo estándares adecuados de seguridad vial y comodidad. Además, funciona como un factor de comunicación e interacción entre diferentes regiones, comunidades, poblaciones y hasta países. [4]

1.1.3.2 Pavimento

El pavimento es el elemento de la vía que descansa sobre la subrasante del terreno, se trata de una capa cuyo diseño debe resistir otras capas de asfalto u otros materiales de diversos grosores; ello durante un periodo de tiempo especificado. Está constituido esencialmente por: subrasante, y las capas de sub-base, de base y de rodadura; entre sus elementos estructurales y de funcionamiento se encuentran: ancho, esquema vertical y horizontal, resistencia a las cargas para impedir fallas y agrietamientos, y firmeza ante los esfuerzos destructivos del tránsito, la intemperie, el agua, los efectos cortantes, entre otros aspectos. [8]

Clasificación del pavimento

➤ Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil. [9]

➤ Pavimento rígido

Se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base o subbase y a su vez esta sobre la subrasante.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se basa generalmente en el tratamiento de juntas de las losas. [9]

➤ Pavimento semi-rígido

Es una combinación de pavimento flexible y pavimento rígido, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima; entonces es usual que un pavimento semi-rígido esté compuesto de una capa de base de concreto o tratada

con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico. [9]

Estructura de un pavimento flexible

Subrasante

Se trata de la capa que se encuentra a mayor profundidad, y soporta todo el paquete estructural, previendo que no se afecten las cargas de diseño correspondientes a las características del tránsito; se puede formar en corte o relleno en función de las particularidades del suelo, donde se estructura. [10] Debe contar con las propiedades, secciones transversales y pendientes determinadas para la vía; su calidad influye positivamente en el grosor logrado en el pavimento, de manera que debe cumplir la firmeza, incompresibilidad y soporte ante la extensión y reducción debido a los impactos de la humedad, requeridos en este sentido. [4]

Sub-base

Es la capa que se ubica en la región inferior de la base y en la parte superior de la subrasante; también se encarga del soporte, la transmisión y distribución de las cargas correspondientes a la primera capa del pavimento. Está compuesta por materiales granulares que posibilitan el cumplimiento de sus funciones de drenaje y ascenso del agua a las capas ulteriores; de esta manera se eliminan en gran medida las fallas producidas por las temperaturas del agua. También se encarga de controlar las modificaciones del volumen y la elasticidad del terreno. [8]

Base

Es justo la capa que se encuentra debajo de la carpeta asfáltica, y su rol esencial es la de soporte, distribución y transmisión de cargas a la capa inmediata inferior; por tanto, deben contar con la resistencia correspondiente. Se compone de piedra molida, mezcla natural de agregado y suelo, cemento, cal o materiales grasos. [9]

Carpeta asfáltica

Es aquella capa que se pone en el área superior del pavimento, y le proporciona la posibilidad de tránsito y movilidad vehicular; además, se caracteriza por ser impermeable, evitando los peligros de destrucción provocados por el agua en las capas inferiores, contribuyendo así la protección de dichas capas, para distribuir los mecanismos de soporte. [10]

Normalmente se hace con material pétreo y asfalto, de cual resulta trascendental saber su contenido real, y así favorecer la adecuada estructuración de las capas, en cuanto a resistencia; esta capa exterior es la que se encuentra en mayor medida expuesta a los impactos de las condiciones ambientales y físicas, y sobre todo del rodamiento de los vehículos a través de la carretera. De ahí la necesidad de los mantenimientos y la rehabilitación constante de la vía, para conservarla en un estado adecuado. [11]



Figura 1. Estructura Pavimento Flexible

Fuente: Tesis H. Meza, Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú, 2017

1.1.3.3 Estudio de Tráfico

Tráfico

Cuando se habla de mejoramiento y conservación (rectificación de trazado, ensanchamientos, sellos asfálticos, etc.) de las carreteras, como parte de proyectos viales; es usualmente sencillo calcular el tráfico actual y su proyección futura.

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito; si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento. [12]

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El TPDA se especifica como el volumen total de vehículos que transitan por un punto o sección de una carretera en el transcurso de período de tiempo explícito, que es superior a un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición. Se trata de un promedio simple

Para realizar un estudio definitivo, se debe tener mínimo un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectado por eventos especiales. [12]

Tránsito de hora pico (Trigésima hora de diseño)

El factor de hora pico (FHP), es el 25% de la relación entre el tránsito de la hora pico y la mayor cantidad de tránsito registrado durante 15 minutos de esta hora pico, se representa en la siguiente ecuación:

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Q_{15m\acute{a}x}}$$

Donde:

FHP: Factor de hora pico

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

$Q_{15m\acute{a}x}$: Flujo máximo durante 15 minutos de la hora pico [12]

Tráfico Promedio Diario Anual Actual (TPDA Actual)

Para el cálculo del TPDA Actual es necesario conocer el volumen de tránsito de la hora pico. Según la norma para carreteras rurales el volumen se encuentra entre el 12% y 18% del TPDA, usándose como base representativa un 15% del TPDA. Mientras que para carreteras urbanas este intervalo va de 8% a 12%, tomándose como factor representativo un 10% del TPDA. [9]

Tráfico Actual: es el que se utiliza en la vía, antes del proceder a su mejoramiento y que se logra mediante los estudios de tráfico. [8]

Tráfico Generado: está relacionado con la cantidad de viajes que se llevarían a cabo, si las soluciones propuestas se desarrollaran, y tienen que ver con: viajes que no se realizaron previamente, viajes que se desarrollaron anteriormente mediante transporte público, y viajes que se efectuaron con anterioridad hacia otros destinos y con las nuevas oportunidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta. [12]

Tráfico Atraído: es el que se asume de otros medios de transporte, lo cual está en dependencia de la localización de la nueva vía, en relación con el destino de los viajes, pues pueden brindar traslados más cortos y cómodos. [12]

Tráfico Desarrollado: ocurre debido a la introducción de nuevas zonas o por aumento de la producción de las tierras, ubicadas dentro del área de influencia de la carretera. Este elemento del tráfico futuro puede continuar creciendo durante

parte o todo el tiempo de estudio. Normalmente se asume su impacto, a partir de la incorporación de la vía al servicio de los usuarios. [12]

Tráfico Futuro

Es aquel en el que los diseños constructivos, se sustentan en una predicción de tráfico de (15-20) años y el aumento normal del tráfico por el desarrollo, produce un ascenso. Las proyecciones de tráfico se utilizan para la evaluación de las carreteras e impactan en la determinación de la velocidad de diseño y del resto de los datos geométricos del proyecto.

$$T_f = T_t * (1+i)^n$$

Dónde:

T_f: Tráfico Futuro

T_t: Tráfico total

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de proyección de años (20 años) [1]

1.1.3.4 Cálculo de ejes equivalentes W18

Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 8,2 toneladas para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

Los ejes equivalentes se los denominan ESAL "Equivalent Simple Axial Load", Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$W18 = ((\sum FD * TPDA) * 365) * Fd * D1$$

Donde:

W18: número de ejes equivalentes

TPDA: tráfico promedio diario anual

FD: factor de daño (por tipo de vehículo)

Fd: factor de distribución direccional

D1: porcentaje de W18 en el carril D1 [4]

1.1.3.5 Estudio de suelos

Los estudios de suelos son fundamentales, tanto para determinar las características de suelo como para el correcto diseño de la estructura del pavimento.

Los ensayos que se realizan al suelo dan a conocer las características físicas y mecánicas del mismo. Además, estos ensayos son de gran importancia en la realización de una obra ingenieril para determinar si el terreno es apto para llevar a cabo la construcción de cualquier proyecto. [13]

En los estudios de suelos se realizarán los siguientes ensayos en el laboratorio:

➤ **Análisis Granulométrico**

El análisis granulométrico indica la distribución de los tamaños que posee un agregado mediante el tamizado según las especificaciones técnicas de la norma ASTM C136-05. Para realizar el análisis granulométrico, el agregado pasa por varios tamices, se pesan las partículas retenidas en cada tamiz y se determina el porcentaje respectivo en relación con el peso seco total, posteriormente se calcula el porcentaje que pasa por las mallas. Con los diámetros característicos es posible determinar los parámetros que intervienen en el análisis granulométrico. [14]

➤ **Límites de Atterberg**

También llamados límites de consistencia, determinan cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad, de acuerdo con los tres estados de consistencia, según su humedad puede presentarse un suelo líquido, plástico o sólido. [14]

- **Límite Líquido (LL):** es la frontera entre los estados semi-líquido y plástico, definiéndose como el contenido de humedad que requiere un suelo previamente remoldeado, su determinación es un procedimiento de laboratorio entre el número de golpes de la copa de casa grande vs el contenido de humedad que permiten graficar la curva de escurrimiento. [14]
- **Límite Plástico (LP):** es la frontera entre el estado plástico y semisólido, se calcula igual que el contenido de humedad promedio. Es el contenido de agua necesario para romper o desmoronar un rollito de suelo cuyo diámetro es aproximadamente 3 mm. [14]
- **Índice de Plasticidad (IP):** de un suelo está definido como la diferencia numérica entre su límite líquido y su límite plástico. En ciertos casos es

difícil determinar el límite plástico de algunos suelos, o éste es mayor al límite líquido, dando como resultado un índice plástico negativo; a este tipo de suelos se determinan no plásticos (NP). [14]

➤ **Proctor Modificado**

La compactación es un proceso mecánico de densificación del suelo que mejora la resistencia al corte mediante la reducción de vacíos. El volumen de aire dentro del suelo se reduce al igual que el espacio de las partículas, mientras que el volumen de agua se mantiene. El suelo se compacta mediante distintos métodos y condiciones de porcentajes de humedad es decir su cantidad de golpes y cantidad de capas varían, o para un mismo número de golpes distintas capas. Sirve para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que viene a ser el contenido de humedad que da el más alto peso volumétrico seco. El ensayo consiste en compactar el suelo en cinco capas, dentro del molde especificado por la norma, a través de repetitivos golpes de un pistón especificado, que cae libremente a una altura definida. [15]

➤ **Ensayo California Bearing Ratio (CBR)**

El ensayo CBR determina la resistencia a corte de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, además permite medir la capacidad de la sub-rasante o del material utilizado como base y sub-base.

El material a ensayar debe ser tomado bajo los procedimientos del ensayo de Proctor, sea este estándar o modificado. En lo referente al número de muestras, el ensayo requiere tres, las mismas que van a ser compactadas en 3 o 5 capas, con 11, 27 y 56 golpes del martillo. Luego se le somete al ensayo de penetración, obteniendo de esta manera una curva análoga que da el valor del CBR en función de la densidad. [15]

Por último, se grafican los 3 valores de densidad vs CBR y se opta por escoger como valor de CBR al que más se aproxime a la densidad máxima del material de suelo. En definitiva, la capacidad de soporte de la subrasante es fundamental, pues de ella depende el comportamiento funcional y estructural del pavimento. [10]

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria del patrón}} * 100$$

Tabla 1. Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR

CBR %	CLASIFICACIÓN	USOS
0 - 5	Muy mala	Subrasante
5 - 10	Mala	Subrasante
10 - 20	Regular - Buena	Subrasante
20 - 30	Muy buena	Subrasante
30 - 50	Buena	Sub-base
50 - 80	Buena	Base
80 - 100	Muy buena	Base

Fuente: AASHTO-93, Diseño de pavimentos

Clasificación de suelos

Existen varios métodos y sistemas que permiten clasificar a los suelos: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), el Sistema de la ASTM. Todos los sistemas de clasificación de suelos mencionados están en función de los límites Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad) y el análisis granulométrico del suelo. [16]

➤ **Sistema de Clasificación AASHTO**

Según el método AASHTO el suelo se clasifica en 8 grupos, de (A-1 a A-8) dependerá de su análisis granulométrico y límites de Atterberg, los grupos A-1, A-2 y A-3 corresponden a material de grano grueso, los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 a material de grano fino. [14]

Tabla 2. Sistema de clasificación AASHTO

AASHTO	CLASIFICACION EN GRUPOS Y SUBGRUPOS DE SUELOS DE LA AASHTO, BPR Y HRB													
	MATERIALES GRANULARES Mas 35% retenido t 200							MATERIALES LAMINARES Mas 35% pasa t 200						
	A-1		A-2					A-3	A-4	A-5	A-6	A-7		A-8
GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-7-5	A-7-6	
SUBGRUPOS														
% PASA TAMIZ														
Num 10	50max													
Num 40	30max	50max												
Num 200	15max	25max	35max	35max	35max	35max	51mi	10ma	36mi	36mi	36mi	36min	36min	
PLASTICIDAD														
LIMITE LIQUID			40max	41min	40max	41min			40ma	41mi	40ma	41min	41min	
INDICE PLAST	6max	6max	10max	10max	11min	11min	NP		10ma	10ma		11min	11min	
INDICE GRUPO	0	0	0	0	4max	4max	0	8ma	12ma	11mi	16ma	20 máximo		
TIPOS DE MATERIAL	Fragmentos de piedra, grava y arena		Gravas y Arenas limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos	Suelos arcillosos			TURBA		
TERRENO DE FUNDACION	Excelente a Bueno		Excelente a Bueno		Regular		Excelente a Bueno	De regular a malo						Pesimo inacept
Rep gráfica														

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Joseph Bowles

➤ Sistema de Clasificación SUCS

Se lo considera como el sistema unificado de la clasificación de suelos (Unified Soil Classification System). Este sistema detalla de una manera más amplia la clasificación de los suelos, dando mayor énfasis a la granulometría del mismo. El sistema clasifica al suelo de la siguiente manera. [14]

Tabla 3. Sistema de clasificación SUCS

Ti po	Sub-Tipos	Identificación		Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 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 a nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3.	Menos de 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 de 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 (véase abajo los grupos ML y 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 (véase abajo los grupos CL y 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 un poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C _u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C _c) entre 1 y 3.	Menos del 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 del 5% en masa pasa la malla N°200.	SP
	ARENA 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 (véase abajo los grupos ML y MH)	SM	
		Arena arcillosa; mezclas 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 (véase abajo los grupos CL y CH)	SC		
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0.075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite 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 mostrada en la Figura 1 de este Manual.	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 mostrada en la Figura 1 de este Manual.	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 la plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	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 mostrada en la Figura 1 de este Manual.	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 mostrada en la Figura 1 de este Manual.	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 mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH	
				Turbas fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	P ₁	
ALTAMENTE ORGANICOS						

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Joseph Bowles

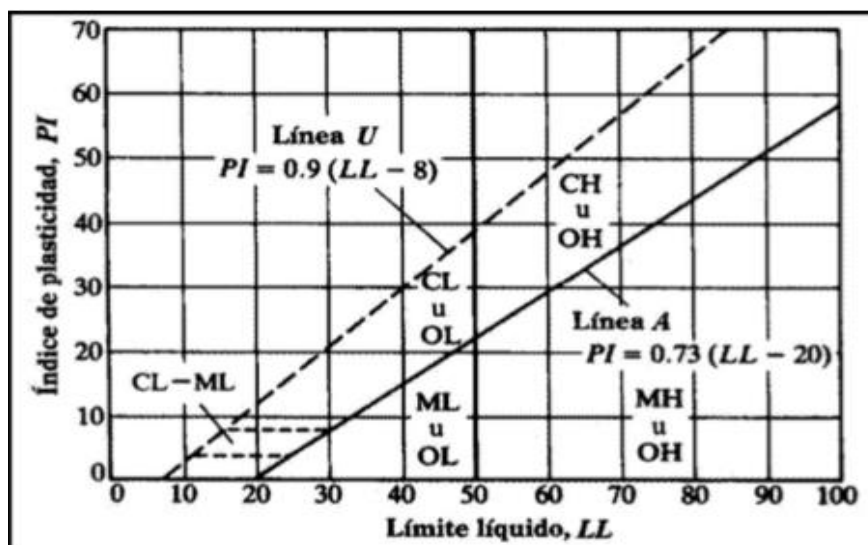


Figura 2. Carta de plasticidad (SUCS)

Fuente: Manual de laboratorio de suelos de Joseph Bowles, 2002

1.1.3.6 Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.)

El PCI es la más completa metodología para evaluar pavimentos sean flexibles o rígidos, la estructura se deteriora debido a la densidad y severidad del daño, es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. [17] Es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. Proporciona una visión de la situación actual del pavimento, fundamentado en las fallas observadas en su superficie determinando su integridad y las condiciones operacionales. El índice de condición del pavimento suministra un detalle del rendimiento del pavimento para validación o para incorporación de mejoras en su diseño y para generar propuestas de mantenimiento. El PCI suministra un detalle del rendimiento del pavimento para validación o para incorporación de mejoras en su diseño y para generar propuestas de mantenimiento. [5]

Tabla 4. Clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos, Manizales 2002

➤ **Tipos de fallas en los pavimentos flexibles**

Las fallas que afectan a los pavimentos flexibles se clasifican en dos grupos: fallas de superficie y fallas estructurales.

- **Fallas de superficie:** son los daños de la capa asfáltica, los cuales no tienen relación con la estructura del pavimento. Estas fallas se corrigen colocando capas asfálticas delgadas que impermeabilizan y dan rugosidad a la superficie. [17] A continuación, se detallan las fallas de superficie más frecuentes que perjudican a los pavimentos flexibles y que constan dentro del análisis del método PCI:

- Exudación

Capa de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, crea una superficie brillante, cristalina y reflectora. Se mide en m². [5]

- Corrugación

La corrugación es un conjunto de cimas y depresiones provocadas por la acción del tránsito y una estructura del pavimento inestable, son perpendiculares a la dirección del tránsito y la distancia entre ellas no excede los 3 metros. Se mide en m² de la superficie afectada. [5]

- Grieta de borde

Grietas paralelas entre sí, generalmente se encuentran a una distancia de 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Se mide en m lineales. [5]

- Desnivel carril/ espaldón

Es la erosión o asentamiento de la berma, debido al recapeo en la calzada elevando el nivel de la berma. Se mide en m lineales. [17]

- Grieta longitudinal y transversal

Las grietas longitudinales están ubicadas paralelamente al eje del pavimento mientras que las grietas transversales se propagan a lo largo del pavimento en forma de ángulos rectos. Se miden en m lineales. [17]

- Parche

Es una superficie de pavimento con material nuevo, que ha sido colocada para reparar el pavimento existente. Se miden m² de la superficie afectada. [17]

- Cruce de ferrocarril

Son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. La superficie del cruce se mide en m². [17]

- Agregado pulido

Esta falla se origina por la repetición de cargas de tránsito, la adherencia de las llantas con el pavimento se ven afectados por la suavidad del agregado en la superficie. Se mide en m². [5]

- Desprendimiento de agregados

La degradación del ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado provocan la pérdida de la superficie del pavimento. Se determinan en m² de área afectada. [18]

- Grieta de reflexión de junta

Este daño ocurre en pavimentos asfálticos construidos sobre losas de concreto de cemento pórtland. Se mide en m lineales. [18]

- Grieta parabólica

Son fisuras que tienen forma de media luna con dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico. Ocurren por la mala adherencia entre la capa de superficie y las subcapas respectivas. Se mide en m² de área afectada. [18]

- **Fallas estructurales:** son los defectos de la superficie de rodadura provocadas por una falla en una o más capas constitutivas de la estructura del pavimento. Estas fallas se corrigen mediante un refuerzo en el pavimento existente. [5] A continuación, se detallan las fallas estructurales más frecuentes que perjudican a los pavimentos flexibles y que constan dentro del análisis del método PCI:

- Piel de cocodrilo

Conjunto de hendiduras interconectadas que forman polígonos irregulares. No superan los 0.60 m de longitud en el lado más grande de las piezas. Se mide en m² de área afectada. [17]

- Agrietamiento en bloque

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en forma de rectángulos. Sus medidas varían de 30 x 30 cm hasta de 3 x 3 m. Se mide en m² de área afectada. [17]

- Depresión

Se caracteriza por tener niveles levemente inferiores a la superficie del pavimento de su alrededor. Se mide en m² de área afectada. [5]

- Ahuellamiento

Es una depresión en la zona de las huellas de las llantas de los vehículos. Presenta un levantamiento del pavimento en las zonas cercanas al ahuellamiento. Se mide en m² de área afectada. [18]

- Desplazamiento

Es un resbalamiento longitudinal constante de un área del pavimento. Se mide en m² de área afectada. [18]

- Hinchamiento

Es una onda larga y gradual con una longitud mayor a 3 m, se caracteriza por tener una curvatura hacia arriba de la superficie del pavimento. Se mide en m² de área afectada. [18]

- Desnivel localizado

Los abultamientos son pequeñas elevaciones localizadas en la superficie del pavimento. Por otra parte, los hundimientos son pequeños desplazamientos hacia abajo de la superficie del pavimento. En cambio, las distorsiones y desplazamientos sobre grandes áreas del pavimento, se denominan ondulaciones. Se mide en m lineales. [18]

- Huecos

Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento con forma de tazón, generalmente con diámetros menores a 0.90 m. Se contabilizan según su severidad baja, media y alta, registrándose separadamente. [18]

➤ **Calidad de Tránsito**

Al realizar la inspección de daños en el campo, se debe evaluar la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de los daños en la superficie de rodamiento. Estos niveles se clasifican en tres grupos por su grado de severidad.

a) Bajo (Low): se perciben vibraciones en el vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad, con el fin de conservar la comodidad o seguridad.

b) Medio (Medium): se perciben vibraciones significativas en el vehículo, que requieren de alguna reducción de velocidad, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.

c) Alto (High): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad considerable, con el fin de conservar la comodidad y seguridad. [12]

- **NOTA:** en el capítulo de análisis de resultados obtenidos, (Cap. 3); se muestra de manera más detallada el cálculo de PCI. A continuación, se lo describe de manera resumida y teórica:

➤ **Establecimiento de las unidades de muestra para la evaluación**

Cuando se habla de la aplicación del Índice de Condición Presente (PCI) de pavimentos, es posible alcanzar tanto la evaluación de un proyecto como de una red; teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, y debiendo inspeccionar todas las unidades de análisis. No obstante, cuando esto no sea posible, entonces se procede a calcular el número mínimo de muestreo, a través de la siguiente fórmula:

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades (σ=10) [5]

➤ **Elección de las unidades de muestra para observación**

Se sugiere que las unidades de análisis elegidas estén de la misma manera distribuidas por toda la sección del pavimento y que la principal se seleccione al azar. Este método se denomina “sistema aleatorio” y se especifica en tres pasos:

- El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible

n: Número mínimo de unidades para evaluar

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior [17]

- El inicio al azar es 0, los demás números son seleccionados entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Si i=3, la unidad de muestreo a evaluar suele ubicarse entre 1 y 3.
- Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc. Si la unidad seleccionada es 3, el intervalo de muestro es 3, y las demás unidades de muestreo a observar serían 6, 9, 12, 15.... [17]

➤ **Selección de las unidades de muestra adicionales**

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, cruce de línea férrea) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una unidad adicional en lugar de una unidad representativa o aleatoria. [18]

➤ **Escala de PCI y tipo de intervención**

Mantenimiento rutinario - preventivo: sello de fisuras, parcheo y lechadas asfálticas. Rango: 100-85 / 85-70.

Mantenimiento correctivo - periódico: refuerzo de superficie de rodadura, recapeo. Rango: 70-55 / 55-40.

Rehabilitación: reemplazo de la superficie de rodadura, reciclados. Rango: 40-25.

Reconstrucción: reconformación de toda la estructura del pavimento. Rango: 25-10 / 10-0. [5]

1.1.3.7 Evaluación estructural del pavimento mediante la aplicación de la Viga Benkelman

La viga Benkelman es una herramienta utilizada en la evaluación estructural de pavimentos con el objetivo de proponer un plan de mantenimiento, mejoramiento o rehabilitación.

Es un ensayo no destructivo que permite determinar deflexiones verticales sobre la superficie de una vía, para lograr estas mediciones es necesario aplicar una carga de 18000 lb (8,2 toneladas), proveniente de las llantas dobles del eje trasero simple de un camión. [10]

La subrasante es la capa encargada de resistir la mayor parte de cargas que se aplican en la superficie, contribuye en un 70 a 95 % de las deflexiones generadas, por este motivo es que las deflexiones que se han generado en el pavimento son a causa de la compresión elástica que experimenta la subrasante. Estas deflexiones son medidas en un punto inicial de referencia y a cada distancia conforme avanza el camión, de esta manera se crea la curva de deflexiones. [5]

➤ Viga Benkelman

La viga Benkelman es un deflectómetro el cual funciona mediante la "La regla de palanca", consiste en medir las deflexiones o desplazamientos verticales del pavimento que experimentan ante la aplicación de una carga estática o una carga que se desplaza lentamente. [3]

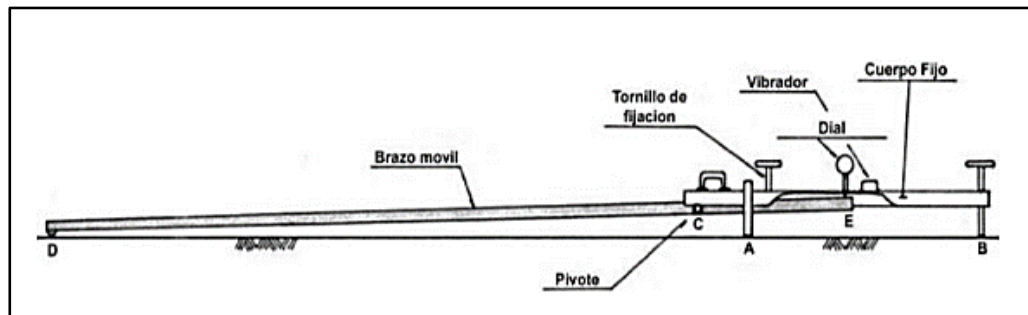


Figura 3. Partes de la Viga Benkelman

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú, Manual de Ensayo de Materiales, 2016

- **NOTA:** de igual manera que en el ítem anterior (PCI), en el capítulo 3 se detallará ampliamente todo el proceso de cálculo y procedimiento de este ensayo de la viga Benkelman; a continuación, se presenta un breve resumen teórico del proceso:

➤ **Procedimiento del ensayo de la viga Benkelman**

Para el ensayo se verifica que el camión tenga un peso de 8.2 Ton, pesados desde los 2/3 del eje posterior hacia adelante y unas llantas con presión de aire de 75-85 PSI.

Para iniciar las mediciones de las deflexiones se tiene que definir los puntos donde se tomarán las medidas. Es recomendable tomar los puntos cada 200 m de distancia, alternando cada carril; estos puntos tienen que encontrarse a una distancia prefijada hacia dentro del carril desde el borde del espaldón del pavimento.

Marcar con una línea transversal al eje de la vía, la superficie del pavimento a ser ensayada. Sobre la línea localizar el punto de ensayo a una distancia desde del borde del pavimento. [10]

Se recomienda utilizar las distancias indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 5. Distancia al borde del pavimento según el ancho del carril

Ancho de carril (m)	Distancia del punto de ensayo medida desde el borde del pavimento (m)
2,70	0,45
3,00	0,60
3,30	0,75
3,60 o más	0,90

Fuente: Tesis Harol Meza

Colocar sobre el punto seleccionado la rueda dual externa del camión, y movilizarlo lentamente, para que de esta manera el punto se ubique entre ambas llantas.

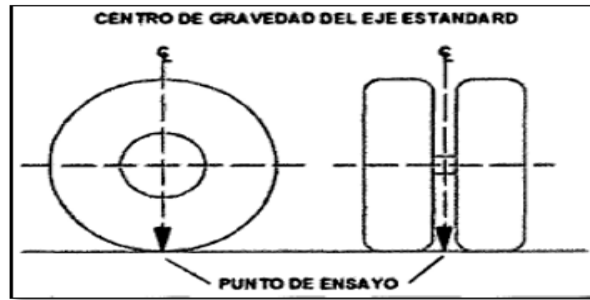


Figura 3. Ubicación del centro de gravedad del eje posterior
Fuente: Tesis “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicado a un pavimento.”

Una vez ubicado en la superficie donde se ejecutará el ensayo, ubicar el neumático del vehículo a utilizar sobre el punto, de manera que coincida cerca del eje vertical del centro de gravedad del mismo (punto D).

El extremo del brazo móvil de la viga, insertarlo entre los neumáticos del vehículo y colocarlo sobre el punto seleccionado a ensayar. [5]

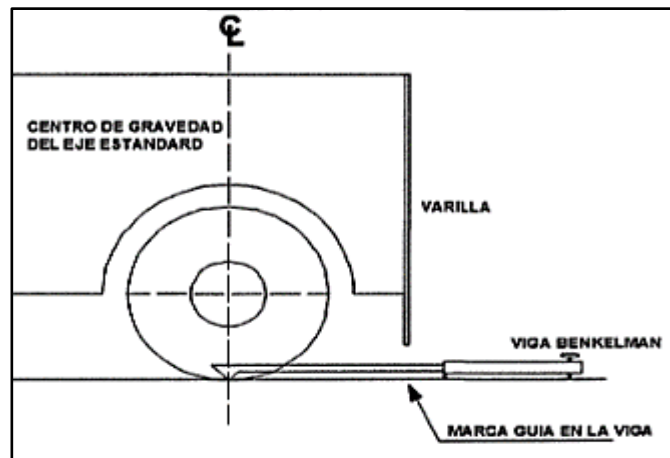


Figura 4. Alineación de la viga Benkelman con el centro de las llantas
Fuente: Tesis “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicado a un pavimento.”

Las mediciones en el punto seleccionado, se realizará a diferentes distancias, por ejemplo, a los 0,25 - 0,50 – 1,00 – 5,00 y 8,00 metros.

En esta metodología de análisis es necesario tomar por lo menos 3 lecturas; se pueden obtener mayor cantidad de lecturas con fines de verificación o para obtener una gráfica del tipo de curva de deflexión que se produce en el pavimento. Como norma la primera marca adicional se realizará a una distancia tal que la medida de su deflexión sea la mitad o esté en un rango del 35 al 65 % del límite máximo; en

el doble de distancia de la primera marca adicional se determinará la segunda marca adicional. [10]

Una vez ubicada la viga en el punto a realizar la medición, se procede a comprobar su alineación longitudinal con la dirección del movimiento del camión. Inmediatamente encerar el dial, y tomar las lecturas mientras el camión se desplaza lentamente hasta el último punto a ensayar en cada estación.

La temperatura de las capas asfálticas debe ser medida en el instante de efectuar las pruebas, con el fin de convertir a la temperatura de referencia (20 °C).

Se hace un orificio de aproximadamente 3cm x 5cm y se lo llena con agua, colocamos el termómetro y después de 10 min registramos la temperatura. Es conveniente establecer una relación deflexión - temperatura, ubicando unos pocos puntos de ensayo y efectuando medidas repetidas de deflexión en ellos a diferentes horas del día, desde las primeras horas de la mañana hasta las últimas de la tarde. [4]

➤ **Evaluación del pavimento considerando la deflexión y radio de curvatura**

Tabla 6. Tipos de deflexión

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

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial de Perú

Donde:

Tipo I: Estos modelos de deformación poseen un buen comportamiento estructural de Subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura mediana y una deflexión pequeña. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, además de una Subrasante que posee materiales que cumplen con la calidad solicitada. [8]

Tipo II: Estos modelos de deformación poseen un mal comportamiento estructural de Subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, ya que

presentan un radio de curvatura mediana y una deflexión grande. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, Pero una Subrasante que posee materiales que no cumplen con la calidad solicitada. [8]

Tipo III: Estos modelos de deformación poseen un buen comportamiento estructural de Subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión pequeña. Esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, las cuales ya no cumplen con los estándares de calidad solicitados (en granulometría, compactación, CBR, etc.). [8]

Tipo IV: Estos modelos de deformación poseen un mal comportamiento estructural de Subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión grande. Esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, además de una Subrasante que posee materiales inadecuados con un bajo CBR, así como la deficiencia en el grado de compactación y/o mal drenaje. [8]

➤ **Ventajas y desventajas del uso de la Viga Benkelman**

La utilización de la viga Benkelman tiene ventajas derivadas de su bajo costo, de la facilidad de uso debido a su versatilidad, y actualmente se tiene una gran experiencia generada por el uso durante varios años. Sin embargo, su uso genera algunos problemas técnicos importantes, entre ellos la demora para determinar las deflexiones, la cual no representa adecuadamente la acción de las cargas móviles del tránsito; la necesidad de un control permanente del tránsito en la vía durante las mediciones; la condición de que la mano de obra sea intensiva, la dificultad para asegurar que los soportes de la viga al momento de realizar las mediciones no se encuentren dentro de la cuenca de deflexiones y, por último, la escasa repetibilidad de las medidas obtenidas. [10]

1.1.3.8 Conservación vial

Se refiere al conjunto de actividades preventivas que se realizan para obtener durabilidad, seguridad, eficiencia y mantener las características estéticas durante la vida útil del proyecto. [2]

Es muy importante el mantenimiento de una infraestructura vial por lo cual es esencial mantener una vía en perfectas condiciones para promover su desarrollo, crecimiento y calidad de vida de los habitantes. Una vía segura es aquella que brinda confort y a la vez carece de obstáculos que dificulten el transporte. Sin embargo, la realidad es que las vías se van deteriorando con el pasar del tiempo y si no se da un adecuado mantenimiento esta falla lo que genera la depreciación de vehículos, tiempos de viaje prolongados, mayor consumo de combustible y mayor índice de accidentes [7]

➤ **Niveles de intervención en la conservación vial**

Son las diferentes actividades realizadas en la vía, organizadas de acuerdo a la severidad de los daños y magnitud de los trabajos que van desde intervenciones sencillas pero permanentes hasta intervenciones costosas y complicadas. [12]

- **El mantenimiento rutinario**

Se define como un trabajo técnico de reparación de pequeñas deficiencias en la capa de rodadura con la mínima cantidad de alteraciones o de daños, que permitan conservar en un buen estado y que se apliquen con regularidad una o más veces al año. Tiene el carácter de preventivo. [8]

Las actividades consideradas en el mantenimiento rutinario son:

- Limpieza de la carretera y de los pequeños derrumbes.
- Reparación de los daños localizados en la superficie de rodadura.
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje.
- Control de la vegetación.
- Mantenimiento en la señalización tanto vertical como horizontal. [19]

- **El mantenimiento periódico**

Se considera como un trabajo de mayor envergadura que se requiere de forma cíclica con la finalidad de reponer características que poseía la vía al inicio de su operación y que se han perdido debido a las diversas acciones sobre ella.

Las actividades consideradas en el mantenimiento periódico son las siguientes:

- Restablecimiento de las características de la superficie de rodadura.
- Reparación del sistema de drenaje. [17]

- **Rehabilitación**

Es el proceso por medio del cual la estructura del pavimento es restaurada a su condición original de soporte debido a que la vía tiene un alto nivel de desgaste como para resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro. Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente.

Las actividades consideradas en la rehabilitación son:

- Restablecimiento de la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.
- Mejoramiento del sistema de drenaje. [8]

- **Mejoramiento**

Son el conjunto de actividades que implica mejoras en la vía, tienen relación con su ancho, alineamiento, curvatura o pendiente longitudinal, este proceso está relacionado con la renovación de la superficie y la rehabilitación. Los objetivos del mejoramiento es incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación, la seguridad de vehículos que transitan en la vía. [3]

- **Reparaciones de emergencia**

Son aquellas actividades ejecutadas cuando la vía está en mal estado, cuando es imposible el tránsito por la misma. Como consecuencia del descuido prolongado o de los desastres naturales, al no disponer con los recursos necesarios para su reconstrucción o rehabilitación es imperioso llevar a cabo reparaciones de emergencia. [3]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Proponer un sistema de conservación vial en función de las características físicas de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro (5.50 km), de la Provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar el estado actual de la estructura del pavimento de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro de la Provincia de Tungurahua.
- Ejecutar el levantamiento topográfico de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro de la Provincia de Tungurahua.
- Determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y el número de ejes equivalentes de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro de la Provincia de Tungurahua.
- Proponer un plan de mantenimiento a la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro de la Provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

ENSAYO	MATERIALES	EQUIPO
Toma de muestras alteradas	- Muestra de suelo - Costales	- Pala - Pico - Barra - Flexómetro
Levantamiento topográfico	- Libreta de campo - Clavos de hierro - Aerosol color rojo	- Estación total - Prisma topográfico - Cinta métrica - Flexómetro - Trípode topográfico - Radio de comunicación
Medición de deflexiones	- Agua - Aerosol - chaleco reflectivo	- Viga Benkelman - Cíncel - Combo - Flexómetro - Cinta métrica - Termómetro - Volqueta cargada
Índice de Condición del Pavimento (PCI)	- Formato preestablecido de recolección de datos - Flexómetro.	- Manual de identificación de fallas
Análisis granulométrico	- Muestra de suelo cuarteada	- Tamizadora - Juego de tamices - Brocha - Balanza electrónica digital - Recipientes
Límite líquido	- 80 gr. de muestra de suelo pasado por el tamiz #40 - Agua	- Copa de Casagrande - Acanalador - Espátula - Recipientes de aluminio - Horno de secado - Balanza electrónica digital

<p>Límite plástico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 25 gr. de muestra de suelo pasado por el tamiz #40 - Agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Placa de vidrio - Mortero de porcelana - Espátula - Recipientes de aluminio - Horno de secado - Balanza electrónica digital
<p>Próctor modificado Tipo B</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 24 kg. de muestra de suelo pasado por el tamiz #4 - Agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Bandeja metálica - Moldes metálicos cilíndricos con extensión y base ($\phi=6''$) - Martillo compactador - Enrasador - Brocha - Probeta - Palustre - Balanza electrónica digital - Recipientes de aluminio - Horno de secado
<p>California Bearing Ratio (CBR)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 18 kg. de muestra de suelo pasado por el tamiz #4 - Agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Bandeja metálica - Moldes metálicos cilíndricos con extensión y base ($\phi=6''$) - Martillo compactador - Enrasador - Brocha - Probeta - Palustre - Balanza electrónica digital - Recipientes de aluminio - Horno de secado - Disco espaciador - Pesa anular - Pesa ranurada - Máquina MULTISPEED 34-V1172

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

2.2 Métodos

Descripción de la Metodología

Al ser un proyecto técnico se buscó métodos que cumplan con todos los objetivos propuestos para el desarrollo del trabajo, con el fin de obtener resultados de carácter científico, se ha dividido la investigación en:

➤ Investigación Bibliográfica

Es aquella que se basa en la indagación y recolección de información a través de documentos que tengan un sustento de carácter científico. Un documento es considerado una redacción o testimonio de un hecho que se encuentra vigente o que en algún momento determinado existió. [6]

La investigación bibliográfica es necesaria en este trabajo técnico porque brinda la información requerida mediante investigaciones previas relacionadas con el tema, libros, artículos técnicos, tesis; para tener una guía y proceder al desarrollo de la investigación con una base clara del tema.

➤ Investigación Exploratoria

Se la conoce como investigación directa, es aquella que se desarrolla en el lugar donde ocurren todos los objetos de estudio. En una investigación de campo o exploratoria deberá constar todas las variables a evaluar, junto con los instrumentos y la población que se han empleado para completar la investigación. [6]

Permite obtener información de campo debido a que se realizará visitas periódicas a la vía, como el levantamiento topográfico de la vía, el valor de TPDA mediante un conteo vehicular, extracción de muestras de suelos para ensayarlas posteriormente, las deflexiones verticales de la estructura del pavimento mediante el uso de la viga Benkelman y el valor de PCI identificando visualmente cada falla que se encuentra presente sobre la superficie de la vía en estudio.

➤ Investigación de Laboratorio

Es la investigación que se realiza en un ambiente artificial, la cual será la encargada de encontrar respuestas en algunos elementos de estudio, se elaborarán una serie de experimentos con su respectivo procedimiento. [14]

Esta investigación se desarrolla en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la Universidad Técnica de Ambato con las muestras de suelo recolectadas en la vía. Para ser ensayadas y determinar las propiedades y

características del suelo que conforma la estructura del pavimento flexible de la vía.

En los estudios de suelos se realizarán los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

Población

La población se define a la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro de la Provincia de Tungurahua, en la cual se realizará la propuesta de un plan de conservación para la estructura del pavimento de la mencionada vía.

Muestra

En el proyecto técnico para la identificación de la muestra se tomará en cuenta varios puntos de análisis en la vía Ambato - Píllaro.

Inicialmente se realizará un levantamiento topográfico con dron a un intervalo de cada 20 m.

Para el estudio de la estructura del pavimento se realizará calicatas a cada 1000 m de distancia aproximadamente en donde fuere posible, con un total de 3 muestras a ensayar en el laboratorio.

El ensayo de la viga Benkelman se ejecutará cada 200 m. para medir las deflexiones verticales del pavimento en la vía, igualmente donde las condiciones de seguridad brinden garantías para poder realizarlo.

Para el conteo vehicular se realizará un estudio de tráfico durante 7 días, analizando 12 horas por día.

En lo que se refiere al índice de condición del pavimento (PCI), se transitará la vía identificando las fallas visibles. En el proyecto técnico para la identificación de la muestra se tomará en cuenta varios puntos de análisis en la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro

2.2.1 Plan de recolección de datos

- Levantamiento y estudio topográfico, en donde se detallará las características físicas de la vía y su entorno en el tramo especificado, esto se realizará mediante estación total, la longitud del tramo es de 3800 metros.
- Estudio del tráfico en la vía y obtención de cargas de tránsito por medio de un conteo manual con una duración de una semana (7 días). Para el conteo se utilizó la ficha de registro en donde se clasifica según el tipo a los vehículos que circulan en la vía. Este registro se lo realiza en intervalos de 15 minutos para así facilitar el conteo.
- La inspección visual mediante el método de PCI da a conocer que la vía consta de dos secciones definidas, las cuales van de esta manera: la primera sección se inicia en el puente sobre el río Culapachán hasta el final de la quebrada llamada “La Joaquina” sentido Ambato – Píllaro; y la otra sección que continúa desde el final de la mencionada quebrada hasta el monumento de ingreso a Píllaro la cual consta de un parterre que divide a la vía en dos carriles de circulación marcados. No existen tramos en donde exista presencia de recapeo, además el ancho es variable en estas dos secciones de vía.
- La Viga Benkelman es usado para detectar las deflexiones verticales en el pavimento, estos resultados se los lee en un dial el cual es parte del equipo. Los puntos se los realizara cada 200 metros alternando el lado del carril con una separación del borde de 0,90 m. Las deflexiones serán tomadas a 0 m – 0,25 m – 0,50 m - 1,00 m – 5,00 m y 8,00 m.
- Para evaluar las propiedades del suelo se realizó calicatas con dimensiones aproximadas de 1,00 m x 1,00 m con una profundidad de 0,50 m a 0,80 m a una distancia de cada 1000 m donde fuere posible.
- Para realizar los diferentes ensayos mencionados en este trabajo técnico, se lo hace en base a las normas especificadas de cada uno en la siguiente tabla:

Tabla 7. Normas para los distintos ensayos

Ensayo de laboratorio	Normativa
Análisis Granulométrico	ASTM D421-58
Límite Líquido	ASTM D4318-NTE INEN 691
Límite plástico	ASTM D4318 - NTE INEN 692
Proctor Modificado	AASHTO T180 -ASTM D1557
Ensayo de relación de soporte California (CBR)	ASTM D1883
Deflectometría	AASHTO T256
Índice de Condición del Pavimento (PCI)	ASTM D6433-07

Fuente: Cárdenas J, 2003

2.2.2 Plan de procesamiento y análisis de información

- Analizar e interpretar la información recolectada, utilizando diversas técnicas e instrumentos.
- Investigar la metodología de evaluación estructural del pavimento mediante el uso de la Viga Benkelman, para obtener deflexiones verticales del pavimento y analizar los datos obtenidos.
- Determinar el TPDA y ejes equivalentes (W18), mediante un conteo manual del tráfico en la vía, para proceder a analizar el tipo de vehículos que circulan en un tiempo determinado por la vía.
- Reconocer las fallas existentes, cantidad, severidad, a lo largo la vía por el Método de Índice de Condición de Pavimento (PCI), mediante una inspección visual a lo largo de la vía.
- Obtener las propiedades físicas, mecánicas y datos requeridos del suelo extraído, mediante ensayos de laboratorio para el desarrollo del presente proyecto técnico.
- Proponer un plan de conservación vial, de esta forma cumplir con su periodo de vida útil y brindar comodidad, seguridad, a la movilidad vehicular del sector.
- Establecer conclusiones y recomendaciones en concordancia con los objetivos planteados en el presente trabajo técnico.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se presentará los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos de campo y laboratorio, mismos que permitieron el desarrollo de la presente investigación y cumplir con los objetivos de esta.

3.1.1 Ubicación del proyecto

De manera global la vía se encuentra localizada en la Provincia de Tungurahua, entre los cantones Ambato – Píllaro y es la principal arteria de conexión entre ambos cantones. El tramo específico en estudio para este proyecto inicia en el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, contemplando una zona de evaluación de 3.8 km.

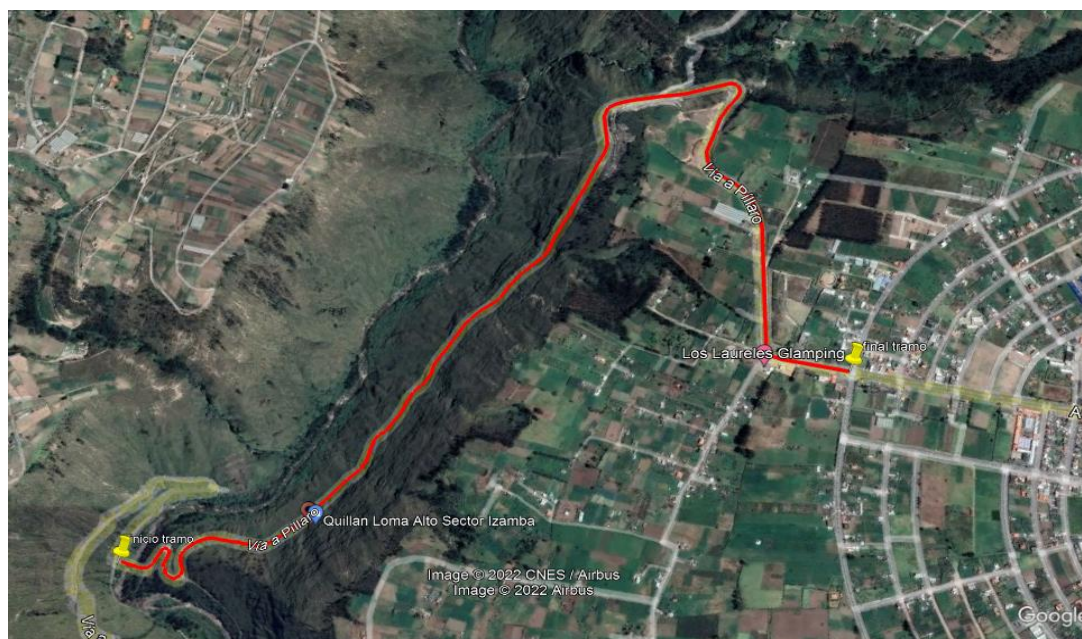


Figura 5. Ubicación vía Ambato - Píllaro

Fuente: Google Earth Pro-2022



Figura 7. Fotografía de la vía Ambato - Píllaro
Fuente: Revista Píllaro y sus tradiciones, 2022

3.1.2 Levantamiento topográfico con dron.

Para plasmar en un plano el área total del proyecto, se realizó el levantamiento topográfico de la vía Ambato – Píllaro en el tramo especificado utilizando dron, se inició en el puente sobre el río Culapachán tomando como abscisa 0+000 para nuestro caso y se finalizó en el redondel de ingreso a Píllaro. Se consideró un intervalo de distancia cada 20 m y los datos obtenidos con el equipo fueron ubicación, coordenadas y elevación con los cuales se realizaron los planos de la vía en estudio. (Anexo E)

Por la dificultad de acceso se utilizó el dron con fotogrametría, herramientas de internet como el Google Earth, software Civil 3D Autodesk para el levantamiento topográfico con el fin de representar en un modelo digital el tramo a estudiar de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro.

3.1.3 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico será primordial para detallar la cantidad de vehículos que transitan en un tiempo determinado por la vía Ambato - Píllaro, el cálculo del

TPDA, del sector proporciona el tipo de carretera, parámetros de diseño, ancho de la calzada y el espesor de cada capa de la estructura del pavimento.

El conteo vehicular para la vía Ambato - Píllaro se realizó durante 7 días seguidos por una semana sin que ésta sea afectada por eventos especiales, iniciando el lunes 19 de septiembre hasta el domingo 25 de septiembre de 2022 en un horario de 07h00 a 19h00.

La vía es de dos sentidos de circulación por lo que fue necesario la presencia de dos observadores en la estación de conteo, para que registren el paso de los vehículos en un formato preestablecido.

En el Anexo A se encuentra el conteo vehicular de los siete días de la semana.

3.1.3.1 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para el cálculo del TPDA de la vía, se ha tomado el día con mayor número de vehículos de la semana: el lunes 19 de septiembre del 2022.

La hora pico se reflejó el lunes 19 de septiembre desde las 08H15 a 09H15 con un valor de 405 vehículos.

Tabla 1. Determinación de la hora pico

Hora pico	Livianos	Buses	Pesados			TOTAL
			C-2P	C-2G	C-3	
08:15 - 08:30	92	3	7	4	0	106
08:30 - 08:45	90	6	6	1	0	103
08:45 - 09:00	85	5	3	1	0	94
09:00 - 09:15	91	4	4	3	0	102
TOTAL	358	18	20	9	0	405

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Cálculo del factor de hora pico

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Q_{15m\acute{a}x}}$$

Donde:

FHP: Factor de hora pico

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

$Q_{15m\acute{a}x}$: Flujo máximo durante 15 minutos de la hora pico

$$FHP = \frac{405}{4 * 106}$$

$$FHP = 0.955$$

Se consideró FHP=1, a fin de obtener un tránsito uniforme.

Cálculo del TPDA actual

Para calcular el TPDA actual, según las normas se utiliza el porcentaje promedio que varía entre el 8% y 12% para la vía en estudio es decir el 10% (k). [16]

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k}$$

Donde:

TPDA: Tráfico promedio diario anual (actual).

VHP: Volumen de vehículos durante la hora pico.

FHP: Factor de hora pico.

k: Porcentaje de la 30ava hora de diseño.

Vías urbanas 8% - 12%, k= (10%)

Vías Rurales: 12% - 18%, k= (15%) [6]

➤ **TPDA actual para vehículos livianos**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{358 * 1}{10\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 3580 \text{ veh/día}$$

➤ **TPDA actual para buses**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{18 * 1}{10\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 180 \text{ veh/día}$$

➤ **TPDA actual para vehículos pesados**

- **C - 2 P**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{20 * 1}{10\%}$$

$$TPDA \text{ actual} = 200 \text{ veh/día}$$

- **C - 2 G**

$$\text{TPDA actual} = \frac{9 * 1}{10\%}$$

$$\text{TPDA actual} = 90 \text{ veh/día}$$

Cálculo del tráfico atraído (T at)

$$T \text{ at} = 10\% * \text{TPDA actual}$$

Donde:

T at: Tráfico atraído.

TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual

➤ **T at para vehículos livianos**

$$T \text{ at} = 10\% * 3580$$

$$T \text{ at} = 358 \text{ veh/día}$$

➤ **T at para buses**

$$T \text{ at} = 10\% * 180$$

$$T \text{ at} = 18 \text{ veh/día}$$

➤ **T at para vehículos pesados**

- **C - 2 P**

$$T \text{ at} = 10\% * 200$$

$$T \text{ at} = 20 \text{ veh/día}$$

- **C - 2 G**

$$T \text{ at} = 10\% * 90$$

$$T \text{ at} = 9 \text{ veh/día}$$

Nota: El tráfico generado y desarrollado no se toma en cuenta debido a que es una vía en servicio y no por construir.

Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Total

$$T \text{ total} = \text{TPDA actual} + T \text{ at}$$

Donde:

T total: Tráfico Promedio Diario Anual Total.

TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual.

T at: Tráfico atraído.

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para vehículos livianos**

$$T \text{ total} = 3580 \text{ veh/día} + 358 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 3938 \text{ veh/día}$$

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para buses**

$$T \text{ total} = 180 \text{ veh/día} + 18 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 198 \text{ veh/día}$$

➤ **Tráfico Promedio Diario Anual Total para vehículos pesados**

• **C - 2 P**

$$T \text{ total} = 200 \text{ veh/día} + 20 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 220 \text{ veh/día}$$

• **C - 2 G**

$$T \text{ total} = 90 \text{ veh/día} + 9 \text{ veh/día}$$

$$T \text{ total} = 99 \text{ veh/día}$$

Tráfico promedio diario anual total para vehículos pesados es 319 veh/día.

TPDA total = TPDA total (livianos) + TPDA total (buses) + TPDA total (pesados)

$$TPDA \text{ total} = 3938 + 198 + 319$$

$$TPDA \text{ total} = 4455 \text{ veh/día}$$

Tabla 2. TPDA total actual de la vía en estudio

Tipo de vehículo	TPDA actual (veh/día)	Tráfico atraído (veh/día)	TPDA total (veh/día)
Livianos	3580	358	3938
Buses	180	18	198
Pesados	290	29	319
		TOTAL	4455

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

En la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el ingreso a Píllaro, el TPDA total presenta un valor de 3938 veh/día de vehículos livianos, 198 buses y 319 vehículos pesados, el TPDA total proporciona el tráfico futuro de la vía en estudio. En la siguiente figura se puede apreciar gráficamente el TPDA generado para cada tipo de vehículo.

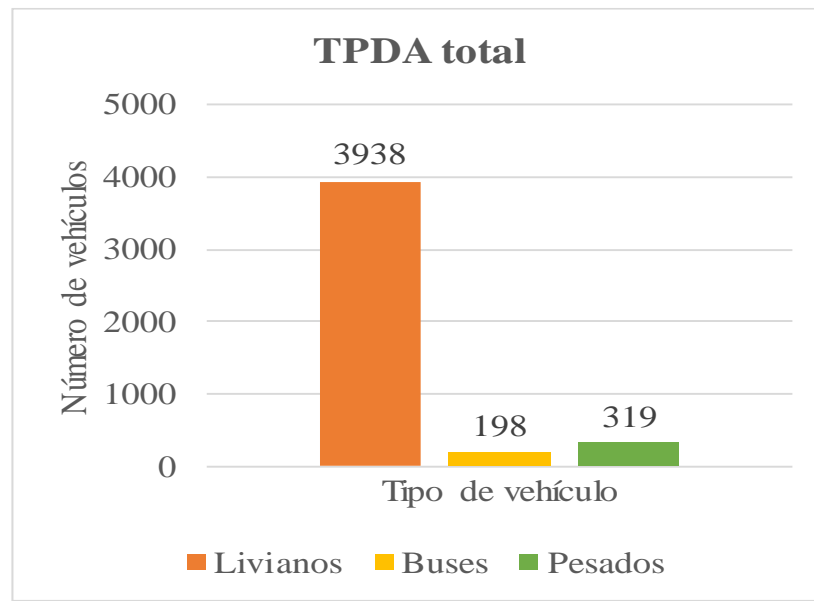


Figura 8. Interpretación gráfica del TPDA total según el tipo de vehículo

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.3.2 Cálculo del Tráfico Futuro

Para el análisis del tráfico futuro de la vía Ambato - Píllaro se realizará una proyección del tráfico para un período de 20 años, iniciando en el año 2022 hasta el año 2042.

$$T_f = T_{total} * (1+i)^n$$

Donde:

T_f: Tráfico futuro

T_{total}: Tráfico promedio diario anual total

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de años a futuro

Tabla 3. Índice de crecimiento vehicular

Período	Tipos de vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2020-2025	3.57	1.78	1.74
2025-2030	3.25	1.62	1.58
2030-2035	3.25	1.62	1.58
2035-2040	3.25	1.62	1.58
2040-2045	3.25	1.62	1.58

Fuente: MTOP, 2003

Tabla 4. Tráfico futuro total de la vía en estudio

n	Año	Índice de crecimiento (i %)			Tráfico futuro por tipo de vehículo					TPDA Futuro Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones			
							C-2 P	C-2 G	C-3	
0	2022	3.57	1.78	1.74	3938	198	220	99	0	4455
1	2023	3.57	1.78	1.74	4079	202	224	101	0	4605
2	2024	3.57	1.78	1.74	4224	205	228	102	0	4760
3	2025	3.57	1.78	1.74	4375	209	232	104	0	4920
4	2026	3.25	1.62	1.58	4475	211	234	105	0	5026
5	2027	3.25	1.62	1.58	4621	215	238	107	0	5180
6	2028	3.25	1.62	1.58	4771	218	242	109	0	5340
7	2029	3.25	1.62	1.58	4926	222	246	110	0	5504
8	2030	3.25	1.62	1.58	5086	225	249	112	0	5673
9	2031	3.25	1.62	1.58	5252	229	253	114	0	5848
10	2032	3.25	1.62	1.58	5422	233	257	116	0	6028
11	2033	3.25	1.62	1.58	5598	236	261	118	0	6214
12	2034	3.25	1.62	1.58	5780	240	266	119	0	6406
13	2035	3.25	1.62	1.58	5968	244	270	121	0	6603
14	2036	3.25	1.62	1.58	6162	248	274	123	0	6807
15	2037	3.25	1.62	1.58	6362	252	278	125	0	7018
16	2038	3.25	1.62	1.58	6569	256	283	127	0	7235
17	2039	3.25	1.62	1.58	6783	260	287	129	0	7459
18	2040	3.25	1.62	1.58	7003	264	292	131	0	7691
19	2041	3.25	1.62	1.58	7231	269	296	133	0	7929
20	2042	3.25	1.62	1.58	7466	273	301	135	0	8175

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.3.3 Clasificación de la vía en función del tráfico futuro

Para poder clasificar la carretera según los límites propuestos por la MOP 2003, se ha calculado el tráfico futuro de la vía Ambato - Píllaro con una proyección de 20

años, el tráfico proyectado para el año 2042 será de 8175 veh/día, los cuales clasifican a la carretera como un Corredor Arterial RI. (ver Tabla 12)

Tabla 5. Clasificación de carreteras en base al TPDA

Función	Clase de carretera (según MOP)	TPDA (Año final de diseño)
Corredor arterial	RI - RII (1)	> 8000
	I	3000 - 8000
Colectora	II	1000 - 3000
	III	300 - 1000
Vecinal	IV	100 - 300
	V	300

Fuente: MOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

3.1.4 Cálculo del número de ejes equivalentes (W18)

La siguiente ecuación permite realizar el cálculo del número de total de ejes equivalentes tomando en cuenta la variedad de vehículos que transitan por la vía Ambato – Píllaro.

$$W18 = ((\sum FD * TPDA) * 365) * Fd * DI$$

Donde:

W18: número de ejes equivalentes

TPDA: tráfico promedio diario anual

FD: factor de daño (por tipo de vehículo)

Fd: factor de distribución direccional

DI: porcentaje de W18 en el carril DI

A continuación, se presentan las tablas que se necesita para el cálculo del número de ejes equivalentes (W18):

Tabla 6. Factores de daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	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	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							
C-2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			18	2.07			2.75
C-4	6	0.68					25	1.4	2.08
C-5	6	0.68			18	2.07			2.75
C-6	6	0.68			18	2.07	25	1.4	4.15

Fuente: Guía técnica de pavimentos de Moreira Fricson, 2017

Tabla 7. Factores de distribución direccional

Número de carriles	Porcentaje de vehículos en el carril (%)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos, 2014

Tabla 8. Porcentajes de W18 en el carril D1

Número de carriles en una dirección	Porcentaje de W18 en un carril (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80

Fuente: Norma AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Se procede al cálculo el número de ejes equivalentes que transitan por la vía Ambato - Píllaro en este caso para el año 2022; y se procede de la misma manera para los demás años hasta 2042:

$$W18 = ((198*1,04) + (220*1,29) + (99*3,92) * 365) * 0,5 * 1$$

$$W18 = 160199 \text{ ejes equivalentes}$$

Tabla 9. Cálculo del número de ejes equivalentes W18

n	Año	Índice de crecimiento (i %)			Tráfico futuro por tipo de vehículo					TPDA Futuro Total	W ₁₈ Calculado	W ₁₈ Acumulado	W ₁₈ Carril diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones						
							C-2 P	C-2 G	C-3				
0	2022	3.57	1.78	1.74	3938	198	220	99	0	4455	160199	160199	80099
1	2023	3.57	1.78	1.74	4079	202	224	101	0	4605	163001	323199	161600
2	2024	3.57	1.78	1.74	4224	205	228	102	0	4760	165853	489052	244526
3	2025	3.57	1.78	1.74	4375	209	232	104	0	4920	168754	657806	328903
4	2026	3.25	1.62	1.58	4475	211	234	105	0	5026	170629	828434	414217
5	2027	3.25	1.62	1.58	4621	215	238	107	0	5180	173341	1001775	500888
6	2028	3.25	1.62	1.58	4771	218	242	109	0	5340	176096	1177871	588935
7	2029	3.25	1.62	1.58	4926	222	246	110	0	5504	178894	1356765	678383
8	2030	3.25	1.62	1.58	5086	225	249	112	0	5673	181738	1538503	769252
9	2031	3.25	1.62	1.58	5252	229	253	114	0	5848	184626	1723129	861565
10	2032	3.25	1.62	1.58	5422	233	257	116	0	6028	187561	1910690	955345
11	2033	3.25	1.62	1.58	5598	236	261	118	0	6214	190542	2101232	1050616
12	2034	3.25	1.62	1.58	5780	240	266	119	0	6406	193570	2294803	1147401
13	2035	3.25	1.62	1.58	5968	244	270	121	0	6603	196647	2491450	1245725
14	2036	3.25	1.62	1.58	6162	248	274	123	0	6807	199773	2691223	1345611
15	2037	3.25	1.62	1.58	6362	252	278	125	0	7018	202948	2894170	1447085
16	2038	3.25	1.62	1.58	6569	256	283	127	0	7235	206174	3100344	1550172
17	2039	3.25	1.62	1.58	6783	260	287	129	0	7459	209451	3309795	1654897
18	2040	3.25	1.62	1.58	7003	264	292	131	0	7691	212780	3522574	1761287
19	2041	3.25	1.62	1.58	7231	269	296	133	0	7929	216162	3738736	1869368
20	2042	3.25	1.62	1.58	7466	273	301	135	0	8175	219597	3958333	1979167

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.5 Análisis y resultados del estudio de suelos

Se realizó calicatas de 1m x 1m y de profundidad de 0,5m a 0.8m aproximadamente, en donde se lo pudo realizar debido a la peligrosidad y sinuosidad de la vía, especialmente en el tramo desde el puente sobre el río Culapachán hasta la salida de la quebrada denominada “La Joaquina”. Se extrajo muestras de suelo de 50 kg, obteniendo 1 muestras por calicata.

Se identificó una capa de material granular.

Una vez extraídas las muestras de suelo, se las secó al aire libre por 7 días para posteriormente ser llevadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y realizar los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, proctor modificado tipo B, CBR.

Los resultados detallados de estos ensayos se presentan en el Anexo B.

3.1.5.1 Análisis granulométrico

Se realizó el análisis granulométrico de las muestras tomadas de cada una de las calicatas, para posteriormente determinar el tipo de suelo.

La información detallada del análisis granulométrico se encuentra en el Anexo B.

3.1.5.2 Límites de Atterberg

Estos límites junto con la granulometría son importantes para la clasificación del suelo. Para ello se determinó el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de cada una de las muestras de suelo.

A continuación, se indica los parámetros granulométricos y límites de Atterberg de las muestras de suelo recolectadas.

Tabla 10. Análisis granulométrico y límites de Atterberg del suelo

Calicata N°	Granulometría			Límites de Atterberg		
	Cu	Cc	TNM (mm)	L. Líquido %	L. Plástico %	I. Plasticidad %
1	12.93	0.43	24.26	24.70	23.09	1.61
2	13.70	0.94	10.44	24.29	23.60	0.69
3	15.50	0.73	21.52	24.32	22.69	1.63

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Luego se procede a determinar el tipo de suelo de acuerdo con el sistema de clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 11. Clasificación del suelo

Calicata N°	Sistema de Clasificación de Tipo de Suelos			
	SUCS	Descripción	AASHTO	Descripción
1	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena
2	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena
3	SP	Arena mal graduada	A-1-b	Grava y arena

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Mediante el análisis granulométrico y los límites de Atterberg se determinó que las muestras presentan una arena mal graduada (SP) según la clasificación SUCS, mientras que según la AASHTO presentan grava y arena bien graduada (A-1-b).

3.1.5.3 Ensayo de compactación Proctor modificado tipo B

El ensayo de compactación permite determinar los valores de contenido de humedad óptimo y densidad máxima, estos valores posteriormente serán utilizados para realizar el ensayo CBR.

En el Anexo B se indica detalladamente el ensayo de compactación proctor modificado tipo B para las 3 muestras en total.

Tabla 12. Resultados del ensayo de compactación proctor modificado

Propiedades	Muestras de suelo		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Húmedad Óptima W %	19.28	17.60	15.60
Máxima Densidad Seca γ_d (gr/cm³)	1.56	1.67	1.69

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo proctor modificado tipo B de las 3 muestras de suelo, la cual detalla la densidad seca y la humedad óptima de cada calicata.

3.1.5.4 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Con los contenidos de humedad óptima y densidad se procede a realizar el ensayo CBR para determinar la calidad del suelo que forma parte de la estructura del pavimento flexible de la vía y su capacidad portante.

En la tabla se muestra los resultados de este ensayo.

Tabla 13. Valores de CBR

Calicata N°	CBR %	Clasificación
1	31.54	Buena
2	35.56	Buena
3	31.21	Buena

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.6 Cálculo y análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La evaluación de un pavimento mediante el método PCI comprende una etapa de trabajo de campo y otra de tabulación de datos y cálculo.

A continuación, se detalla el procedimiento y resultados obtenidos en la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el monumento de ingreso a Píllaro; mediante la aplicación del PCI.

En la sección anexos de PCI se indica los formatos de todas las muestras y sus respectivos cálculos.

➤ Cálculo de las unidades de muestreo

Datos:

Ancho de calzada promedio sección: 7,40 m

Longitud del tramo: 3860 m

Área de tramo: $230 \pm 93 \text{ m}^2$

Error admisible estimado para el PCI de la sección (e): 5%

Desviación estándar del PCI para pavimentos asfálticos (σ): 10

• Longitud de la unidad de muestra

$$L = \frac{A}{Av}$$

Donde:

L: longitud de la unidad de muestra.

A: área de muestreo.

Av: ancho de vía.

$$L = \frac{230 \pm 93 \text{ m}^2}{7,40\text{m}}$$

$$L = 30\text{m}$$

• Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

$$N = \frac{Lt}{L}$$

Donde:

N: número total de unidades de muestreo

Lt: longitud del tramo vial en estudio

L: longitud de cada unidad muestral

$$N = \frac{3860m}{30m}$$

$$N = 81,29 \approx 82 \text{ unidades}$$

- **Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar**

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

Donde:

n: número mínimo de unidades de muestreo

e: error admisible estimado para el PCI de la sección

σ : desviación estándar del PCI

$$n = \frac{82 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (82-1) + 10^2}$$

$$n = 14,53 \approx 15 \text{ unidades}$$

➤ **Intervalo de muestreo**

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

i: intervalo de muestreo

N: número total de unidades de muestreo

n: número mínimo de unidades de muestreo

$$i = \frac{82 \text{ unidades}}{15 \text{ unidades}}$$

$$i = 5,86 \approx 6$$

Con el número de muestras determinadas, se procede en la vía a evaluar los daños presentes, clasificándolos de acuerdo a su tipo, extensión y severidad.



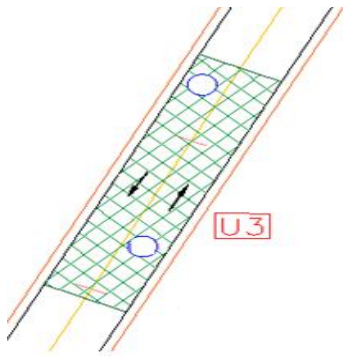
Se evaluaron en total de 14 unidades en un intervalo de cada 9 unidades.

➤ **Cálculo del PCI**

Entonces ya identificados los daños en la vía Ambato - Píllaro, se procede a calcular el PCI de cada una de las muestras evaluadas en la vía de acuerdo con el tipo.

Se escogió aleatoriamente la muestra 3 para indicar el proceso de cálculo del PCI.

Anexo B-3. Índice de condición del pavimento - muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS			TIPOS DE FALLAS						ESQUEMA		
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+360"/>			N°			Fallas			Unidad		
ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+390"/>			1			Piel de cocodrilo			m ²		
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="3"/>			2			Exudación			m ²		
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>			3			Agrietamiento en bloque			m ²		
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40 m"/>			4			Desnivel localizado			m		
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5			Corrugación			m ²		
			6			Depresión			m ²		
			7			Grieta de borde			m		
			8			Grieta de reflexión de junta			m		
			9			Desnivel carril / espaldón			m		
			10			Grietas longitudinales y transversales			m		
			11			Parche			m ²		
			12			Agregado pulido			m ²		
			13			Huecos			U		
			14			Cruce de ferrocarril			m ²		
			15			Ahuellamiento			m ²		
			16			Desplazamiento			m ²		
			17			Grieta parabólica			m ²		
			18			Hinchamiento			m ²		
			19			Desprendimiento de agregados			m ²		
											
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
10			x	6.1	2.9	10.8	3.3	23.1	7.700	6	
11			x	3.75	0.66	0.78		5.19	1.730	4	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		10.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								2			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								6			
Número admisible de valores deducidos (mi):								9.63			
N°	Valores deducidos						Total	mi	VDC		
1	6	4					10	2	6		
2	6	2					8	1	8		
								Máx. (VDC):		8	
						PCI = 100 - Máx.(VDC)		92.00			

➤ **Cálculo de la densidad**

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Total de daño}}{\text{Área de la muestra}} * 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{23,10}{300} * 100$$

$$\text{Densidad} = 7,70$$

➤ **Cálculo del valor deducido (VD)**

El valor deducido (VD) se calcula con las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para cada tipo de daño y su nivel de severidad.

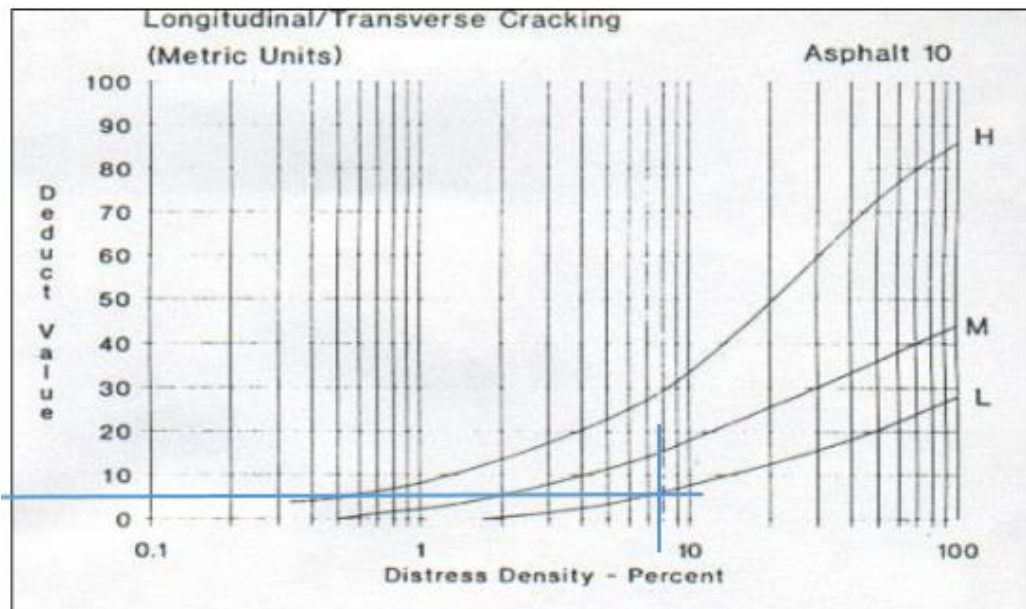


Figura 9. Ábaco de valores deducidos para falla 10 fisuras longitudinales y transversales

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

NOTA:

- Si los valores deducidos (VD) son menores o iguales que 2, se sumarán y este será el Valor Total Deducido (VDT), el mismo que se restará de 100 y se obtendrá el valor PCI de la muestra evaluada.
- Pero, si los valores deducidos son mayores que 2; y más de 2 datos, se debe calcular el Valor Deducido Corregido (CDV). [20]

Ordenar los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor: 16 – 9.

➤ **Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m_i)**

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 6)$$

$$m_i = 9,63$$

Si se dispone de menos valores deducidos que m_i , se utilizan todos los que tengan.

➤ **Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)**

Se realiza la siguiente tabla colocando de mayor a menor los valores deducidos de manera horizontal en la fila 1, en la fila 2 cambiar el último valor por el número 2 y repetir este procedimiento hasta sólo quedar con el primer número de valor deducido de la unidad: [17]

Tabla 14. Cálculo del máximo valor deducido corregido

Número de deducidos > 2 (q):		2							
Mayor valor deducido individual (HDV _i):		6							
Número admisible de valores deducidos (m _i):		9.63							
Nº	Valores deducidos						Total	m _i	VDC
1	6	4					10	2	6
2	6	2					8	1	8
							Máx. (VDC):	8	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Luego, con los valores totales, resultados de la suma, y los valores mi; se calculan los valores de CDV (máximo valor deducido), con las curvas para el cálculo del CDV. Así:

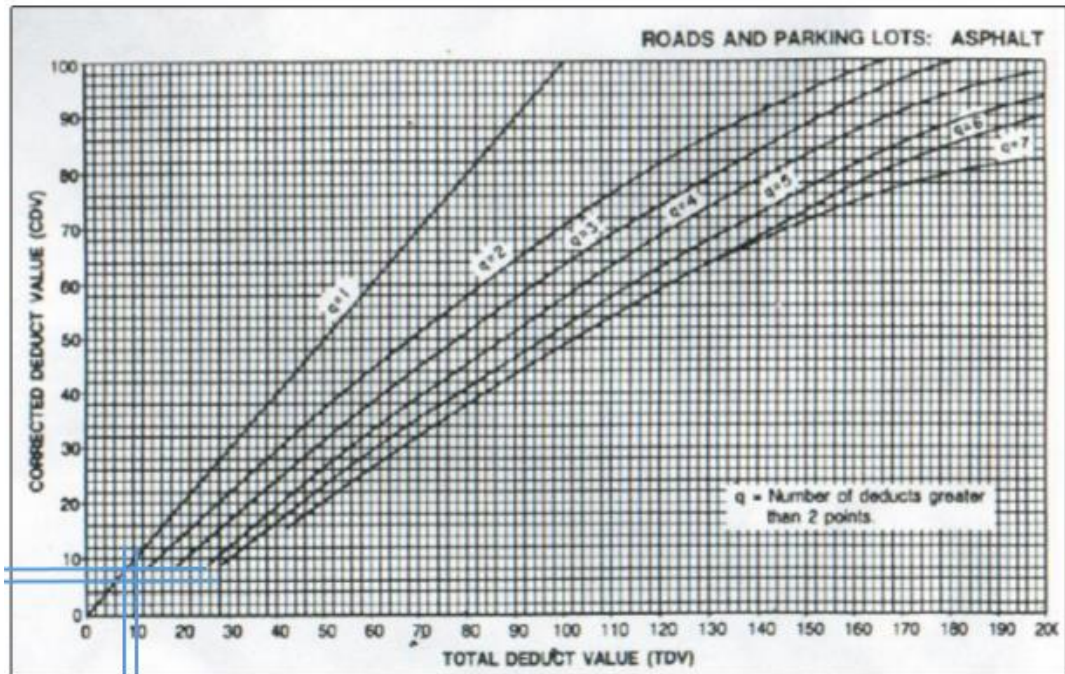


Figura 10. Curvas para el cálculo del valor deducido corregido (CDV)

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

En este caso los 2 valores máximos corregidos (CDV), tienen el valor de 6 y 8. Entonces se escoge el valor máximo deducido para el cálculo del PCI, el CDV es 8.

➤ **Cálculo del PCI de la muestra**

Finalmente, para calcular el PCI se resta de 100 el máximo CDV (8).

$$PCI = 100 - CDV_{\text{máx}}$$

$$PCI = 100 - 8$$

$$PCI = 92$$

Según el rango de clasificación del PCI, es MUY BUENO.

NOTA: Se realiza el mismo proceso para el cálculo del PCI en todas las unidades de muestreo. (Anexo C).

3.1.6.1 Resumen del PCI de la vía en estudio

Tabla 15. Valores PCI de la vía Ambato - Píllaro

N° de muestra	Abscisa inicial	Abscisa final	Área de tramo (m ²)	PCI por Unidad	Calificación de la vía
1	0+000	0+030	300	80.00	Muy bueno
2	0+180	0+210	300	85.00	Excelente
3	0+360	0+390	300	92.00	Excelente
4	0+540	0+570	300	39.00	Pobre
5	0+720	0+750	300	76.00	Muy bueno
6	0+900	0+930	300	95.00	Excelente
7	1+080	1+110	300	94.00	Excelente
8	1+260	1+290	300	78.00	Muy bueno
9	1+440	1+470	276	33.00	Pobre
10	1+620	1+650	276	63.00	Bueno
11	1+800	1+830	195	70.00	Muy bueno
12	1+980	2+010	195	88.00	Excelente
13	2+160	2+190	195	90.00	Excelente
14	2+340	2+370	195	75.00	Muy bueno
15	2+520	2+550	195	65.00	Bueno
			PROMEDIO SECCIÓN	74.87	Muy bueno

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

La vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culpachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro tiene un PCI promedio de 74,87 el cual clasifica a la vía como Muy Buena.

3.1.6.2 Resumen de la evaluación superficial de la vía (PCI)

En la Tabla 23 y Figura 11 se interpreta la cantidad y porcentaje de acuerdo con el tipo de falla y nivel de severidad presentes en la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culpachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, luego de la evaluación superficial por el método de PCI.

Tabla 16. Porcentaje de afectación de acuerdo con el tipo de falla

Tipo de falla	Unidades	Nivel de severidad			Total área afectada	% de acuerdo a la severidad de la falla			% de acuerdo a la falla
		L	M	H		L	M	H	
1. Piel de cocodrilo	m ²	21.15	129.5		150.65	4.64	28.42	0.00	33.06
7. Grieta de borde	m	14.40			14.40	3.16	0.00	0.00	3.16
8. Grieta de reflexión de junta	m	1.10			1.10	0.24	0.00	0.00	0.24
10. Grietas longitudinales y transversales	m	145.95	99.90		245.85	32.03	21.92	0.00	53.95
11. Parche	m ²	30.13	12.59		42.72	6.61	2.76	0.00	9.37
13. Hueco	U	1.00			1.00	0.22	0.00	0.00	0.22

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

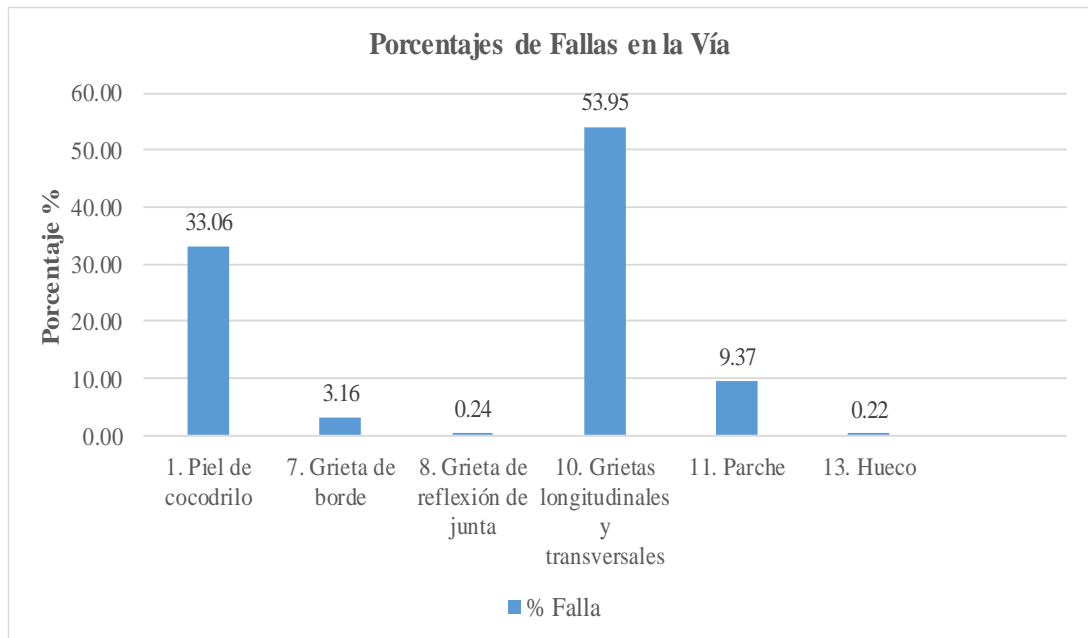


Figura 6. Tipos de falla presentes en la vía

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

En la vía Ambato - Píllaro en el tramo especificado, existen 6 tipos de fallas, siendo la de Grietas longitudinales y transversales, con un 53,95% de ocurrencia; en su mayoría de severidad baja.

3.1.7 Medición de deflexiones del pavimento por medio de la Viga

Benkelman

En la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, se midieron las deflexiones cada 200 m, alternando el carril derecho e izquierdo y en cada estación se realizaron lecturas en el dial a 0,25 - 0,50 - 1,00 - 5,00 y 8,00 metros con respecto al lugar de aplicación.

OJO: Debido a la dificultad, sinuosidad, peligrosidad y demás motivos que están a la vista de la vía en el tramo de la quebrada denominada La Joaquina, no se pudo aplicar el ensayo de la viga Benkelman en el tramo mencionado. Por lo que se procedió a aplicar el ensayo donde fue posible y hubo las garantías de seguridad del caso, es decir desde donde termina la quebrada justo antes de la entrada a Penileo hasta el redondel de ingreso a Píllaro precisamente donde termina nuestro tramo en estudio de este trabajo investigativo.

Tabla 17. Deflexiones en campo de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	Lectura del deflectómetro en campo ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	0+000	0.00	12.00	15.00	18.00	20.00	20.00	27.00	7.50
2	0+200	0.00	14.00	17.00	21.00	24.00	24.00	27.00	7.50
3	2+400	0.00	8.00	17.00	24.00	27.00	27.00	28.00	7.50
4	2+600	0.00	6.00	15.00	20.00	26.00	26.00	29.70	7.50
5	2+800	0.00	13.00	17.00	21.00	27.00	27.00	28.00	7.00
6	3+000	0.00	6.00	13.00	15.00	25.00	25.00	27.00	6.50
7	3+200	0.00	9.00	15.00	18.00	24.00	24.00	26.00	6.50
8	3+400	0.00	8.00	13.00	24.00	28.00	28.00	26.50	7.00
9	3+600	0.00	7.00	14.00	22.00	26.00	26.00	27.00	6.00
10	3+800	0.00	12.00	20.00	23.00	28.00	28.00	26.00	7.50

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.7.1 Cálculo de deflexiones

Registradas las deflexiones en la vía, se aplica correcciones debido a las características de la viga según la relación de brazos, por efecto de la temperatura y por estacionalidad.

Cálculo de corrección por relación de brazos (1:2)

$$D = RB * (Df - Do)$$

Donde:

D: deflexiones a 0 - 0,25 - 0,50 - 1 - 5 y 8 metros

Df: deflexión final a una distancia de 8 m

Do: deflexión inicial en cada punto marcado.

RB: relación de brazos de la viga Benkelman 1:2 (2) [21]

$$D = 2 * (20 - 0)$$

$$D = 40 \times 10^{-2} \text{mm}$$

Se realizó el mismo procedimiento para el cálculo de la deflexión corregida en D25 - D50 - D100 - D500 y D800.

En la siguiente tabla se indica las deflexiones corregidas con la relación de brazos de la viga Benkelman:

Tabla 18. Deflexiones corregidas por la relación de brazos

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas ($\times 10^{-2}$ mm)						Temperatura (°C)	Espesor (cm)
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	0+000	40.00	16.00	10.00	4.00	0.00	0.00	27.00	7.50
2	0+200	48.00	20.00	14.00	6.00	0.00	0.00	27.00	7.50
3	2+400	54.00	38.00	20.00	6.00	0.00	0.00	28.00	7.50
4	2+600	52.00	40.00	22.00	12.00	0.00	0.00	29.70	7.50
5	2+800	54.00	28.00	20.00	12.00	0.00	0.00	28.00	7.00
6	3+000	50.00	38.00	24.00	20.00	0.00	0.00	27.00	6.50
7	3+200	48.00	30.00	18.00	12.00	0.00	0.00	26.00	6.50
8	3+400	56.00	40.00	30.00	8.00	0.00	0.00	26.50	7.00
9	3+600	52.00	38.00	24.00	8.00	0.00	0.00	27.00	6.00
10	3+800	56.00	32.00	16.00	10.00	0.00	0.00	26.00	7.50

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Corrección por efecto de la temperatura

En pavimentos flexibles con espesor mayor a 5 cm, sus deflexiones se ven afectadas por la temperatura, ya que se produce un incremento cuando esta sube, por lo que es necesario corregir las deflexiones registradas en campo, determinando los valores de las deflexiones a una temperatura estándar de 20 °C, con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{Dt}{K * (T - 20^{\circ}\text{C}) * e + 1}$$

Donde:

$D_{20^{\circ}\text{C}}$: deflexión corregida para la temperatura estándar de 20°C

Dt: Deflexión recuperable

e: espesor de la carpeta asfáltica (cm)

T: temperatura del pavimento (°C)

K: constante para capas granulares; igual a 1×10^{-3} (1/cm x °C)

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{40}{1 \times 10^{-3} * (27 - 20^{\circ}\text{C}) * 7 + 1}$$

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = 38,00 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Se realizó el mismo procedimiento para las demás deflexiones en D25 - D50 - D100 - D500 y D800.

Tabla 19. Deflexiones corregidas por el efecto de la temperatura

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas por efecto de la temperatura ($\times 10^{-2}$ mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	0+000	38.00	15.20	9.50	3.80	0.00	0.00
2	0+200	45.61	19.00	13.30	5.70	0.00	0.00
3	2+400	50.94	35.85	18.87	5.66	0.00	0.00
4	2+600	48.47	37.29	20.51	11.19	0.00	0.00
5	2+800	51.14	26.52	18.94	11.36	0.00	0.00
6	3+000	47.82	36.35	22.96	19.13	0.00	0.00
7	3+200	46.20	28.87	17.32	11.55	0.00	0.00
8	3+400	53.56	38.26	28.69	7.65	0.00	0.00
9	3+600	49.90	36.47	23.03	7.68	0.00	0.00
10	3+800	53.59	30.62	15.31	9.57	0.00	0.00

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Corrección por efecto estacional

Para el correcto análisis se debe evaluar las deflexiones en la época más desfavorable del año, debido a que el clima juega un papel importante en la carpeta asfáltica.

En el cálculo de corrección por estacionalidad se tomó en cuenta factores de corrección, que consideran el tipo de subrasante: [22]

Tabla 20. Factores de corrección por efecto estacional

TIPO DE SUELO DE LA SUBRASANTE	ESTACIÓN	
	LLUVIOSA	SECA
Arenosa – Permeable	1.0	1.1 – 1.3
Arcillosa – Sensible al agua	1.0	1.2 – 1.4

Fuente: Consorcio de Rehabilitación Vial de Perú

El ensayo de campo se realizó en estación seca, en un tipo de suelo arenoso - permeable, escogiendo un factor de corrección de 1,2 que es el valor promedio.

$$D_e = f * D_{20}$$

Donde:

D_e: corrección por estacionalidad

f: factor de corrección estacional

D₂₀: deflexión corregida por temperatura [23]

$$D_e = 1,2 * 38,13$$

$$D_e = 45,61 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 21. Deflexiones corregidas por el efecto estacional

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas por estacionalidad ($\times 10^{-2}$ mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	0+000	45.61	18.24	11.40	4.56	0.00	0.00
2	0+200	54.73	22.80	15.96	6.84	0.00	0.00
3	2+400	61.13	43.02	22.64	6.79	0.00	0.00
4	2+600	58.17	44.74	24.61	13.42	0.00	0.00
5	2+800	61.36	31.82	22.73	13.64	0.00	0.00
6	3+000	57.39	43.62	27.55	22.96	0.00	0.00
7	3+200	55.44	34.65	20.79	13.86	0.00	0.00
8	3+400	64.28	45.91	34.43	9.18	0.00	0.00
9	3+600	59.88	43.76	27.64	9.21	0.00	0.00
10	3+800	64.31	36.75	18.37	11.48	0.00	0.00

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.7.2 Cálculo de radio de curvatura

El radio de curvatura de la línea elástica de deflexión es de mucha importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas, seguido del desarrollo del fisuramiento en la capa de rodadura. [10]

El radio de curvatura se calcula mediante la ecuación:

$$R_c = \frac{10 * (25)^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

Donde:

Rc: radio de curvatura.

D₀: deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en el punto 0,00 m

D₂₅: deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en el punto 0,25 m [10]

$$R_c = \frac{10 * (25)^2}{2 * (45,61 - 18,24)}$$

$$R_c = 114,20 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento en las demás estaciones:

Tabla 22. Radios de curvatura

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones corregidas (x 10 ⁻² mm)		Radio de curvatura (m)
		D0	D25	
1	0+000	45.61	18.24	114.20
2	0+200	54.73	22.80	97.89
3	2+400	61.13	43.02	172.53
4	2+600	58.17	44.74	232.80
5	2+800	61.36	31.82	105.77
6	3+000	57.39	43.62	226.89
7	3+200	55.44	34.65	150.32
8	3+400	64.28	45.91	170.17
9	3+600	59.88	43.76	193.82
10	3+800	64.31	36.75	113.39
PROMEDIO				157.78

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

3.1.7.3 Deflexión característica

Es un valor que representa mejor a una determinada sección, siguiendo el criterio adoptado normalmente en análisis estadísticos, se establece como deflexión característica mediante la expresión: [5]

$$D_c = \bar{D} + t * \delta$$

Donde:

D_c: deflexión característica

\bar{D} : deflexión promedio D₀ corregidos por efecto de la temperatura y estacionalidad

δ : desviación estándar

t: probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica

En la siguiente tabla se detalla el valor de “t” que corresponde al porcentaje de la superficie en su totalidad con la posibilidad de obtener deflexiones superiores a la deflexión característica.

Tabla 23. Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$

Valor de diseño	D_c	Área $D > D_c$ %
50	D	50
75	$D + 0,674\delta$	25
85	$D + \delta$	15
90	$D + 1,3\delta$	10
95	$D + 1,645\delta$	5
98	$D + 2\delta$	2
99	$D + 2,33\delta$	1

Fuente: Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú, 2007

Según el método CONREVIAl adopta un valor D_c igual a $(D + 1,645 * \delta)$ que corresponde al 95% de probabilidad de diseño, superada sólo por el 5% de las determinaciones efectuadas. [5]

$$D_c = 58,23 \times 10^{-2} + 1,645 * 5$$

$$D_c = 66,45 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.7.4 Deflexión admisible

La deflexión admisible se evalúa en función del tráfico de diseño, establece un límite para la deflexión característica, por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el periodo considerado. La expresión analítica que define este parámetro es: [10]

$$D_{adm} = \left(\frac{1,15}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

Donde:

D_{adm} : deflexión admisible

W_{18} : número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, acumulados en millones

W18=80099 (dato del estudio de tráfico)

$$D_{adm} = \left(\frac{1,15}{0,080099} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{adm} = 194,66 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.7.5 Deflexión crítica

La deflexión crítica es un parámetro que logra el pavimento cuando ha finalizado su periodo de servicio, luego de resistir el tránsito futuro, se calcula mediante la siguiente expresión: [10]

$$D_{cr} = \left(\frac{1,90}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5,3}} * 100$$

Donde:

D_{cr}: deflexión crítica

W₁₈: número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, acumulados en millones

W18=20889 (Tabla 18)

$$D_{cr} = \left(\frac{1,90}{0,08099} \right)^{\frac{1}{5,3}} * 100$$

$$D_{cr} = 181,74 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.7.6 Resultados del ensayo Viga Benkelman en la vía en estudio.

A continuación, se detalla las distintas deflexiones obtenidas en la vía Ambato – Píllaro en el tramo especificado mediante la metodología Viga Benkelman.

Tabla 24. Cálculo de deflexiones de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	D ₀ (x 10 ⁻² mm)	Deflexión característica (x 10 ⁻² mm)	Deflexión crítica (x 10 ⁻² mm)	Deflexión admisible (x 10 ⁻² mm)
1	0+000	45.61	66.45	181.74	194.66
2	0+200	54.73	66.45	181.74	194.66
3	2+400	61.13	66.45	181.74	194.66
4	2+600	58.17	66.45	181.74	194.66
5	2+800	61.36	66.45	181.74	194.66
6	3+000	57.39	66.45	181.74	194.66
7	3+200	55.44	66.45	181.74	194.66
8	3+400	64.28	66.45	181.74	194.66
9	3+600	59.88	66.45	181.74	194.66
10	3+800	64.31	66.45	181.74	194.66
Deflexión promedio		58.23			

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Criterios para analizar la calidad estructural del pavimento

Tabla 25. Tipos de deflexiones

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
Tipo I	Bueno D < Da	Bueno Ro > 100
Tipo II	Malo D > Da	Bueno Ro > 100
Tipo III	Bueno D < Da	Malo Ro < 100
Tipo IV	Malo D > Da	Malo Ro < 100

Fuente: Estudio CORNEVIAL

De acuerdo a los criterios de la Tabla 32, que se basa en las deflexiones y radio de curvatura; se muestran los resultados del ensayo viga Benkelman y se determina el tipo de deflexión en base a las características del pavimento, de la vía Ambato – Píllaro en el tramo especificado (Tabla 33).

Tabla 26. Resultados deflectométricos de la vía en estudio

Resultados	
Deflexión promedio	$58,23 \times 10^{-2}$ mm
Desviación estándar	5
Deflexión característica	$66,45 \times 10^{-2}$ mm
Deflexión admisible	$194,66 \times 10^{-2}$ mm
Deflexión crítica	$181,74 \times 10^{-2}$ mm
Evaluación estructural	
Comportamiento subrasante	Tipo de deflexión
$D < D_{adm}$ $58,23 \times 10^{-2}$ mm < $194,66 \times 10^{-2}$ mm	Tipo I $D_p \leq D_{adm}$ $R_c \geq 100$
Comportamiento de la estructura del pavimento	
$R_c > 100$ $157,78$ m > 100	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

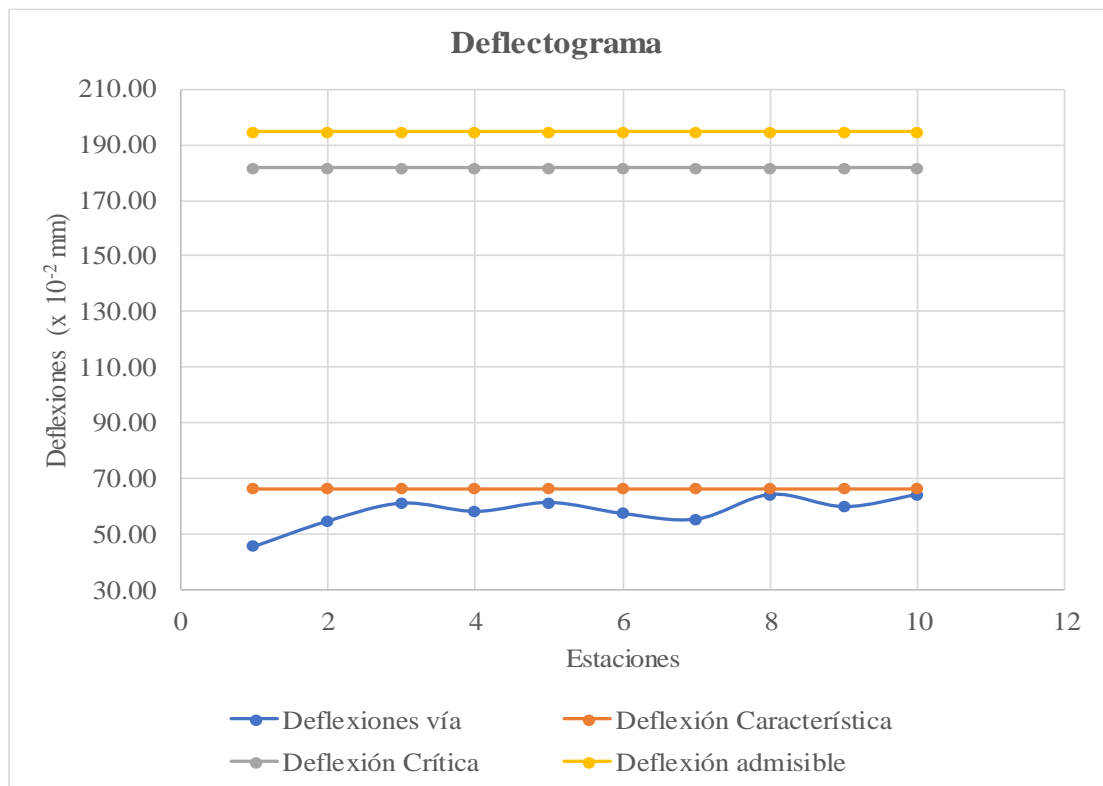


Figura 7. Análisis deflectométrico de la vía

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

En la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro; el tipo de deflexión es Tipo I, la cual indica un buen comportamiento de la subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento. En el plan de mantenimiento vial, se explica detalladamente por secciones evaluadas en la vía, la capacidad estructural y su comportamiento.

3.1.8 Plan de Mantenimiento Vial

La vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro; su plan de mantenimiento vial se basará principalmente en dos análisis realizados, el método del PCI y el ensayo de la viga Benkelman, complementado con los estudios de suelos.

3.1.8.1 Plan de mantenimiento vial en función al valor del PCI

El valor del PCI es un indicador numérico que proporciona una clasificación de las condiciones superficiales del pavimento actuales, basadas en las fallas existentes. Se obtuvo un valor promedio de 74,87 a lo largo de todo el tramo vial especificado, siendo un valor clasificado como “Muy bueno”.

A lo largo del tramo especificado de la vía, se encontraron 6 fallas, las mismas que se indican a continuación con su respectiva cantidad y nivel de severidad:

Tabla 27. Tipos de falla presentes en la vía

Tipo de falla	Unidades	Nivel de severidad			Total área afectada
		L	M	H	
1. Piel de cocodrilo	m2	21.15	129.50		150.65
7. Grieta de borde	m	14.40			14.4
8. Grieta de reflexión de junta	m	1.10			1.10
10. Grietas longitudinales y transversales	m	145.95	99.90		245.85
11. Parche	m2	30.13	12.59		42.72
13. Hueco	U	1.00			1.00

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

De acuerdo con el tipo de fallas encontradas:

- Sellado de grietas
- Parcheo superficial o parcial
- Fresado sobre carpeta [17]

Tipos de Intervención de acuerdo con el rango del PCI:

Tabla 28. Indicadores de mantenimiento según el rango del PCI

Rango de PCI	Solución	Indicadores de Intervención
100 a 81	1	Mantenimiento de rutina
80 a 61	2	Intervenciones más superficiales
60 a 41	3	Carpeta asfáltica funcional < 5 cm
40 a 21	4	Carpeta asfáltica estructural > 5 cm
20 a 0	5	Reconstrucción

Fuente: R, Vásquez, manual PCI para pavimentos flexibles, 2002

De acuerdo con la Tabla 35, el tipo de intervención en la vía Ambato - Píllaro de manera general será un **MANTENIMIENTO RUTINARIO**, que se detallará más adelante y sus respectivas actividades.

3.1.8.2 Plan de mantenimiento vial en función de la deflectometría de la vía, mediante el ensayo de Viga Benkelman.

En el siguiente análisis por secciones evaluadas y en base a los criterios analizados; indica que la vía Ambato - Píllaro en el tramo especificado, mantiene un buen comportamiento de la subrasante en todas las secciones evaluadas y casi en su totalidad un buen comportamiento estructural del pavimento a excepción de la estación 2, donde presenta un mal comportamiento.

El tipo de deflexión que predomina es el Tipo I, en general el comportamiento de la estructura del pavimento es aceptable a pesar del gran volumen de tráfico que circula por la misma.

Tabla 29. Evaluación estructural del pavimento de la vía en estudio

Estación	Abscisa (km)	Deflexiones ($\times 10^{-2}$ mm)	Radio de curvatura (m)	Deflexión admisible ($\times 10^{-2}$ mm)	Radio mínimo (m)	Tipo de deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	0+000	45.61	114.20	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
2	0+200	54.73	97.89	194.66	100.00	Tipo III	Bueno	Malo
3	2+400	61.13	172.53	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
4	2+600	58.17	232.80	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
5	2+800	61.36	105.77	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
6	3+000	57.39	226.89	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
7	3+200	55.44	150.32	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
8	3+400	64.28	170.17	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
9	3+600	59.88	193.82	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno
10	3+800	64.31	113.39	194.66	100.00	Tipo I	Bueno	Bueno

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

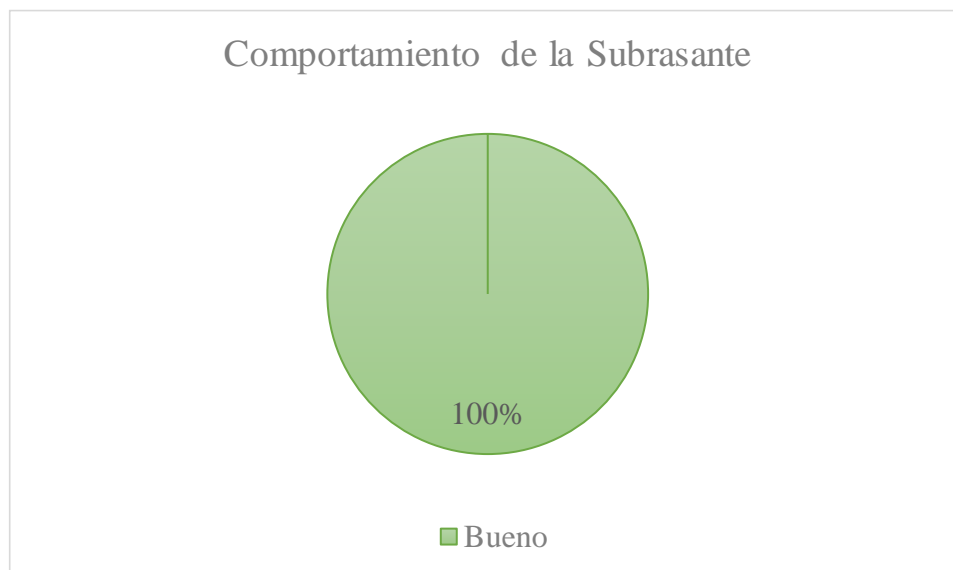


Figura 8. Representación del comportamiento de la subrasante

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

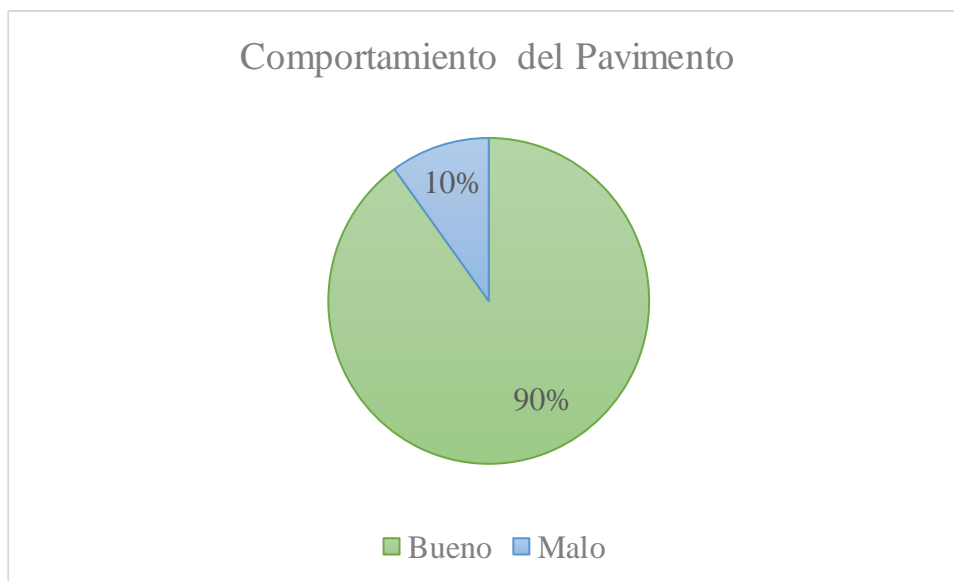


Figura 9. Representación del comportamiento de la estructura del pavimento

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Se determinó que el comportamiento estructural del pavimento en la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, es bueno en un 90% de las secciones evaluadas. Por su parte, el comportamiento de la subrasante es bueno en su totalidad.

Tabla 30. Intervención en función de la viga Benkelman

Vía	Comportamiento de la Subrasante	Comportamiento del Pavimento	Intervención
Vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro	Bueno 100% Malo 0%	Bueno 90% Malo 10%	Mantenimiento Rutinario

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

En base a los criterios mencionados en el ensayo con la Viga Benkelman, se plantea dar un **Mantenimiento Rutinario** en la vía debido a que se debe tomar medidas correctivas en la superficie del pavimento es decir los defectos no son graves y no afectan en la estructura del pavimento.

De acuerdo con los resultados obtenidos tanto con el método PCI y mediante el uso de la Viga Benkelman; se determinó que la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, se debe dar un **MANTENIMIENTO RUTINARIO** que garantice la vida útil de la vía, ya que los daños son a nivel superficial. Esta vía al ser una arteria intercantonal que conecta a Ambato y Píllaro debe estar en buenas condiciones de serviciabilidad. Actualmente si se le ha dado el mantenimiento respectivo en conjunto el Gobierno Provincial de Tungurahua con el GAD de Píllaro, razón por la cual la vía se encuentra en buen estado.

Como se mencionó anteriormente las fallas existentes son a nivel superficial lo cual no afecta a la circulación en la misma, por otro lado cabe recalcar que, ya sea de forma directa o indirecta algunas de las fallas en la capa de rodadura o problemas que se presentan, están relacionados por la ubicación de la misma en medio de taludes con grandes pendientes, los cuales al no estar estabilizados producen derrumbes y caída de escombros además de constantes movimientos internos de la tierra alrededor de la vía que resulta un peligro latente y a veces afecta a la libre circulación en la misma y pueden influir en las fallas en la capa de rodadura, y no necesariamente por estar relacionado con la estructura del pavimento que como ya se vio responde bien y es nuestro motivo principal de estudio en este trabajo técnico.

Se recomienda un repapeo de la vía cada cierto tiempo debido a las grandes cargas de tránsito a la cual está sometida y desgasta la capa de rodadura. Mantenimiento que si se lo ha realizado en estos años.

3.1.8.3 Mantenimiento rutinario

Es el conjunto actividades o de medidas correctivas en la superficie del pavimento que permiten la reparación de pequeños defectos localizados. Y es de carácter preventivo.

A continuación, en la tabla se detalla las actividades a realizar en el mantenimiento rutinario.

Tabla 31. Mantenimiento Rutinario de Carreteras

Actividades	Criterio para la aplicación
Bacheo asfáltico menor	Baches que representan peligro para el tráfico, urgente reparación
Sellado de fisuras superficiales	Cuando se presenten grietas en pequeñas áreas aisladas
Bacheo asfáltico mayor	Cuando se presenta deterioro mayor en la superficie o inestabilidad de la base y cuando el clima es favorable
Bacheo de lastre con máquina	Cuando se presenten baches depresiones, u otros sitios donde se empoza el agua
Mantenimiento de espaldones	Se realiza esta actividad cuando el desnivel entre el pavimento y el espaldón llegue a 1 1/2"
Limpieza cunetas con motoniveladora	Se ejecutará donde la sección permita el uso de la motoniveladora. Asegurar que el agua fluya libremente
Limpieza de cunetas a mano	Se ejecutará donde la sección no permita el uso de la motoniveladora
Limpieza de alcantarillas	Con anticipación a la época de lluvia
Roza a mano	En las zonas laterales donde no se puede trabajar con máquina
Roza a máquina	Control de vegetación en las zonas laterales de la carretera mediante la roza a máquina, para mejorar la visibilidad y eliminar la maleza
Mantenimiento de señalización vertical	La reparación, reemplazo o reinstalación de señales verticales de tránsito para mejorar su condición legible y ayudar a los usuarios de
Otras actividades rutinarias	Otras actividades misceláneas de naturaleza rutinaria que no estén específicamente detalladas

Fuente: Manual de Mantenimiento de Carreteras, Colombia, 2016

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó el levantamiento topográfico con dron de la vía Ambato – Píllaro Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, cada 20 metros a lo largo del tramo en estudio, lo cual permitió identificar las condiciones actuales de la vía.
- Se determinó en función del TPDA, que la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro se clasifica como un corredor arterial I según la clasificación del MTOP. Una vía de mucho tráfico vehicular al ser intercantonal.
- Se calculó el número de ejes equivalentes W_{18} actual y proyectado para un periodo de 20 años, teniendo como resultados: $W_{18\text{acumulado}} = 160199$ – $W_{18\text{carril-diseño}} = 80099$ y $W_{18\text{acumulado}} = 3958333$ – $W_{18\text{carril-diseño}} = 1979167$ respectivamente.
- Se clasificó el tipo de suelo de las muestras obtenidas en la vía Ambato – Píllaro como arenas mal graduadas (SP) según la clasificación SUCS y de acuerdo a la AASHTO se clasifican como suelos cuyo material es una mezcla de grava y arena (A-1-b), en base a los resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg. Todas las muestras analizadas son suelos de baja plasticidad.
- Los valores obtenidos por el ensayo CBR para las 3 muestras de suelo son: 31.54% - 35.56% y 31.21% de clasificación buena en base a la tabla de valores CBR y se deduce que el suelo obtenido es de la capa sub – base, y la capacidad de soporte del suelo son adecuadas para resistir las cargas de tráfico.
- En función de la metodología de evaluación superficial del pavimento PCI, se detectó 6 fallas existentes en el tramo vial de estudio, siendo la de más ocurrencia las grietas longitudinales y transversales pero de severidad baja que no afecta a la circulación vehicular y se pueden realizar correcciones superficiales. Y se determinó en la vía un valor promedio de PCI igual a 74.87; siendo este clasificado como muy bueno.

- Se evaluó la capacidad estructural de la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, mediante el ensayo de la viga Benkelman y se determinó que el tipo de deflexión es de TIPO I, lo que significa que el comportamiento estructural del pavimento es bueno.
- En función del análisis y resultado estudios de suelos, método PCI, ensayo de la viga Benkelman; se propone realizar un mantenimiento rutinario a la vía Ambato – Píllaro en el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro, debido a que el comportamiento estructural del pavimento no presenta problemas y las fallas existentes son a nivel superficial.

4.2 Recomendaciones

- Realizar un recorrido previo a toda la vía, con el objetivo de recolectar información valiosa al momento de tomar decisiones, así como de optimizar tiempos y recursos en la realización de este trabajo técnico.
- Tomar las debidas precauciones y medidas de seguridad necesarias, especialmente en el momento de realizar las actividades en la vía, debido a la peligrosidad de la ubicación y las condiciones de esta para evitar accidentes.
- Se recomienda tomar las muestras de suelo lo más cerca posible a la vía, para poder identificar de mejor manera las capas que conforman la estructura del pavimento.
- Importante tener en cuenta que al momento de elaborar o proponer un plan mantenimiento vial, no basarse únicamente en criterios de evaluaciones superficiales, porque la mayoría de los casos estos deterioros no se deben a efectos superficiales, sino a un decremento de la capacidad estructural del pavimento por lo que hay que realizar estudios complementarios, como se propone aquí: el ensayo con la viga Benkelman.
- Adicionalmente sin ser tema de este trabajo técnico, pero al estar relacionado de manera directa por la ubicación de la vía en esta zona, se debería realizar estudios de estabilización de taludes que representa un peligro latente para todos los usuarios de la misma. Tema que ya sería para otro tema de titulación.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] F. P. Carpio Carrera, «Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2017.
- [2] A. Bull, «Recursos naturales e infraestructura, Mejoramiento de la gestión vial,» 2018.
- [3] W. P. Navarro Batallas, «Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Santo Domingo,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2016.
- [4] P. J. Ayala Chassi, «Evaluación no destructiva de pavimentos mediante el georadar (espesores de estructura) con aplicación en las vías urbanas de Quito.,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013.
- [5] J. Paredes Toinga, «IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA CEVALLOS-QUERO EN EL TRAMO KM 5+800 AL KM 9+100 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [6] J. E. Alvarado Ortiz, «PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA VÍA IZAMBA-PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2015.
- [7] Asociación Mundial de la Carretera, «Importancia de la conservación de carreteras,» SETRA, Buenos Aires, 2014.
- [8] J. C. Tomalá Magallanes y J. E. Laica Pino, Artists, *Mantenimiento de la capa de rodadura de concreto asfáltico en un pavimento flexible*. [Art]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2011.
- [9] R. Alonso, «La ingeniería de suelos en las vías terrestres,» 2014. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Pavimento_flexible.

- [10] Z. J. Balarezo, «EVALUACIÓN ESTRUCTURAL USANDO VIGA BENKELMAN APLICADA A UN PAVIMENTO,» Universidad de Piura, Piura, 2017.
- [11] F. Moreira, Artist, *Apuntes de Pavimentos*. [Art]. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [12] J. Cárdenas Grisales, «Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones,» *Alfaomega*, 23-25 Julio 2018.
- [13] E. Juarez Badillo y A. Rico Rodríguez, *Mecánica De Suelos*, Tercera ed., México: LIMUSA S.A., 2005.
- [14] D. Braja M., *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, México: CENGAGE Learning, 2015.
- [15] J. Amaya Arcos, «CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS IZAMBA Y PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [16] D. X. Villalva León, «Propuesta de ampliación y análisis de la estabilidad de la vía Ambato-Píllaro,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2015.
- [17] T. H. E. BETSABE, «Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado,» UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS , Lima, 2018.
- [18] «Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castillo,» Universidad de Piura, Piura, 2009.
- [19] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes Lizcano, *Pavimentos. Materiales, construcción y diseño.*, Bogotá: ECOE Ediciones, 2015.
- [20] J. Jiménez Salas , «Geotecnia y Cimientos III. Segunda Parte,» Rueda, Madrid, 2012.
- [21] R. Rebolledo, «Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos,» Universidad Austral, Santiago de Chile, 2010.

[22] Nevi-12, «Ministerio De Transporte Y Obras Conservacion Vial,» vol. 2, p. 508, 2013.

[23] MTOP, *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES*, Quito: MTOP, 2003.

Anexos

ANEXO A
CONTEO
VEHICULAR

Anexo A-1. Conteo vehicular del lunes 19 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		79	4	5	2	0	90	
07:00 - 08:00		84	5	7	1	0	97	
07:00 - 08:00		81	6	4	1	0	92	
07:00 - 08:00		91	4	3	3	0	101	380
08:00 - 09:00		80	6	2	2	0	90	380
08:00 - 09:00		92	3	7	4	0	106	389
08:00 - 09:00		90	6	6	1	0	103	400
08:00 - 09:00		85	5	3	1	0	94	393
09:00 - 10:00		91	4	4	3	0	102	405
09:00 - 10:00		82	6	4	2	0	94	393
09:00 - 10:00		86	3	5	1	0	95	385
09:00 - 10:00		90	5	4	1	0	100	391
10:00 - 11:00		82	4	3	1	0	90	379
10:00 - 11:00		86	4	3	2	0	95	380
10:00 - 11:00		78	6	4	1	0	89	374
10:00 - 11:00		88	4	3	3	0	98	372
11:00 - 12:00		82	2	6	1	0	91	373
11:00 - 12:00		96	5	5	1	0	107	385
11:00 - 12:00		85	5	6	2	0	98	394
11:00 - 12:00		88	7	3	1	0	99	395
12:00 - 13:00		81	3	2	1	0	87	391
12:00 - 13:00		85	5	4	3	0	97	381
12:00 - 13:00		81	3	2	1	0	87	370
12:00 - 13:00		86	4	7	2	0	99	370
13:00 - 14:00		89	4	2	3	0	98	381
13:00 - 14:00		83	5	5	5	0	98	382
13:00 - 14:00		81	6	3	2	0	92	387
13:00 - 14:00		82	3	7	1	0	93	381
14:00 - 15:00		89	4	3	1	0	97	380
14:00 - 15:00		84	4	6	5	0	99	381
14:00 - 15:00		91	3	1	2	0	97	386
14:00 - 15:00		86	6	2	0	0	94	387
15:00 - 16:00		89	5	3	3	0	100	390
15:00 - 16:00		76	3	4	1	0	84	375
15:00 - 16:00		82	4	3	1	0	90	368
15:00 - 16:00		83	2	4	2	0	91	365
16:00 - 17:00		77	6	4	4	0	91	356
16:00 - 17:00		79	5	3	0	0	87	359
16:00 - 17:00		81	6	5	2	0	94	363
16:00 - 17:00		82	6	3	1	0	92	364
17:00 - 18:00		87	3	2	11	0	103	376
17:00 - 18:00		88	5	4	1	0	98	387
17:00 - 18:00		85	3	7	1	0	96	389
17:00 - 18:00		81	4	6	3	0	94	391
18:00 - 19:00		83	5	3	1	0	92	380
18:00 - 19:00		81	4	6	3	0	94	376
18:00 - 19:00		74	4	2	2	0	82	362
18:00 - 19:00		76	6	6	2	0	90	358
TOTAL		4038	215	196	98		4547	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-2. Conteo vehicular del martes 20 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		70	4	5	2	0	81	
07:00 - 08:00		76	5	6	1	0	88	
07:00 - 08:00		74	6	4	1	0	85	
07:00 - 08:00		80	4	3	1	0	88	342
08:00 - 09:00		84	5	4	0	0	93	354
08:00 - 09:00		86	3	5	3	0	97	363
08:00 - 09:00		75	4	7	1	0	87	365
08:00 - 09:00		71	5	3	2	0	81	358
09:00 - 10:00		78	3	4	3	0	88	353
09:00 - 10:00		81	6	4	2	0	93	349
09:00 - 10:00		83	5	3	1	0	92	354
09:00 - 10:00		79	5	4	2	0	90	363
10:00 - 11:00		76	4	4	1	0	85	360
10:00 - 11:00		86	6	3	2	0	97	364
10:00 - 11:00		78	5	5	1	0	89	361
10:00 - 11:00		81	4	3	0	0	88	359
11:00 - 12:00		74	2	6	1	0	83	357
11:00 - 12:00		83	5	3	1	0	92	352
11:00 - 12:00		69	4	6	3	0	82	345
11:00 - 12:00		88	6	4	0	0	98	355
12:00 - 13:00		72	2	5	1	0	80	352
12:00 - 13:00		81	5	4	2	0	92	352
12:00 - 13:00		79	3	4	1	0	87	357
12:00 - 13:00		83	4	7	2	0	96	355
13:00 - 14:00		82	6	3	0	0	91	366
13:00 - 14:00		83	5	5	5	0	98	372
13:00 - 14:00		71	3	2	2	0	78	363
13:00 - 14:00		82	3	3	1	0	89	356
14:00 - 15:00		77	4	7	0	0	88	353
14:00 - 15:00		84	4	3	1	0	92	347
14:00 - 15:00		84	2	3	2	0	91	360
14:00 - 15:00		81	4	1	1	0	87	358
15:00 - 16:00		83	5	3	3	0	94	364
15:00 - 16:00		83	5	4	2	0	94	366
15:00 - 16:00		75	3	2	0	0	80	355
15:00 - 16:00		74	2	4	1	0	81	349
16:00 - 17:00		71	6	4	1	0	82	337
16:00 - 17:00		77	5	3	1	0	86	329
16:00 - 17:00		75	3	2	1	0	81	330
16:00 - 17:00		82	2	3	0	0	87	336
17:00 - 18:00		75	4	5	2	0	86	340
17:00 - 18:00		86	5	7	1	0	99	353
17:00 - 18:00		79	3	2	1	0	85	357
17:00 - 18:00		81	4	6	1	0	92	362
18:00 - 19:00		71	2	3	1	0	77	353
18:00 - 19:00		78	4	4	2	0	88	342
18:00 - 19:00		65	4	2	1	0	72	329
18:00 - 19:00		70	3	4	1	0	78	315
TOTAL		3756	196	191	65		4208	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-3. Conteo vehicular del miércoles 21 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		74	4	5	2	0	85	
07:15 - 07:30		79	4	6	2	0	91	
07:30 - 07:45		77	6	4	1	0	88	
07:45 - 08:00		84	4	3	1	0	92	356
08:00 - 09:00		80	5	2	2	0	89	360
08:15 - 08:30		82	3	5	3	0	93	362
08:30 - 08:45		73	6	7	1	0	87	361
08:45 - 09:00		81	5	3	1	0	90	359
09:00 - 10:00		88	3	5	3	0	99	369
09:15 - 09:30		85	6	4	2	0	97	373
09:30 - 09:45		86	4	3	3	0	96	382
09:45 - 10:00		83	5	1	2	0	91	383
10:00 - 11:00		76	4	4	4	0	88	372
10:15 - 10:30		86	4	3	2	0	95	370
10:30 - 10:45		78	5	4	1	0	88	362
10:45 - 11:00		81	4	3	3	0	91	362
11:00 - 12:00		74	2	6	1	0	83	357
11:15 - 11:30		83	5	5	1	0	94	356
11:30 - 11:45		90	4	6	3	0	103	371
11:45 - 12:00		88	6	3	3	0	100	380
12:00 - 13:00		72	3	5	1	0	81	378
12:15 - 12:30		85	5	4	2	0	96	380
12:30 - 12:45		79	3	3	1	0	86	363
12:45 - 13:00		83	4	7	2	0	96	359
13:00 - 14:00		89	4	4	1	0	98	376
13:15 - 13:30		83	5	5	5	0	98	378
13:30 - 13:45		78	2	6	2	0	88	380
13:45 - 14:00		82	3	3	1	0	89	373
14:00 - 15:00		79	2	5	1	0	87	362
14:15 - 14:30		84	4	6	5	0	99	363
14:30 - 14:45		88	3	3	2	0	96	371
14:45 - 15:00		86	6	2	1	0	95	377
15:00 - 16:00		89	5	3	3	0	100	390
15:15 - 15:30		83	5	4	2	0	94	385
15:30 - 15:45		75	4	2	1	0	82	371
15:45 - 16:00		83	2	4	2	0	91	367
16:00 - 17:00		71	6	4	4	0	85	352
16:15 - 16:30		79	5	3	1	0	88	346
16:30 - 16:45		75	3	2	1	0	81	345
16:45 - 17:00		82	6	3	1	0	92	346
17:00 - 18:00		87	3	1	0	0	91	352
17:15 - 17:30		90	5	7	1	0	103	367
17:30 - 17:45		85	3	2	1	0	91	377
17:45 - 18:00		81	4	6	3	0	94	379
18:00 - 19:00		71	5	3	1	0	80	368
18:15 - 18:30		76	4	4	3	0	87	352
18:30 - 18:45		75	3	2	1	0	81	342
18:45 - 19:00		70	6	6	2	0	84	332
TOTAL		3888	202	191	92		4373	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-4. Conteo vehicular del jueves 22 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		71	4	3	0	0	78	
07:15 - 07:30		79	5	6	1	0	91	
07:30 - 07:45		77	6	4	2	0	89	
07:45 - 08:00		81	3	3	1	0	88	346
08:00 - 09:00		80	5	2	1	0	88	356
08:15 - 08:30		77	3	3	1	0	84	349
08:30 - 08:45		83	6	7	3	0	99	359
08:45 - 09:00		90	4	2	1	0	97	368
09:00 - 10:00		82	3	5	1	0	91	371
09:15 - 09:30		83	6	6	2	0	97	384
09:30 - 09:45		86	3	3	1	0	93	378
09:45 - 10:00		83	2	5	1	0	91	372
10:00 - 11:00		86	4	4	3	0	97	378
10:15 - 10:30		78	3	3	2	0	86	367
10:30 - 10:45		78	5	5	1	0	89	363
10:45 - 11:00		81	4	3	3	0	91	363
11:00 - 12:00		79	4	6	1	0	90	356
11:15 - 11:30		83	2	5	1	0	91	361
11:30 - 11:45		91	4	7	3	0	105	377
11:45 - 12:00		88	6	3	2	0	99	385
12:00 - 13:00		77	5	5	1	0	88	383
12:15 - 12:30		81	5	4	2	0	92	384
12:30 - 12:45		79	2	3	1	0	85	364
12:45 - 13:00		81	4	3	1	0	89	354
13:00 - 14:00		86	6	4	2	0	98	364
13:15 - 13:30		83	5	5	3	0	96	368
13:30 - 13:45		78	4	4	2	0	88	371
13:45 - 14:00		86	3	3	1	0	93	375
14:00 - 15:00		77	4	5	1	0	87	364
14:15 - 14:30		84	4	5	2	0	95	363
14:30 - 14:45		81	3	3	2	0	89	364
14:45 - 15:00		86	6	6	1	0	99	370
15:00 - 16:00		87	5	3	1	0	96	379
15:15 - 15:30		84	4	4	2	0	94	378
15:30 - 15:45		75	4	2	1	0	82	371
15:45 - 16:00		82	2	4	0	0	88	360
16:00 - 17:00		76	6	4	3	0	89	353
16:15 - 16:30		74	2	3	2	0	81	340
16:30 - 16:45		73	3	2	1	0	79	337
16:45 - 17:00		80	6	3	1	0	90	339
17:00 - 18:00		81	3	5	2	0	91	341
17:15 - 17:30		86	4	7	1	0	98	358
17:30 - 17:45		85	3	2	2	0	92	371
17:45 - 18:00		79	4	6	3	0	92	373
18:00 - 19:00		72	5	4	2	0	83	365
18:15 - 18:30		77	4	4	1	0	86	353
18:30 - 18:45		73	4	6	1	0	84	345
18:45 - 19:00		72	5	6	0	0	83	336
TOTAL		3871	197	200	73		4341	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-5. Conteo vehicular del viernes 23 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		75	4	3	2	0	84	
07:15 - 07:30		74	5	6	1	0	86	
07:30 - 07:45		70	6	4	1	0	81	
07:45 - 08:00		86	5	3	1	0	95	346
08:00 - 09:00		80	5	2	2	0	89	351
08:15 - 08:30		87	3	3	1	0	94	359
08:30 - 08:45		83	6	7	1	0	97	375
08:45 - 09:00		81	4	2	1	0	88	368
09:00 - 10:00		82	3	5	1	0	91	370
09:15 - 09:30		83	6	7	1	0	97	373
09:30 - 09:45		86	5	4	1	0	96	372
09:45 - 10:00		78	2	3	0	0	83	367
10:00 - 11:00		86	4	8	1	0	99	375
10:15 - 10:30		78	2	3	1	0	84	362
10:30 - 10:45		81	3	4	1	0	89	355
10:45 - 11:00		88	4	2	1	0	95	367
11:00 - 12:00		79	4	6	0	0	89	357
11:15 - 11:30		83	2	5	1	0	91	364
11:30 - 11:45		90	4	5	1	0	100	375
11:45 - 12:00		88	4	3	3	0	98	378
12:00 - 13:00		77	5	3	1	0	86	375
12:15 - 12:30		81	5	4	1	0	91	375
12:30 - 12:45		96	2	3	1	0	102	377
12:45 - 13:00		81	4	5	1	0	91	370
13:00 - 14:00		84	4	4	1	0	93	377
13:15 - 13:30		80	3	3	2	0	88	374
13:30 - 13:45		78	4	4	1	0	87	359
13:45 - 14:00		76	6	3	3	0	88	356
14:00 - 15:00		77	4	5	1	0	87	350
14:15 - 14:30		82	4	4	2	0	92	354
14:30 - 14:45		81	3	3	1	0	88	355
14:45 - 15:00		69	6	6	1	0	82	349
15:00 - 16:00		87	5	3	1	0	96	358
15:15 - 15:30		84	2	4	0	0	90	356
15:30 - 15:45		85	4	1	1	0	91	359
15:45 - 16:00		82	2	4	3	0	91	368
16:00 - 17:00		76	2	7	1	0	86	358
16:15 - 16:30		84	5	4	2	0	95	363
16:30 - 16:45		70	3	5	1	0	79	351
16:45 - 17:00		80	6	3	1	0	90	350
17:00 - 18:00		71	3	5	0	0	79	343
17:15 - 17:30		76	4	3	1	0	84	332
17:30 - 17:45		84	3	2	1	0	90	343
17:45 - 18:00		80	2	6	3	0	91	344
18:00 - 19:00		72	6	5	1	0	84	349
18:15 - 18:30		75	4	4	0	0	83	348
18:30 - 18:45		70	2	6	1	0	79	337
18:45 - 19:00		74	2	7	1	0	84	330
TOTAL		3850	186	201	56		4293	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-6. Conteo vehicular del sábado 24 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		74	6	4	1	0	85	
07:15 - 07:30		80	4	3	1	0	88	
07:30 - 07:45		84	5	4	0	0	93	
07:45 - 08:00		86	3	5	3	0	97	363
08:00 - 09:00		75	4	1	1	0	81	359
08:15 - 08:30		71	5	3	2	0	81	352
08:30 - 08:45		78	3	4	3	0	88	347
08:45 - 09:00		81	6	4	2	0	93	343
09:00 - 10:00		83	5	3	1	0	92	354
09:15 - 09:30		79	5	4	2	0	90	363
09:30 - 09:45		76	4	4	1	0	85	360
09:45 - 10:00		90	6	3	2	0	101	368
10:00 - 11:00		81	5	9	2	0	97	373
10:15 - 10:30		79	2	3	1	0	85	368
10:30 - 10:45		81	4	3	1	0	89	372
10:45 - 11:00		76	6	4	2	0	88	359
11:00 - 12:00		83	5	5	3	0	96	358
11:15 - 11:30		78	4	4	2	0	88	361
11:30 - 11:45		86	3	3	1	0	93	365
11:45 - 12:00		77	4	5	1	0	87	364
12:00 - 13:00		84	4	5	2	0	95	363
12:15 - 12:30		81	3	3	2	0	89	364
12:30 - 12:45		91	6	6	1	0	104	375
12:45 - 13:00		83	5	4	2	0	94	382
13:00 - 14:00		75	4	2	1	0	82	369
13:15 - 13:30		83	2	4	2	0	91	371
13:30 - 13:45		71	6	4	4	0	85	352
13:45 - 14:00		79	5	3	1	0	88	346
14:00 - 15:00		75	3	2	1	0	81	345
14:15 - 14:30		82	6	3	1	0	92	346
14:30 - 14:45		87	3	1	0	0	91	352
14:45 - 15:00		90	5	7	1	0	103	367
15:00 - 16:00		84	5	4	2	0	95	381
15:15 - 15:30		70	3	5	1	0	79	368
15:30 - 15:45		80	6	3	1	0	90	367
15:45 - 16:00		88	3	5	0	0	96	360
16:00 - 17:00		76	4	3	1	0	84	349
16:15 - 16:30		84	3	2	1	0	90	360
16:30 - 16:45		75	3	2	0	0	80	350
16:45 - 17:00		74	2	4	1	0	81	335
17:00 - 18:00		81	6	4	1	0	92	343
17:15 - 17:30		76	5	1	1	0	83	336
17:30 - 17:45		75	3	2	1	0	81	337
17:45 - 18:00		79	4	6	3	0	92	348
18:00 - 19:00		72	5	4	2	0	83	339
18:15 - 18:30		67	4	4	0	0	75	331
18:30 - 18:45		73	4	3	1	0	81	331
18:45 - 19:00		69	5	6	0	0	80	319
TOTAL		3802	206	180	66		4254	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo A-7. Conteo vehicular del domingo 25 de septiembre del 2022

HORA		LIVIANOS	BUSES	PESADOS			TOTAL	Total Acumulado
				C-2 P	C-2 G	C-3		
07:00 - 08:00		79	4	1	2	0	86	
07:15 - 07:30		77	6	4	1	0	88	
07:30 - 07:45		84	4	3	1	0	92	
07:45 - 08:00		80	5	2	2	0	89	355
08:00 - 09:00		82	6	4	2	0	94	363
08:15 - 08:30		86	3	5	1	0	95	370
08:30 - 08:45		90	5	4	1	0	100	378
08:45 - 09:00		82	4	3	1	0	90	379
09:00 - 10:00		86	4	3	2	0	95	380
09:15 - 09:30		78	6	4	1	0	89	374
09:30 - 09:45		83	5	5	5	0	98	372
09:45 - 10:00		81	6	3	2	0	92	374
10:00 - 11:00		82	3	7	1	0	93	372
10:15 - 10:30		87	4	3	1	0	95	378
10:30 - 10:45		84	4	4	5	0	97	377
10:45 - 11:00		78	3	1	2	0	84	369
11:00 - 12:00		86	6	2	0	0	94	370
11:15 - 11:30		88	6	3	3	0	100	375
11:30 - 11:45		72	3	5	1	0	81	359
11:45 - 12:00		85	5	4	2	0	96	371
12:00 - 13:00		79	3	3	1	0	86	363
12:15 - 12:30		83	4	7	0	0	94	357
12:30 - 12:45		89	4	4	1	0	98	374
12:45 - 13:00		83	5	3	2	0	93	371
13:00 - 14:00		78	2	4	2	0	86	371
13:15 - 13:30		82	3	3	1	0	89	366
13:30 - 13:45		79	2	5	1	0	87	355
13:45 - 14:00		90	5	7	1	0	103	365
14:00 - 15:00		84	5	4	2	0	95	374
14:15 - 14:30		70	3	5	1	0	79	364
14:30 - 14:45		80	6	3	1	0	90	367
14:45 - 15:00		88	3	2	0	0	93	357
15:00 - 16:00		76	4	3	1	0	84	346
15:15 - 15:30		84	3	2	1	0	90	357
15:30 - 15:45		75	3	2	0	0	80	347
15:45 - 16:00		74	2	4	1	0	81	335
16:00 - 17:00		78	5	1	1	0	85	336
16:15 - 16:30		76	4	3	1	0	84	330
16:30 - 16:45		75	3	2	1	0	81	331
16:45 - 17:00		77	4	5	1	0	87	337
17:00 - 18:00		72	3	4	1	0	80	332
17:15 - 17:30		67	4	3	0	0	74	322
17:30 - 17:45		73	2	2	1	0	78	319
17:45 - 18:00		75	3	2	1	0	81	313
18:00 - 19:00		77	2	4	1	0	84	317
18:15 - 18:30		71	2	3	1	0	77	320
18:30 - 18:45		67	4	2	0	0	73	315
18:45 - 19:00		68	3	1	1	0	73	307
TOTAL		3820	188	163	62		4233	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

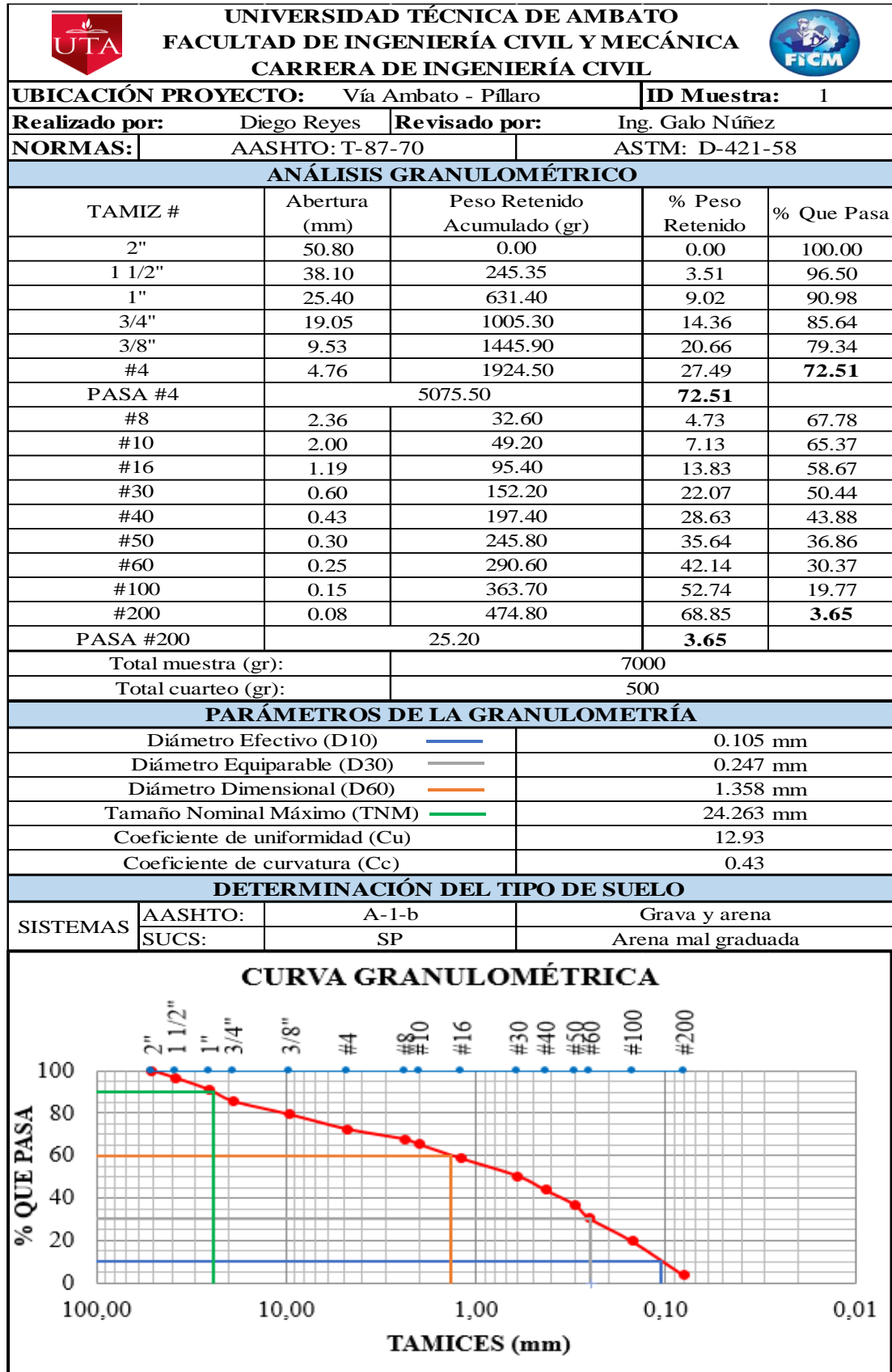
ANEXO B
ESTUDIO DE
SUELOS

MUESTRA 1

ENSAYOS:



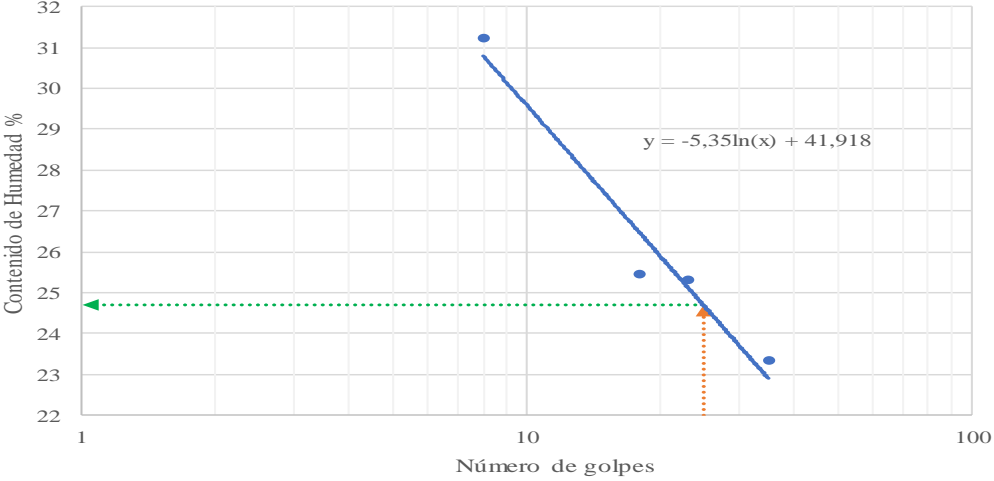
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- CBR

Anexo B-1. Análisis granulométrico, muestra 1





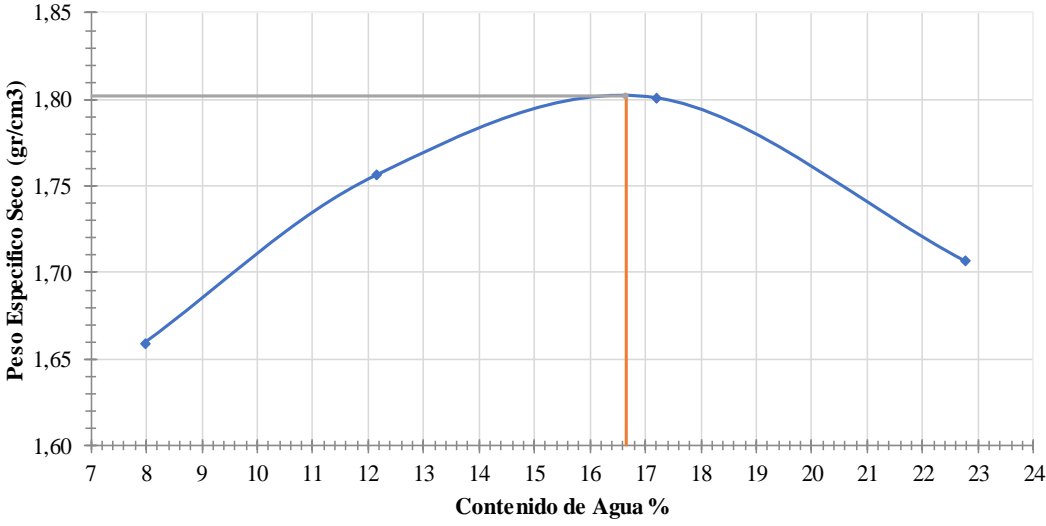
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-2. Límites de Atterberg, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
UBICACIÓN PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro				ID Muestra: 1				
Realizado por: Diego Reyes				Revisado por: Ing. Galo Núñez				
NORMAS: AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691				
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	25	2	21	66	7	77	70	13
Peso muestra húmeda + rec (gr)	23.20	29.10	26.20	24.30	25.90	26.50	30.00	28.80
Peso muestra seca + rec (gr)	20.30	24.70	23.20	21.50	23.00	23.40	26.40	25.40
Peso recipiente (gr)	10.80	10.90	10.80	11.00	11.40	11.30	10.90	10.90
Peso agua (gr) Ww	2.90	4.40	3.00	2.80	2.90	3.10	3.60	3.40
Peso de los sólidos (gr) Ws	9.50	13.80	12.40	10.50	11.60	12.10	15.50	14.50
Contenido de humedad (w%)	30.53	31.88	24.19	26.67	25.00	25.62	23.23	23.45
Promedio de (w%)	31.21		25.43		25.31		23.34	
Número de golpes	8		18		23		35	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24.70							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	12	31	2	82	70	37		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	11,80	12,40	14,30	13,30	12,60	12,40		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	11,60	12,10	13,50	12,80	12,20	12,10		
Peso recipiente Wrec (gr)	10,60	10,80	10,50	10,70	10,60	10,60		
Peso agua Ww (gr)	0,20	0,30	0,80	0,50	0,40	0,30		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,00	1,30	3,00	2,10	1,60	1,50		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	20,00	23,08	26,67	23,81	25,00	20,00		
Promedio de (w%)	23,09							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,09							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,61							


Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-3. Proctor modificado tipo B, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro		ID Muestra: 1						
REALIZADO POR: Diego Reyes	REVISADO POR: Ing. Galo Núñez	NORMA: AASHTO T-180						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15349 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2304.52 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	19064	19352	19656	19543				
Peso suelo húmedo W _m (gr)	3715	4003	4307	4194				
Peso Unitario Húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.612	1.737	1.869	1.820				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	T28	T17	T27	T26	T13	T15	T14	T24
Peso del recipiente W _r (gr)	31.20	30.70	31.10	31.00	26.10	24.80	31.60	33.00
Peso suelo hum + recipiente W _m +W _r (gr)	109.70	107.60	115.50	115.30	77.30	79.50	132.10	131.70
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r (gr)	102.60	100.70	105.00	105.10	68.90	70.50	112.50	114.10
Peso del agua W _w (gr)	7.10	6.90	73.90	74.10	8.40	9.00	19.60	17.60
Peso suelo seco W _s (gr)	71.40	70.00	10.50	10.20	42.80	45.70	80.90	81.10
Contenido de humedad w(%)	9.94	9.86	14.21	13.77	19.63	19.69	24.23	21.70
Contenido humedad promedio w(%)	9.901		13.987		19.660		22.965	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γ _d (gr/cm ³)	1.467	1.524	1.562	1.480				
Densidad máxima γ _{máx} (gr/cm ³)	1.563							
Humedad óptima %	19.28							
CURVA DE COMPACTACIÓN								
 <p>The graph plots Specific Gravity (Peso Especifico Seco) on the y-axis (ranging from 1.60 to 1.85) against Water Content (Contenido de Agua %) on the x-axis (ranging from 7 to 24). A blue curve shows the relationship, peaking at approximately 1.80 gr/cm³ at 19.28% water content. A vertical orange line is drawn at 19.28% water content, and a horizontal grey line is drawn at 1.563 gr/cm³, which is the maximum dry density.</p>								



Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

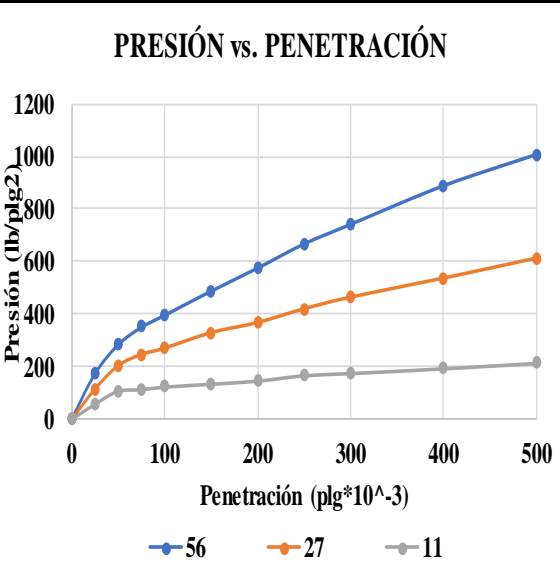
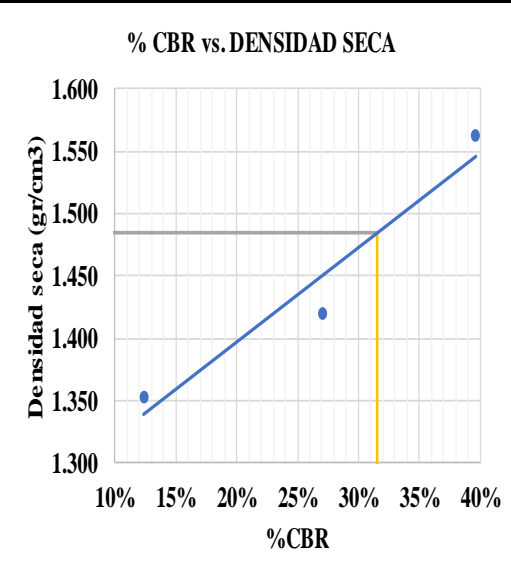
Anexo B-4. Compactación CBR, muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ENSAYO C.B.R.						
Proyecto: Vía Ambato - Píllaro						
Realizado por:	Diego Reyes	ID Muestra:	1			
Revisado por:	Ing. Galo Núñez	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	19.28%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:			Después del remojo			
Peso húmedo + molde (gr)	10695	11035	10716			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4264	3939	3709			
Volumen Muestra (cm3)	2286.38	2286.38	2286.38			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.865	1.723	1.622			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	86	64	57	60	36	45
P. Hum. + Recipiente	129	162.4	162.7	145.3	141.2	139.8
P. Seco + Recipiente	114.6	139.6	138.3	126.5	123.2	122
Peso Recipiente	33.1	31.2	30	33.6	32.2	33.4
Peso Agua	14.4	22.8	24.4	18.8	18	17.8
Peso de Sólidos	81.5	108.4	108.3	92.9	91	88.6
Contenido Humedad %	17.67	21.03	22.53	20.24	19.78	20.09
Cont. Hum. Promedio %	19.35		21.38		19.94	
Densidad Seca (gr/cm3)	1.563		1.419		1.353	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-5. Ensayo Carga - Penetración para CBR, muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN														
Máquina de compresión simple			Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: 1					
Molde N°		C-1					C-2				C-3			
N° de golpes		56					27				11			
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%
		0	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	0	25	517.30	172.43			343.40	114.47			174.80	58.27		
1	30	50	850.80	283.60			610.60	203.53			322.60	107.53		
1	0	75	1050.60	350.20			738.80	246.27			342.20	114.07		
2	30	100	1188.00	396.00	396.00	39.60	810.92	270.31	270.31	27.03	371.30	123.77	123.8	
3	0	150	1462.80	487.60			985.72	328.57			404.70	134.90		
4	0	200	1725.60	575.20			1100.90	366.97			440.00	146.67		
5	0	250	2000.40	666.80			1255.70	418.57			500.80	166.93		
6	0	300	2223.80	741.27			1388.10	462.70			526.20	175.40		
8	0	400	2663.80	887.93			1603.50	534.50			580.10	193.37		
10	0	500	3020.60	1006.87			1830.0	610.00			641.80	213.93		
C.B.R. corregido (%)						39.60				27.03			12.38	

GRÁFICOS CBR			
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 		<p>% CBR vs. DENSIDAD SECA</p> 	
CBR (Resistencias)	DENSIDADES (gr/cm ³)		y _d ^{máx} (gr/cm ³)
39.60%	Densidad 56	1.563	95% *(y _d ^{máx}) (gr/cm ³)
27.03%	Densidad 27	1.419	CBR = 31.54%
12.38%	Densidad 11	1.353	

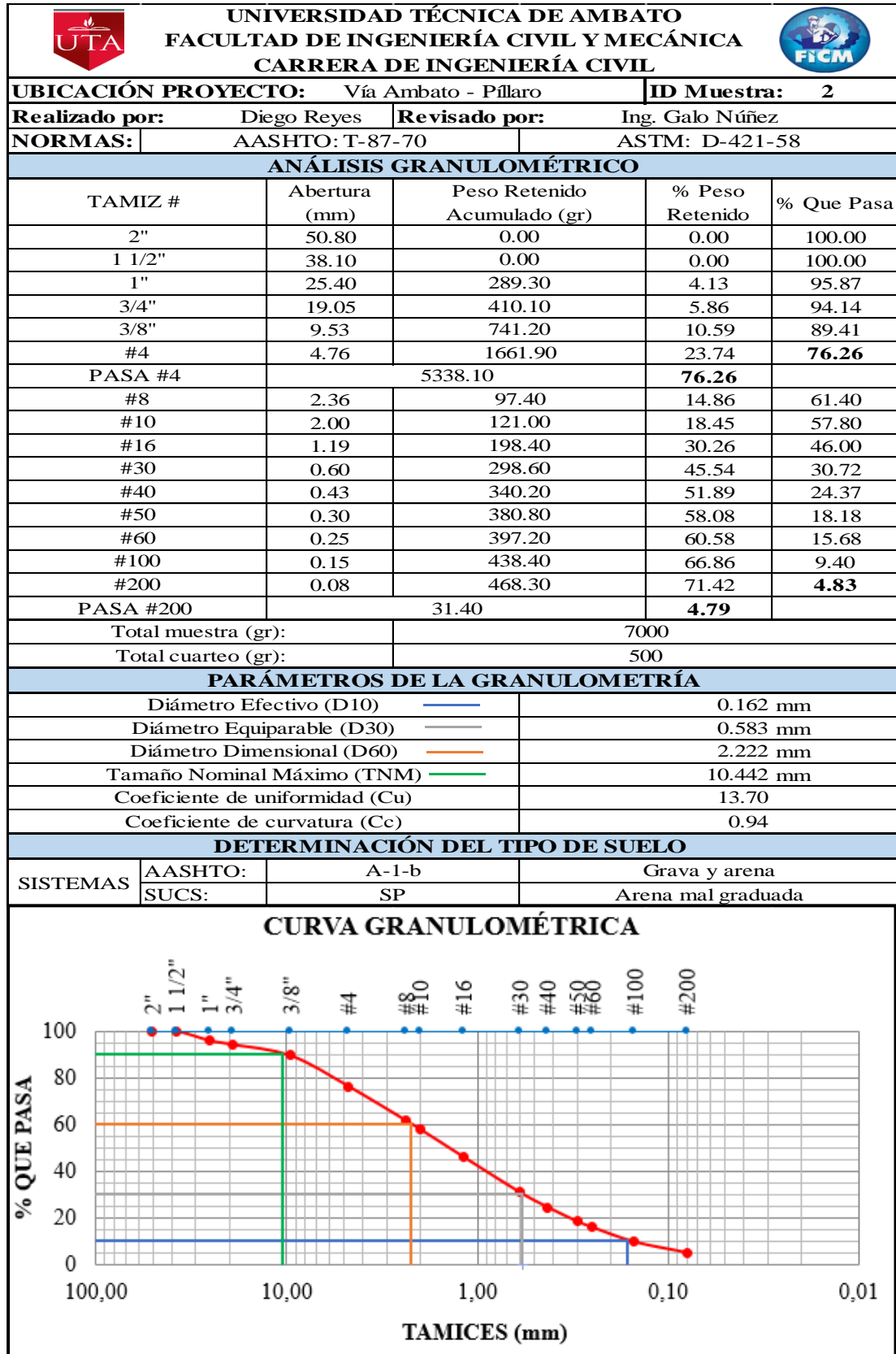
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

MUESTRA 2

ENSAYOS:



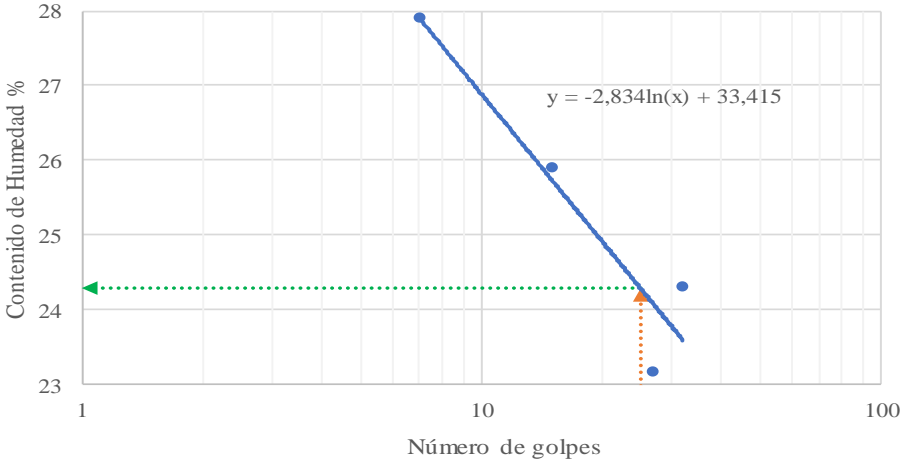
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- CBR

Anexo B-6. Análisis granulométrico, muestra 2



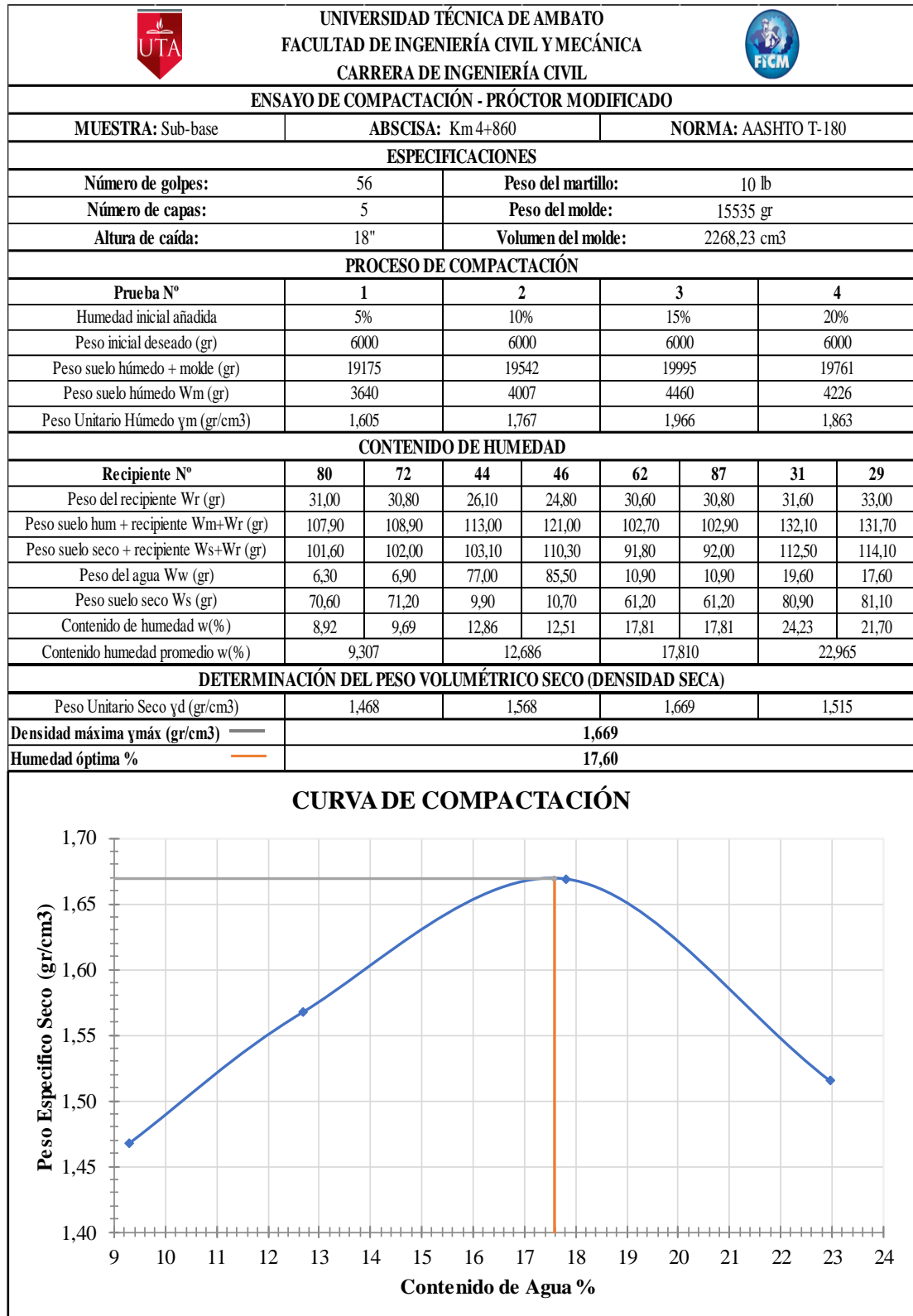
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-7. Límites de Atterberg, muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
UBICACIÓN PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro				ID Muestra: 2				
Realizado por: Diego Reyes				Revisado por: Ing. Galo Núñez				
NORMAS: AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691				
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	11	14	68	3	42	13	14	7
Peso muestra húmeda + rec (gr)	24.70	26.20	25.50	24.40	23.20	21.50	19.60	19.80
Peso muestra seca + rec (gr)	21.60	23.00	22.60	21.60	21.30	19.20	18.00	18.10
Peso recipiente (gr)	11.20	10.70	11.30	10.90	11.10	10.90	11.60	10.90
Peso agua (gr) Ww	3.10	3.20	2.90	2.80	1.90	2.30	1.60	1.70
Peso de los sólidos (gr) Ws	10.40	12.30	11.30	10.70	10.20	8.30	6.40	7.20
Contenido de humedad (w%)	29.81	26.02	25.66	26.17	18.63	27.71	25.00	23.61
Promedio de (w%)	27.91		25.92		23.17		24.31	
Número de golpes	7		15		27		32	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24.29							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	A3	5	77	7	24	11		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	9,70	8,40	8,90	8,40	7,00	7,10		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	9,20	8,20	8,60	8,20	6,90	6,90		
Peso recipiente Wrec (gr)	7,30	7,40	7,30	7,30	6,40	6,10		
Peso agua Ww (gr)	0,50	0,20	0,30	0,20	0,10	0,20		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,90	0,80	1,30	0,90	0,50	0,80		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	26,32	25,00	23,08	22,22	20,00	25,00		
Promedio de (w%)	23,60							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	23,60							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	0,69							

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-8. Proctor modificado tipo B, muestra 2




Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

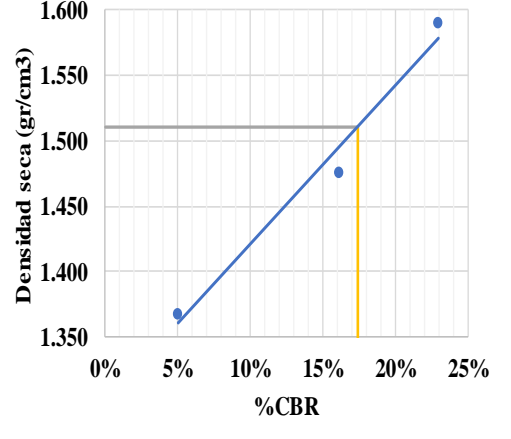
Anexo B-9. Compactación CBR, muestra 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ENSAYO C.B.R.						
Proyecto: Vía Ambato - Pillaro						
Realizado por:	Diego Reyes	ID Muestra:	2			
Revisado por:	Ing. Galo Núñez	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	17.60%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	10910	11222	10953			
Peso Molde (gr)	6431	7096	7007			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4479	4126	3946			
Volumen Muestra (cm3)	2286.38	2286.38	2286.38			
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.959	1.805	1.726			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	34	4	49	51	50	41
P. Hum. + Recipiente	166.6	122.4	138.4	145.1	134	141.8
P. Seco + Recipiente	146.9	109.7	123.4	128.2	118	125.8
Peso Recipiente	32.9	32	33.4	31.9	33	32.8
Peso Agua	19.7	12.7	15	16.9	16	16
Peso de Sólidos	114	77.7	90	96.3	85	93
Contenido Humedad %	17.28	16.34	16.67	17.55	18.82	17.20
Cont. Hum. Promedio %	16.81		17.11		18.01	
Densidad Seca (gr/cm3)	1.677		1.541		1.462	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-10. Ensayo Carga - Penetración para CBR, muestra 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN														
Máquina de compresión simple				Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: 2				
Molde N°		C-1			C-2			C-3						
N° de golpes		56			27			11						
Tiempo		Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.
min.	seg.			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%	lb	lb/plg ²		%
		0	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	0	25	733.00	244.33			364.20	121.40			145.80	48.60		
1	30	50	1082.60	360.87			470.90	156.97			193.80	64.60		
1	0	75	1353.90	451.30			564.40	188.13			233.60	77.87		
2	30	100	1636.60	545.53	545.53	54.55	644.40	214.80	214.80	21.48	273.30	91.10	91.1	9.11
3	0	150	1999.50	666.50			750.30	250.10			309.70	103.23		
4	0	200	2318.80	772.93			869.90	289.97			345.10	115.03		
5	0	250	2590.60	863.53			977.10	325.70			370.40	123.47		
6	0	300	2766.20	922.07			1104.90	368.30			392.20	130.73		
8	0	400	3113.30	1037.77			1310.40	436.80			434.60	144.87		
10	0	500	3336.60	1112.20			1580.9	526.97			473.60	157.87		
C.B.R. corregido (%)						54.55				21.48				9.11

GRÁFICOS CBR			
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 		<p>DENSIDAD SECA vs. %CBR</p> 	
<p>CBR (Resistencias)</p> <p>54.55%</p> <p>21.48%</p> <p>9.11%</p>		<p>DENSIDADES (gr/cm³)</p> <p>Densidad 56: 1.677</p> <p>Densidad 27: 1.541</p> <p>Densidad 11: 1.462</p>	
		<p>γ_d_{máx} (gr/cm³): 1.677</p> <p>95% *(γ_d_{máx}) (gr/cm³): 1.593</p> <p>CBR = 35.56%</p>	

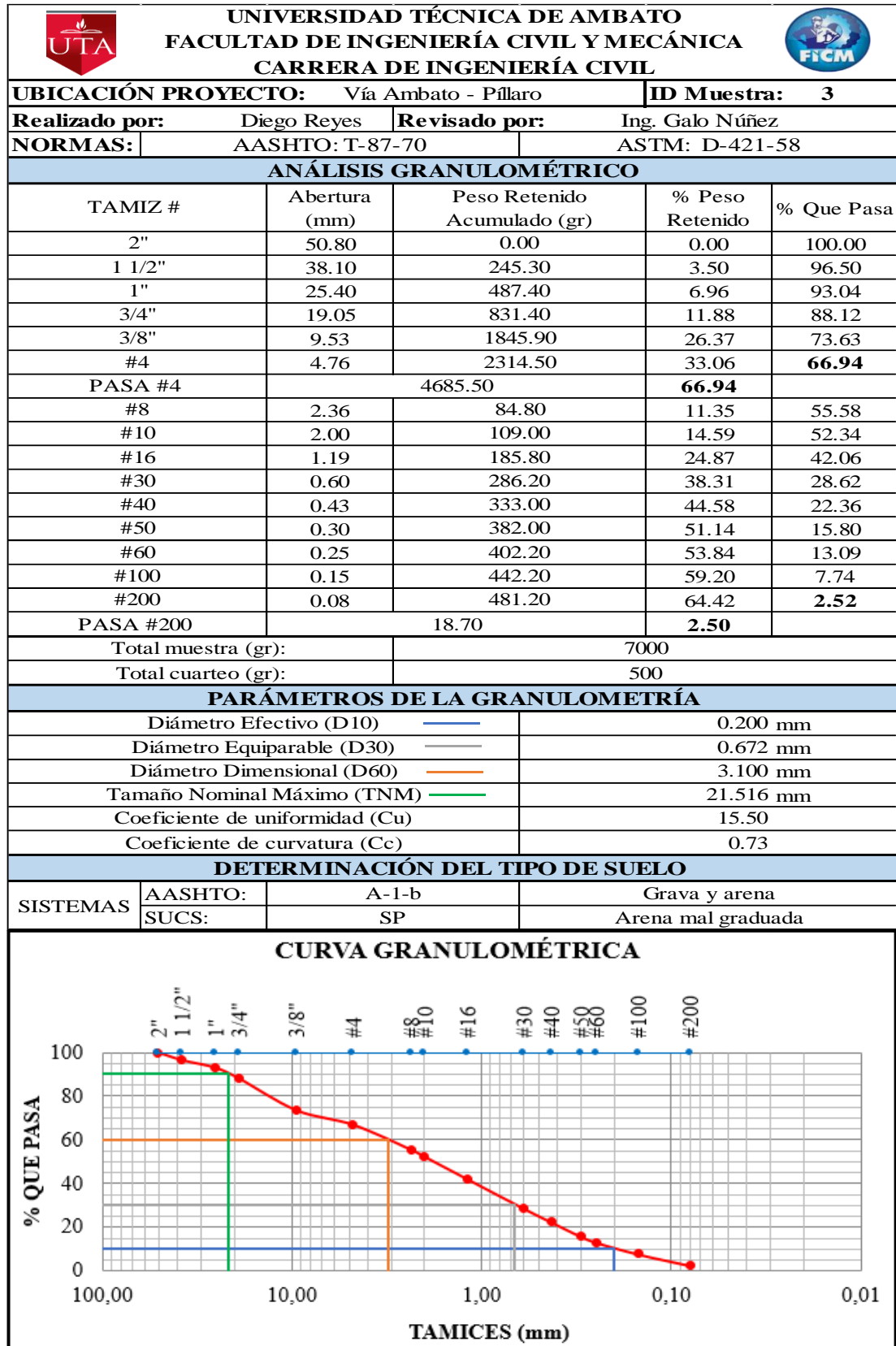
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

MUESTRA 3

ENSAYOS:



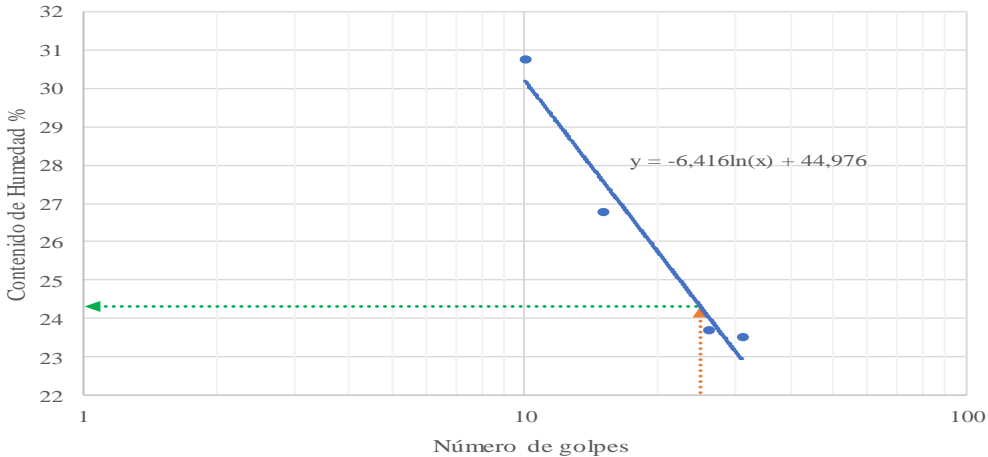
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Compactación CBR
- CBR

Anexo B-11. Análisis granulométrico, muestra 3





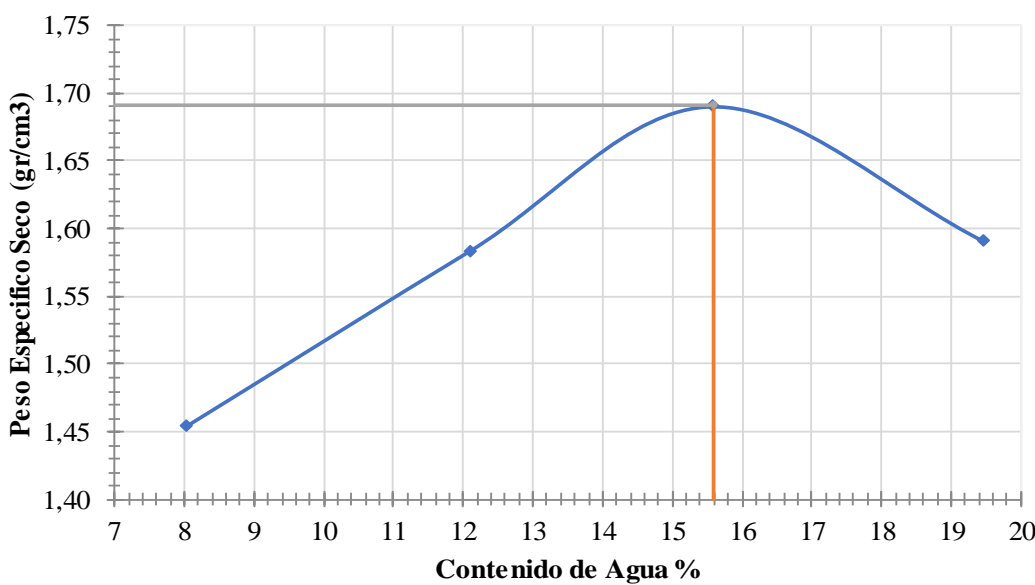
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-12. Límites de Atterberg, muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
UBICACIÓN PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro				ID Muestra: 3				
Realizado por: Diego Reyes				Revisado por: Ing. Galo Núñez				
NORMAS: AASHTO: T-90-70		ASTM: D-424-71		INEN 691				
LÍMITE LÍQUIDO								
Recipiente	7	12	79	72	13	8	60	41
Peso muestra húmeda + rec (gr)	18.80	18.40	18.40	17.70	18.30	20.80	18.30	20.80
Peso muestra seca + rec (gr)	17.00	16.90	16.90	16.50	16.90	19.00	16.90	18.90
Peso recipiente (gr)	11.40	11.80	11.20	12.10	11.00	11.40	10.90	10.90
Peso agua (gr) Ww	1.80	1.50	1.50	1.20	1.40	1.80	1.40	1.90
Peso de los sólidos (gr) Ws	5.60	5.10	5.70	4.40	5.90	7.60	6.00	8.00
Contenido de humedad (w%)	32.14	29.41	26.32	27.27	23.73	23.68	23.33	23.75
Promedio de (w%)	30.78		26.79		23.71		23.54	
Número de golpes	10		15		26		31	
LÍMITE LÍQUIDO (LL%)	24.32							
LÍMITE LÍQUIDO (COPACASA GRANDE)								
								
LÍMITE PLÁSTICO								
Recipiente N°	60	61	2	4	66	41		
Peso suelo húmedo + recipiente (Wm+Wrec)(gr)	6,50	6,40	5,80	4,90	6,00	7,20		
Peso suelo seco + recipiente (Ws+Wrec)(gr)	6,20	6,20	5,60	4,80	5,90	7,10		
Peso recipiente Wrec (gr)	5,10	5,30	4,80	4,20	5,50	6,60		
Peso agua Ww (gr)	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10		
Peso de los sólidos Ws (gr)	1,10	0,90	0,80	0,60	0,40	0,50		
Contenido de humedad (w% = Ww/Ws)*100	27,27	22,22	25,00	16,67	25,00	20,00		
Promedio de (w%)	22,69							
LÍMITE PLÁSTICO (LP%)	22,69							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP%) (IP = LL - LP)	1,63							

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-13. Proctor modificado tipo B, muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro		ID Muestra: 3						
REALIZADO POR: Diego Reyes	REVISADO POR: Ing. Galo Núñez	NORMA: AASHTO T-180						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO								
Número de golpes:	56	Peso del martillo:	10 lb					
Número de capas:	5	Peso del molde:	15129 gr					
Altura de caída:	18"	Volumen del molde:	2322.67 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Prueba N°	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida	4%	8%	12%	16%				
Peso inicial deseado (gr)	6000	6000	6000	6000				
Peso suelo húmedo + molde (gr)	18777	19252	19666	19543				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3648	4123	4537	4414				
Peso Unitario Húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.571	1.775	1.953	1.900				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N°	56	5	27	23	33	76	20	71
Peso del recipiente W _r (gr)	30.50	24.20	25.20	31.10	25.10	30.70	24.60	30.60
Peso suelo hum + recipiente W _m +W _r (gr)	115.30	117.10	114.80	114.70	116.80	115.70	126.70	124.10
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r (gr)	109.00	110.20	105.00	105.80	104.50	104.20	109.80	109.10
Peso del agua W _w (gr)	6.30	6.90	79.80	74.70	12.30	11.50	16.90	15.00
Peso suelo seco W _s (gr)	78.50	86.00	9.80	8.90	79.40	73.50	85.20	78.50
Contenido de humedad w(%)	8.03	8.02	12.28	11.91	15.49	15.65	19.84	19.11
Contenido humedad promedio w(%)	8.024		12.098		15.569		19.472	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO (DENSIDAD SECA)								
Peso Unitario Seco γ_d (gr/cm ³)	1.454		1.584		1.690		1.591	
Densidad máxima $\gamma_{m\acute{a}x}$ (gr/cm³)	1.691							
Humedad óptima %	15.60							
CURVA DE COMPACTACIÓN								
								



Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

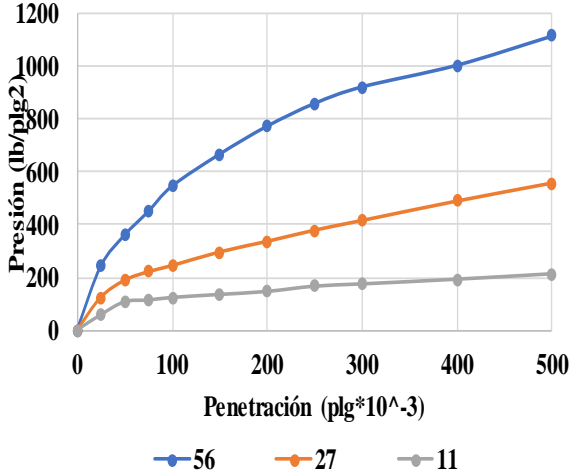
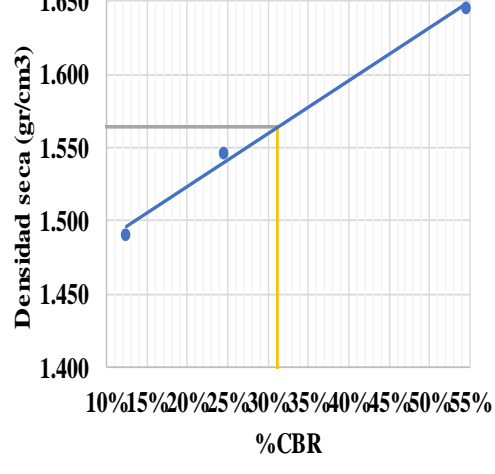
Anexo B-14. Compactación CBR, muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ENSAYO C.B.R.						
Proyecto: Vía Ambato - Píllaro						
Realizado por:	Diego Reyes	ID Muestra:	3			
Revisado por:	Ing. Galo Núñez	Peso del martillo:	10 lb			
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"			
Peso Muestra (gr)	6000	Conten. Hum. Óptimo:	15.60%			
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Condición muestra:		Después del remojo				
Peso húmedo + molde (gr)	11878	10882	11298			
Peso Molde (gr)	7575	6730	7414			
Peso Muestra Húmeda (gr)	4303	4152	3884			
Volumen Muestra (cm ³)	2256.40	2304.53	2238.49			
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.907	1.802	1.735			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	80	44	87	31	19	18
P. Hum. + Recipiente	106.6	109.9	128.6	123.7	108.4	114.5
P. Seco + Recipiente	95.4	99.4	115.9	109.3	96.5	101.8
Peso Recipiente	30.9	26.1	30.8	29.5	24.1	24.3
Peso Agua	11.2	10.5	12.7	14.4	11.9	12.7
Peso de Sólidos	64.5	73.3	85.1	79.8	72.4	77.5
Contenido Humedad %	17.36	14.32	14.92	18.05	16.44	16.39
Cont. Hum. Promedio %	15.84		16.48		16.41	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.646		1.547		1.490	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo B-15. Ensayo Carga - Penetración para CBR, muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN													
Máquina de compresión simple			Área del pistón: 3plg ²			NORMA: ASTM D 193-13			MUESTRA: 3				
Molde N°		C-1			C-2			C-3					
N° de golpes		56			27			11					
Tiempo	Penetración	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.	Q carga	Presiones		C.B.R.
			Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
min.	seg.	plg*10 ⁻³	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%	lb	lb/plg ²	%		
		0	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00			
0	0	25	727.00	242.33		372.70	124.23		174.80	58.27			
1	30	50	1078.60	359.53		565.90	188.63		322.60	107.53			
1	0	75	1348.90	449.63		663.30	221.10		342.20	114.07			
2	30	100	1636.70	545.57	54.56	733.30	244.43	24.44	371.30	123.77	123.8	12.38	
3	0	150	2000.50	666.83		888.60	296.20		405.80	135.27			
4	0	200	2318.80	772.93		1008.80	336.27		440.30	146.77			
5	0	250	2578.10	859.37		1136.90	378.97		500.10	166.70			
6	0	300	2766.20	922.07		1246.90	415.63		526.20	175.40			
8	0	400	3013.30	1004.43		1468.80	489.60		580.10	193.37			
10	0	500	3344.30	1114.77		1673.3	557.77		641.80	213.93			
C.B.R. corregido (%)					54.56			24.44					12.38

GRÁFICOS CBR			
<p>PRESIÓN vs. PENETRACIÓN</p> 		<p>% CBR vs. DENSIDAD SECA</p> 	
<p>Legend: 56 (blue), 27 (orange), 11 (grey)</p>		<p>Legend: 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%</p>	
<p>CBR (Resistencias)</p>		<p>DENSIDADES (gr/cm³)</p>	
54.56%		Densidad 56	
24.44%		Densidad 27	
12.38%		Densidad 11	
		y _{d,máx} (gr/cm ³)	
		1.646	
		95% *(y _{d,máx}) (gr/cm ³)	
		1.564	
		CBR =	
		31.21%	

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés



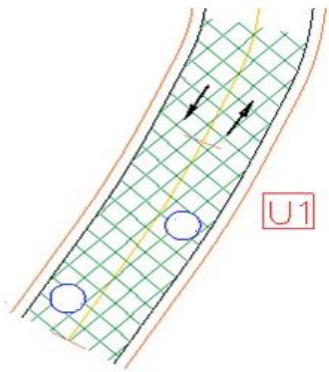
ANEXO C

ÍNDICE DE

CONDICIÓN DEL



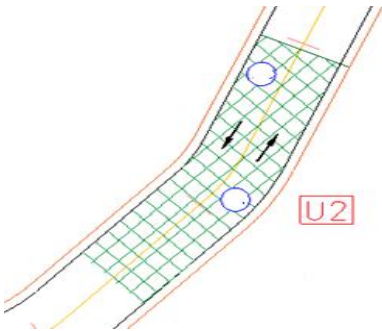
PAVIMENTO (PCI)

Anexo C-1. Índice de condición del pavimento - muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+000"/>			N° 1 Piel de cocodrilo m ² 2 Exudación m ² 3 Agrietamiento en bloque m ² 4 Desnivel localizado m 5 Corrugación m ² 6 Depresión m ² 7 Grieta de borde m 8 Grieta de reflexión de junta m 9 Desnivel carril / espaldón m 10 Grietas longitudinales y transversales m 11 Parche m ² 12 Agregado pulido m ² 13 Huecos U 14 Cruce de ferrocarril m ² 15 Ahuellamiento m ² 16 Desplazamiento m ² 17 Grieta parabólica m ² 18 Hinchamiento m ² 19 Desprendimiento de agregados m ²							
ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+030"/>										
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="1"/>										
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>										
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40m"/>										
TRAMO <input type="text" value="1"/>										
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10			x	12.6	11.25	13.1	4.5	41.45	13.817	20
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									20.00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									80.00	



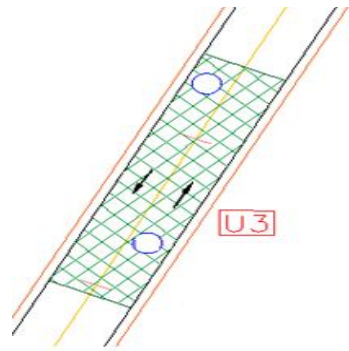
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-2. Índice de condición del pavimento - muestra 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro				FECHA: 15 de octubre del 2022		REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS		TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+180"/>	N°	Fallas		Unidad							
	1	Piel de cocodrilo		m ²							
	2	Exudación		m ²							
	3	Agrietamiento en bloque		m ²							
ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+210"/>	4	Desnivel localizado		m							
	5	Corrugación		m ²							
	6	Depresión		m ²							
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="2"/>	7	Grieta de borde		m							
	8	Grieta de reflexión de junta		m							
	9	Desnivel carril / espaldón		m							
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>	10	Grietas longitudinales y transversales		m							
	11	Parche		m ²							
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40 m"/>	12	Agregado pulido		m ²							
	13	Huecos		U							
TRAMO <input type="text" value="1"/>	14	Cruce de ferrocarril		m ²							
	15	Ahuellamiento		m ²							
	16	Desplazamiento		m ²							
	17	Grieta parabólica		m ²							
	18	Hinchamiento		m ²							
	19	Desprendimiento de agregados		m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
1			x	3.6				3.6	1.200	11	
10			x	10	9			19	6.333	4	
11			x	3.1	1.14	7.56		11.8	3.933	7	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		22.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								3			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								11			
Número admisible de valores deducidos (mi):								9.17			
N°	Valores deducidos			Total	mi		VDC				
1	11	7	4	22	3		10				
2	11	7	2	20	2		14				
3	11	2	2	15	1		15				
								Máx. (VDC):		15	
				PCI = 100 - Máx.(VDC)		<input type="text" value="85.00"/>					



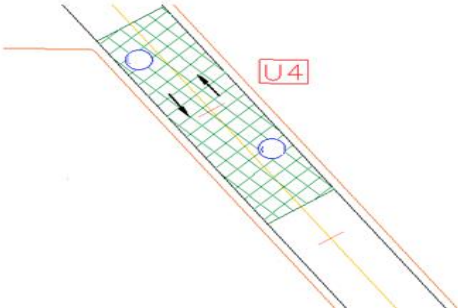
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-3. Índice de condición del pavimento - muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro				FECHA: 15 de octubre del 2022				REALIZADO POR: Diego Reyes			
DATOS			TIPOS DE FALLAS						ESQUEMA		
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+360"/>			N°	Fallas				Unidad			
ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+390"/>			1	Piel de cocodrilo				m ²			
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="3"/>			2	Exudación				m ²			
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque				m ²			
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40 m"/>			4	Desnivel localizado				m			
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación				m ²			
			6	Depresión				m ²			
			7	Grieta de borde				m			
			8	Grieta de reflexión de junta				m			
			9	Desnivel carril / espaldón				m			
			10	Grietas longitudinales y transversales				m			
			11	Parche				m ²			
			12	Agregado pulido				m ²			
			13	Huecos				U			
			14	Cruce de ferrocarril				m ²			
			15	Ahuellamiento				m ²			
			16	Desplazamiento				m ²			
			17	Grieta parabólica				m ²			
			18	Hinchamiento				m ²			
			19	Desprendimiento de agregados				m ²			
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
10			x	6.1	2.9	10.8	3.3	23.1	7.700	6	
11			x	3.75	0.66	0.78		5.19	1.730	4	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		10.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								2			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								6			
Número admisible de valores deducidos (mi):								9.63			
N°	Valores deducidos						Total	mi	VDC		
1	6	4					10	2	6		
2	6	2					8	1	8		
								Máx. (VDC):		8	
PCI = 100 - Máx.(VDC)							92.00				



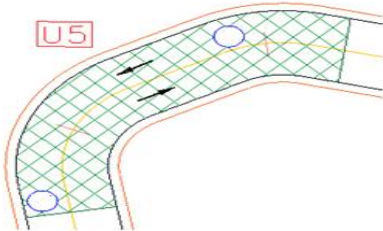
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-4. Índice de condición del pavimento – muestra 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro				FECHA: 15 de octubre del 2022		REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS		TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL 0+540		N°	Fallas		Unidad						
ABSCISA FINAL 0+570		1	Piel de cocodrilo		m ²						
UNIDAD DE MUESTREO 4		2	Exudación		m ²						
ÁREA DE MUESTREO 300 m ²		3	Agrietamiento en bloque		m ²						
ANCHO DE CARRIL 7.40 m		4	Desnivel localizado		m						
TRAMO 1		5	Corrugación		m ²						
		6	Depresión		m ²						
		7	Grieta de borde		m						
		8	Grieta de reflexión de junta		m						
		9	Desnivel carril / espaldón		m						
		10	Grietas longitudinales y transversales		m						
		11	Parche		m ²						
		12	Agregado pulido		m ²						
		13	Huecos		U						
		14	Cruce de ferrocarril		m ²						
		15	Ahuellamiento		m ²						
		16	Desplazamiento		m ²						
		17	Grieta parabólica		m ²						
		18	Hinchamiento		m ²						
		19	Desprendimiento de agregados		m ²						
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
1		x		39.6				39.6	20.308	57	
10		x		10.3	7.1			17.4	8.923	17.5	
11		x		4.23				4.23	2.169	14	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		88.50	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								3			
Mayor valor deducido individual (HDV):								64			
Número admisible de valores deducidos (mi):								4.31			
N°	Valores deducidos			Total	mi		VDC				
1	57	17.5	14	88.5	3		56.5				
2	57	17.5	2	76.5	2		54.5				
3	57	2	2	61	1		61				
								Máx. (VDC):		61	
				PCI = 100 - Máx.(VDC)		39.00					



Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

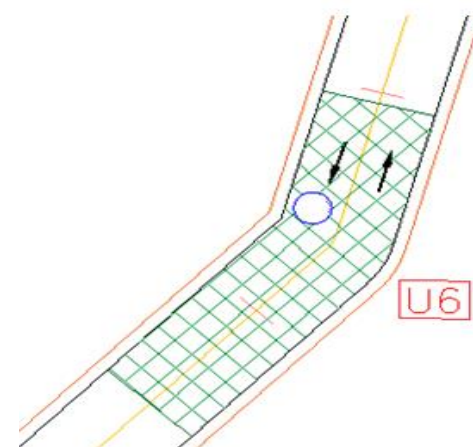
Anexo C-5. Índice de condición del pavimento – muestra 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL 0+720			N°	Fallas	Unidad					
ABSCISA FINAL 0+750			1	Piel de cocodrilo	m ²					
UNIDAD DE MUESTREO 5			2	Exudación	m ²					
ÁREA DE MUESTREO 300 m ²			3	Agrietamiento en bloque	m ²					
ANCHO DE CARRIL 7.40 m			4	Desnivel localizado	m					
TRAMO 1			5	Corrugación	m ²					
			6	Depresión	m ²					
			7	Grieta de borde	m					
			8	Grieta de reflexión de junta	m					
			9	Desnivel carril / espaldón	m					
			10	Grietas longitudinales y transversales	m					
			11	Parche	m ²					
			12	Agregado pulido	m ²					
			13	Huecos	U					
			14	Cruce de ferrocarril	m ²					
			15	Ahuellamiento	m ²					
			16	Desplazamiento	m ²					
			17	Grieta parabólica	m ²					
			18	Hinchamiento	m ²					
			19	Desprendimiento de agregados	m ²					
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
1			x	8.61				8.61	2.870	20
8			x	1.1				1.1	0.367	0
10			x	6.8	5.6	6		18.4	6.133	3
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		23.00
								CÁLCULO DE PCI		
								PCI = 100 - VDT		No aplica
Número de deducidos > 2 (q):								2		
Mayor valor deducido individual (HDVi):								20		
Número admisible de valores deducidos (mi):								8.35		
N°	Valores deducidos						Total	mi	VDC	
1	20	3	0				23	3	12	
2	20	3	2				25	2	18	
3	20	2	2				24	1	24	
								Máx. (VDC):		24
PCI = 100 - Máx.(VDC)						76.00				

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés



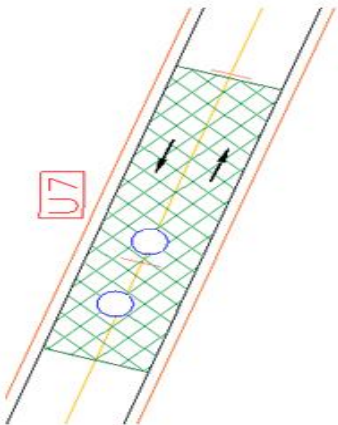
Anexo C-6. Índice de condición del pavimento – muestra 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro				FECHA: 15 de octubre del 2022				REALIZADO POR: Diego Reyes			
DATOS				TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="0+900"/>				Nº 1				Fallas Piel de cocodrilo			Unidad m ²
ABSCISA FINAL <input type="text" value="0+930"/>				2				Exudación			m ²
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="6"/>				3				Agrietamiento en bloque			m ²
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>				4				Desnivel localizado			m
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40m"/>				5				Corrugación			m ²
TRAMO <input type="text" value="1"/>				6				Depresión			m ²
				7				Grieta de borde			m
				8				Grieta de reflexión de junta			m
				9				Desnivel carril / espaldón			m
				10				Grietas longitudinales y transversales			m
				11				Parche			m ²
				12				Agregado pulido			m ²
				13				Huecos			U
				14				Cruce de ferrocarril			m ²
				15				Ahuellamiento			m ²
				16				Desplazamiento			m ²
				17				Grieta parabólica			m ²
				18				Hinchamiento			m ²
				19				Desprendimiento de agregados			m ²
FALLA Nº	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
10			x	8.5	3.8	5.6		17.9	5.967	5	
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									5.00		
CÁLCULO DE PCI											
PCI = 100 - VDT									95.00		





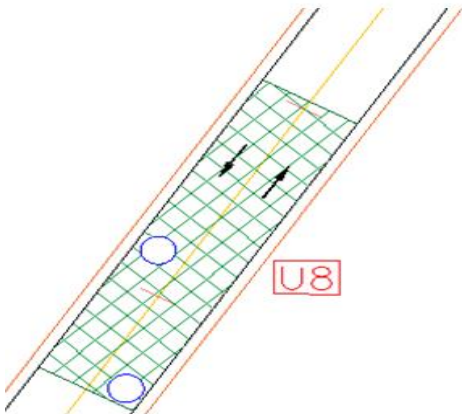
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-7. Índice de condición del pavimento – muestra 7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)												
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes						
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="1+080"/>			N°	Fallas		Unidad						
ABSCISA FINAL <input type="text" value="1+110"/>			1	Piel de cocodrilo		m ²						
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="7"/>			2	Exudación		m ²						
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque		m ²						
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40m"/>			4	Desnivel localizado		m						
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación		m ²						
			6	Depresión		m ²						
			7	Grieta de borde		m						
			8	Grieta de reflexión de junta		m						
			9	Desnivel carril / espaldón		m						
			10	Grietas longitudinales y transversales		m						
			11	Parche		m ²						
			12	Agregado pulido		m ²						
			13	Huecos		U						
			14	Cruce de ferrocarril		m ²						
			15	Ahuellamiento		m ²						
			16	Desplazamiento		m ²						
			17	Grieta parabólica		m ²						
			18	Hinchamiento		m ²						
			19	Desprendimiento de agregados		m ²						
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)									
10			x	7.3	5.3			12.6	4.200	2		
11			x	5				5	1.667	4		
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									6.00			
CÁLCULO DE PCI												
PCI = 100 - VDT									94.00			



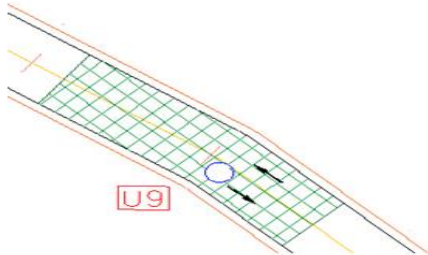
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-8. Índice de condición del pavimento – muestra 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes				
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="1+260"/>			N°	Fallas		Unidad				
ABSCISA FINAL <input type="text" value="1+290"/>			1	Piel de cocodrilo		m ²				
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="8"/>			2	Exudación		m ²				
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="300 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque		m ²				
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.40m"/>			4	Desnivel localizado		m				
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación		m ²				
			6	Depresión		m ²				
			7	Grieta de borde		m				
			8	Grieta de reflexión de junta		m				
			9	Desnivel carril / espaldón		m				
			10	Grietas longitudinales y transversales		m				
			11	Parche		m ²				
			12	Agregado pulido		m ²				
			13	Huecos		U				
			14	Cruce de ferrocarril		m ²				
			15	Ahuellamiento		m ²				
			16	Desplazamiento		m ²				
			17	Grieta parabólica		m ²				
			18	Hinchariento		m ²				
			19	Desprendimiento de agregados		m ²				
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
1			x	2	6.1	0.84		8.94	2.980	21
10		x		2.4				2.4	0.800	1
11			x	0.99				0.99	0.330	0
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									22.00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									78.00	



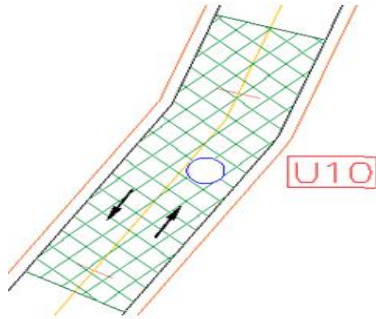
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-9. Índice de condición del pavimento – muestra 9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS		TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL 1+440	N°	Fallas		Unidad							
	1	Piel de cocodrilo		m ²							
	2	Exudación		m ²							
	3	Agrietamiento en bloque		m ²							
ABSCISA FINAL 1+470	4	Desnivel localizado		m							
	5	Corrugación		m ²							
UNIDAD DE MUESTREO 9	6	Depresión		m ²							
	7	Grieta de borde		m							
ÁREA DE MUESTREO 276 m ²	8	Grieta de reflexión de junta		m							
	9	Desnivel carril / espaldón		m							
ANCHO DE CARRIL 7.20 m	10	Grietas longitudinales y transversales		m							
	11	Parche		m ²							
TRAMO 1	12	Agregado pulido		m ²							
	13	Huecos		U							
	14	Cruce de ferrocarril		m ²							
	15	Ahuellamiento		m ²							
	16	Desplazamiento		m ²							
	17	Grieta parabólica		m ²							
	18	Hinchamiento		m ²							
	19	Desprendimiento de agregados		m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
1		x		75.9				75.9	38.923	64	
10		x		6.5				6.5	3.333	8	
11			x	7.15				7.15	3.667	8	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		80.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								3			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								64			
Número admisible de valores deducidos (mi):								4.31			
N°	Valores deducidos				Total	mi		VDC			
1	64	13		8	85	3		55			
2	64	13		2	79	2		57			
3	64	2		2	68	1		67			
								Máx. (VDC):		67	
				PCI = 100 - Máx.(VDC)				33.00			



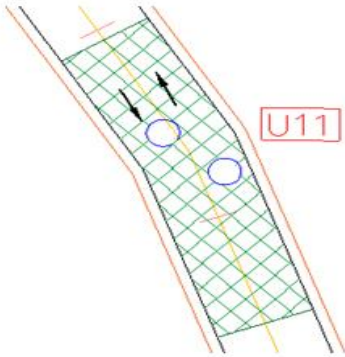
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-10. Índice de condición del pavimento – muestra 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro				FECHA: 15 de octubre del 2022		REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS		TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA					
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="1+620"/>	N°	Fallas		Unidad							
	1	Piel de cocodrilo		m ²							
	2	Exudación		m ²							
	3	Agrietamiento en bloque		m ²							
ABSCISA FINAL <input type="text" value="1+650"/>	4	Desnivel localizado		m							
	5	Corrugación		m ²							
	6	Depresión		m ²							
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="10"/>	7	Grieta de borde		m							
	8	Grieta de reflexión de junta		m							
	9	Desnivel carril / espaldón		m							
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="276 m²"/>	10	Grietas longitudinales y transversales		m							
	11	Parche		m ²							
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.20 m"/>	12	Agregado pulido		m ²							
	13	Huecos		U							
	14	Cruce de ferrocarril		m ²							
	15	Ahuellamiento		m ²							
TRAMO <input type="text" value="1"/>	16	Desplazamiento		m ²							
	17	Grieta parabólica		m ²							
	18	Hincharamiento		m ²							
	19	Desprendimiento de agregados		m ²							
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
1		x		6.6				6.6	2.391	30	
10			x	7				7	2.536	1	
11		x		3	0.3	5.06		8.36	3.029	18	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		49.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):								2			
Mayor valor deducido individual (HDVi):								20			
Número admisible de valores deducidos (mi):								8.35			
N°	Valores deducidos				Total	mi		VDC			
1	30	18	1		49	3		31			
2	30	18	2		50	2		37			
3	30	2	2		34	1		34			
								Máx. (VDC):		37	
				PCI = 100 - Máx.(VDC)		63.00					



Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-11. Índice de condición del pavimento – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)														
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro		FECHA: 15 de octubre del 2022		REALIZADO POR: Diego Reyes										
DATOS		TIPOS DE FALLAS		ESQUEMA										
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="1+800"/>		N° 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	Fallas Piel de cocodrilo Exudación Agrietamiento en bloque Desnivel localizado Corrugación Depresión Grieta de borde Grieta de reflexión de junta Densidad carril / espaldón Grietas longitudinales y transversales Parche Agregado pulido Huecos Cruce de ferrocarril Ahuellamiento Desplazamiento Grieta parabólica Hinchamiento Desprendimiento de agregados	Unidad m ² m ² m ² m m ² m ² m m m m m ² m ² U m ² m ² m ² m ² m ² m ²										
ABSCISA FINAL <input type="text" value="1+830"/>														
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="11"/>														
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="195 m<sup>2</sup>"/>														
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.30m"/>														
TRAMO <input type="text" value="1"/>														
FALLA N°	SEVERIDAD					CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	ALTO (H)					MEDIO (M)	BAJO (L)							
1						x		0.27	4.55			4.82	2.472	30
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									30.00					
CÁLCULO DE PCI														
PCI = 100 - VDT									70.00					

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés



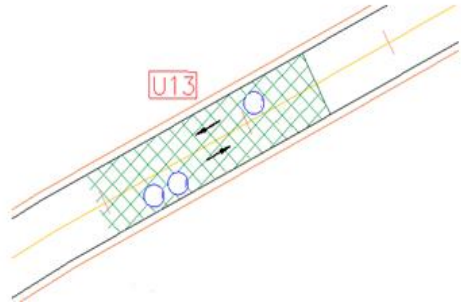
Anexo C-12. Índice de condición del pavimento – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)			
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro		FECHA: 15 de octubre del 2022	
DATOS		TIPOS DE FALLAS	
		ESQUEMA	
ABSCISA INICIAL 1+980	N°	Fallas	Unidad
ABSCISA FINAL 2+010	1	Piel de cocodrilo	m ²
UNIDAD DE MUESTREO 12	2	Exudación	m ²
ÁREA DE MUESTREO 195 m ²	3	Agrietamiento en bloque	m ²
ANCHO DE CARRIL 7.40m	4	Desnivel localizado	m
TRAMO 1	5	Corrugación	m ²
	6	Depresión	m ²
	7	Grieta de borde	m
	8	Grieta de reflexión de junta	m
	9	Desnivel carril / espaldón	m
	10	Grietas longitudinales y transversales	m
	11	Parche	m ²
	12	Agregado pulido	m ²
	13	Huecos	U
	14	Cruce de ferrocarril	m ²
	15	Ahuellamiento	m ²
	16	Desplazamiento	m ²
	17	Grieta parabólica	m ²
	18	Hinchamiento	m ²
	19	Desprendimiento de agregados	m ²

FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
7			x	14.4				14.4	4.800	4
10			x	16.5	10			26.5	8.833	8
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)									12.00	
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT									88.00	



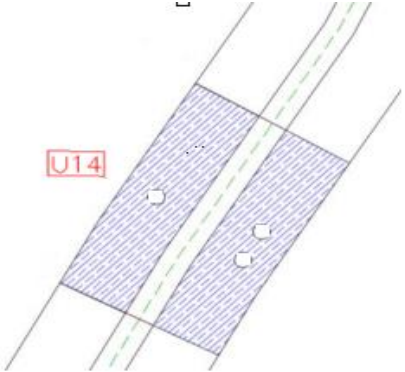
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-13. Índice de condición del pavimento – muestra 13

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro				FECHA: 15 de octubre del 2022				REALIZADO POR: Diego Reyes		
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA			
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="2+160"/>			N°	Fallas		Unidad				
ABSCISA FINAL <input type="text" value="2+190"/>			1	Piel de cocodrilo		m ²				
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="13"/>			2	Exudación		m ²				
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="195 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque		m ²				
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.20m"/>			4	Desnivel localizado		m				
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación		m ²				
			6	Depresión		m ²				
			7	Grieta de borde		m				
			8	Grieta de reflexión de junta		m				
			9	Desnivel carril / espaldón		m				
			10	Grietas longitudinales y transversales		m				
			11	Parche		m ²				
			12	Agregado pulido		m ²				
			13	Huecos		U				
			14	Cruce de ferrocarril		m ²				
			15	Ahuellamiento		m ²				
			16	Desplazamiento		m ²				
			17	Grieta parabólica		m ²				
			18	Hincharamiento		m ²				
			19	Desprendimiento de agregados		m ²				
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
1		x		0.32	0.33	0.98		1.63	0.591	8
10		x		2.8	9.3			12.1	4.384	2
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		10.00
CÁLCULO DE PCI										
								PCI = 100 - VDT		90.00



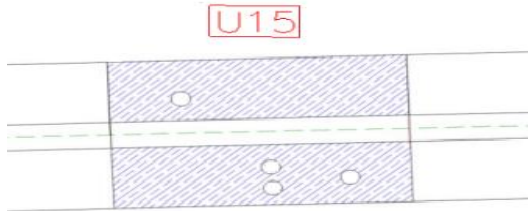
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-14. Índice de condición del pavimento – muestra 14

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)										
PROYECTO: Vía Ambato - Píllaro		FECHA: 15 de octubre del 2022								
REALIZADO POR: Diego Reyes										
DATOS		TIPOS DE FALLAS		ESQUEMA						
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="2+340"/>		N° 1								
ABSCISA FINAL <input type="text" value="2+370"/>		Fallas 2								
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="14"/>		3								
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="195 m²"/>		4								
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="7.30m"/>		5								
TRAMO <input type="text" value="1"/>		6								
		7								
		8								
		9								
		10								
		11								
		12								
		13								
		14								
		15								
		16								
		17								
		18								
		19								
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)							
10		x		12.7	26.1			38.8	19.897	25
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)										25.00
CÁLCULO DE PCI										
PCI = 100 - VDT										75.00

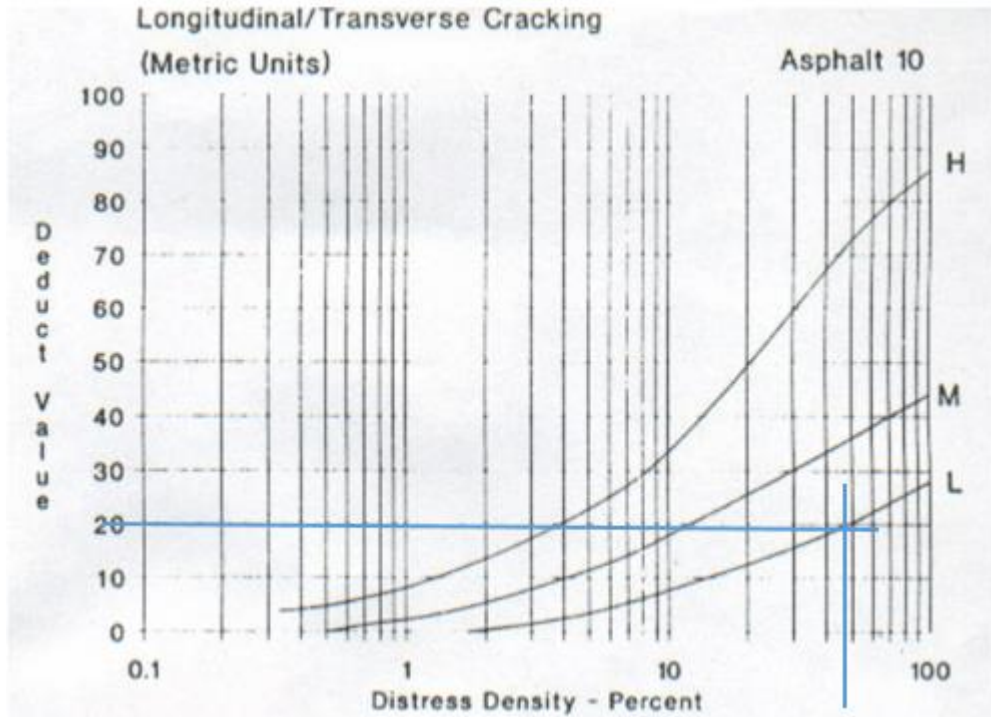
Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-15. Índice de condición del pavimento – muestra 15

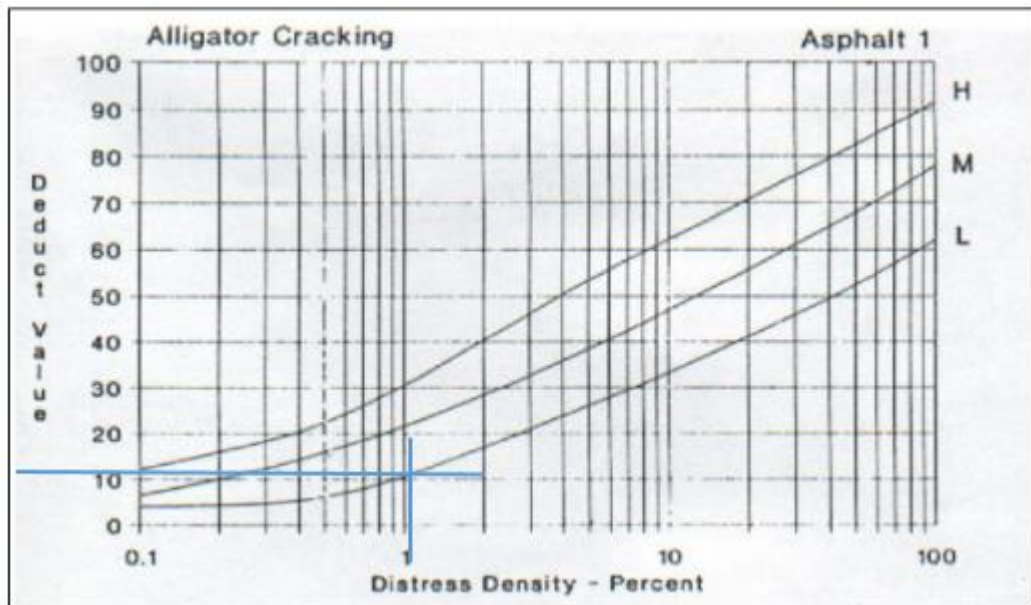
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (P.C.I.)											
PROYECTO: Vía Ambato - Pillaro			FECHA: 15 de octubre del 2022			REALIZADO POR: Diego Reyes					
DATOS			TIPOS DE FALLAS				ESQUEMA				
ABSCISA INICIAL <input type="text" value="2+520"/>			N°	Fallas			Unidad				
ABSCISA FINAL <input type="text" value="2+550"/>			1	Piel de cocodrilo			m ²				
UNIDAD DE MUESTREO <input type="text" value="15"/>			2	Exudación			m ²				
ÁREA DE MUESTREO <input type="text" value="195 m²"/>			3	Agrietamiento en bloque			m ²				
ANCHO DE CARRIL <input type="text" value="10 m"/>			4	Desnivel localizado			m				
TRAMO <input type="text" value="1"/>			5	Corrugación			m ²				
			6	Depresión			m ²				
			7	Grieta de borde			m				
			8	Grieta de reflexión de junta			m				
			9	Desnivel carril / espaldón			m				
			10	Grietas longitudinales y transversales			m				
			11	Parche			m ²				
			12	Agregado pulido			m ²				
			13	Huecos			U				
			14	Cruce de ferrocarril			m ²				
			15	Ahuellamiento			m ²				
			16	Desplazamiento			m ²				
			17	Grieta parabólica			m ²				
			18	Hinchamiento			m ²				
			19	Desprendimiento de agregados			m ²				
FALLA N°	SEVERIDAD			CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
	ALTO (H)	MEDIO (M)	BAJO (L)								
1		x		0.95				0.95	0.487	16	
10		x		11.25	3.25	8.2		22.7	11.641	28	
13			x	1				1	0.513	11	
								VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)		55.00	
								CÁLCULO DE PCI			
								PCI = 100 - VDT		No aplica	
Número de deducidos > 2 (q):				3							
Mayor valor deducido individual (HDV):				28							
Número admisible de valores deducidos (mi):				7.61							
N°	Valores deducidos			Total	mi	VDC					
1	28	16	11	55	3	35					
2	28	16	2	46	2	34.5					
3	28	2	2	32	1	32					
								Máx. (VDC):		35	
PCI = 100 - Máx.(VDC)								65.00			

Autor: Diego Alejandro Reyes Cortés

Anexo C-16. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 1



Anexo C-17. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 2



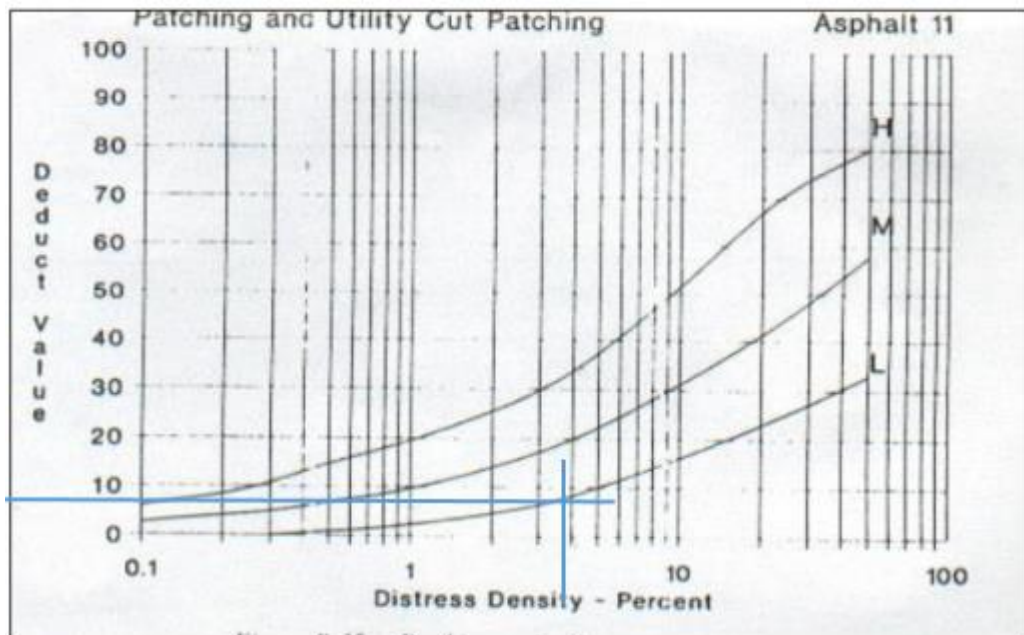
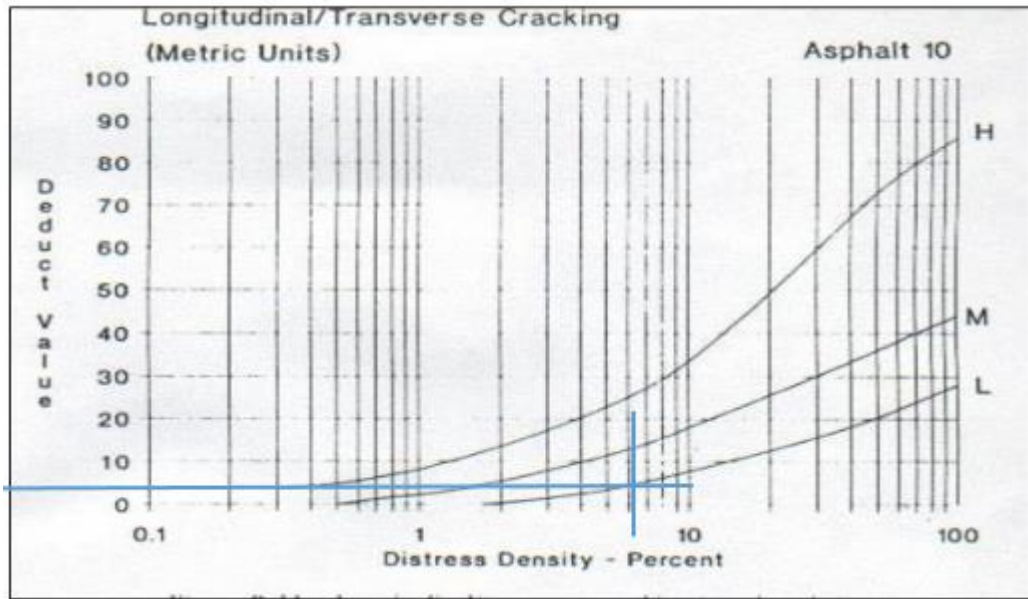
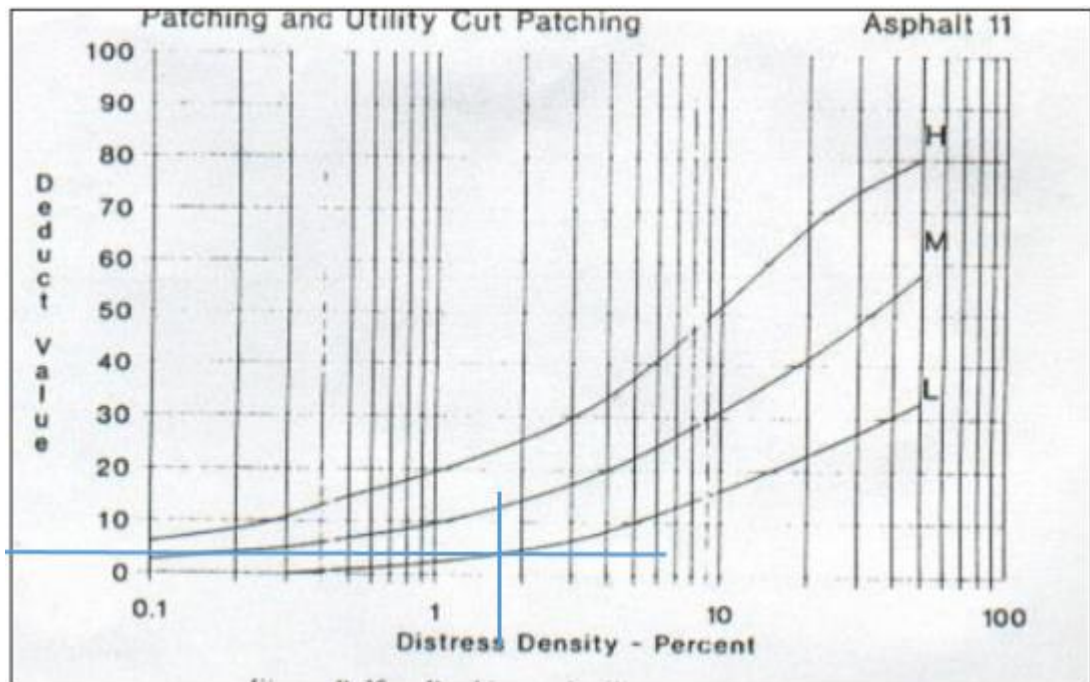
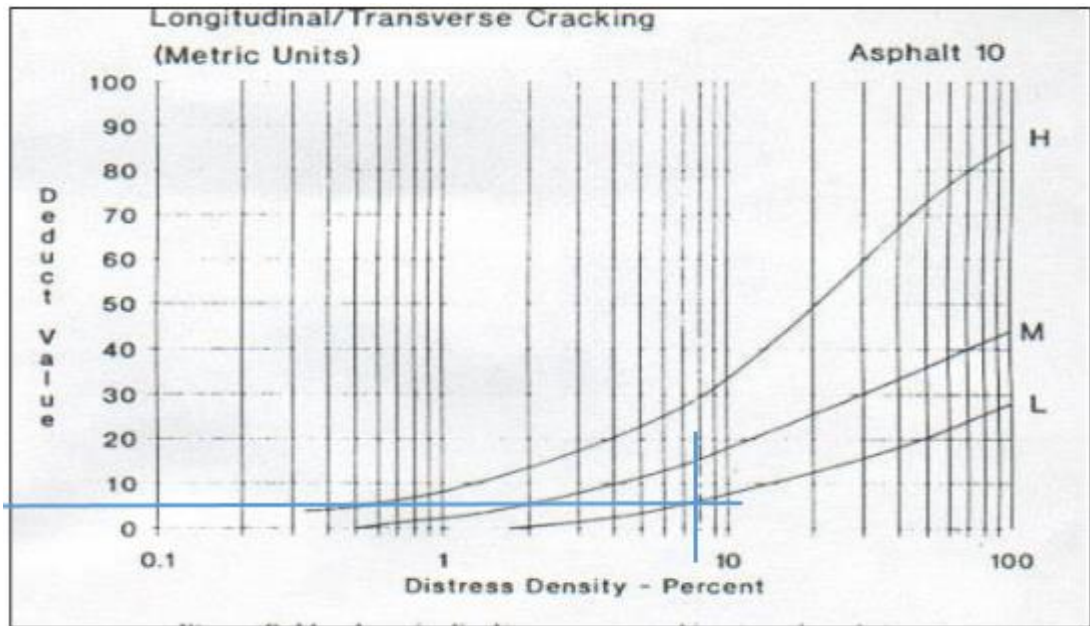


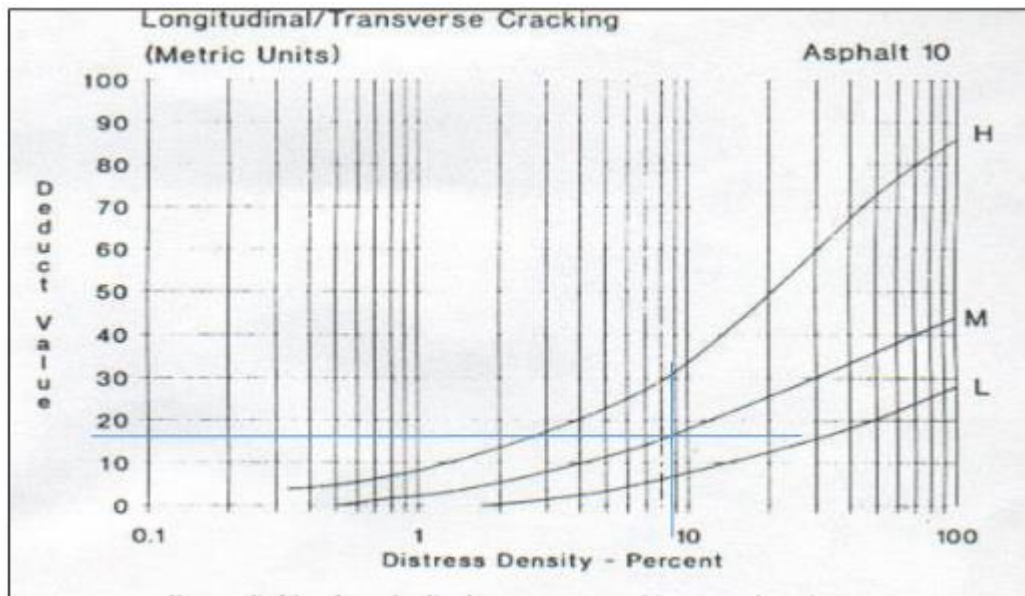
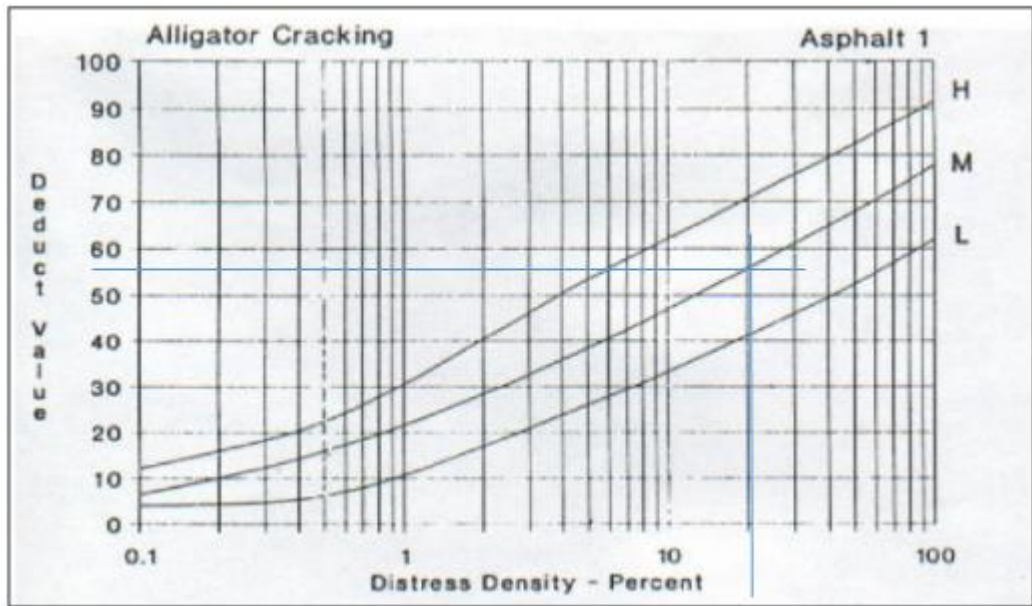
Figura 10. Ábaco de valores deducidos para falla 11 parche

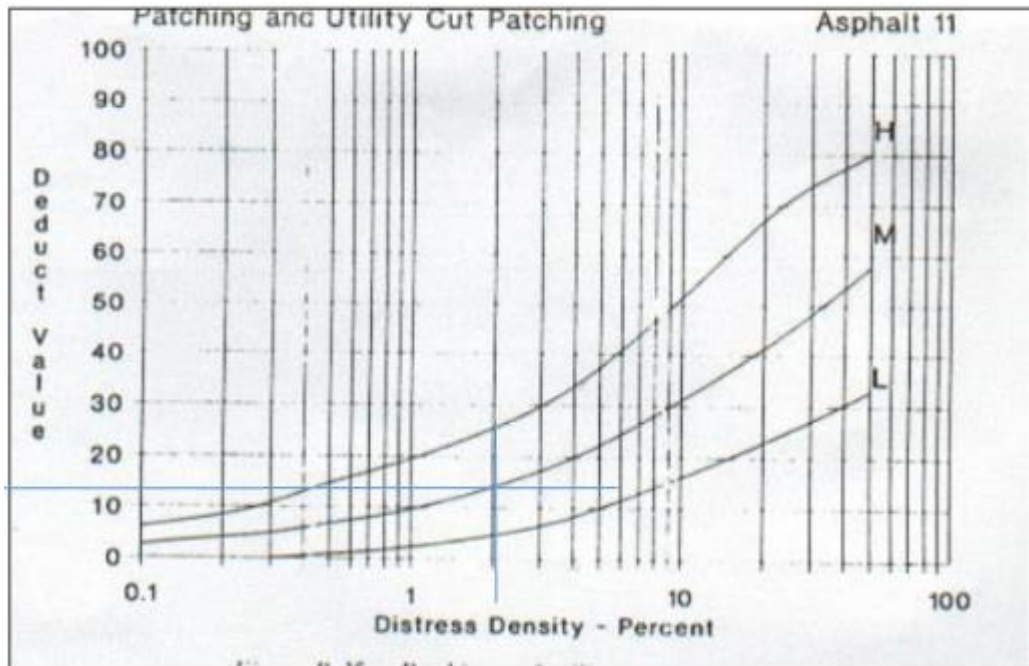
Fuente: Pavement Condition Index, 2002

Anexo C-18. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 3

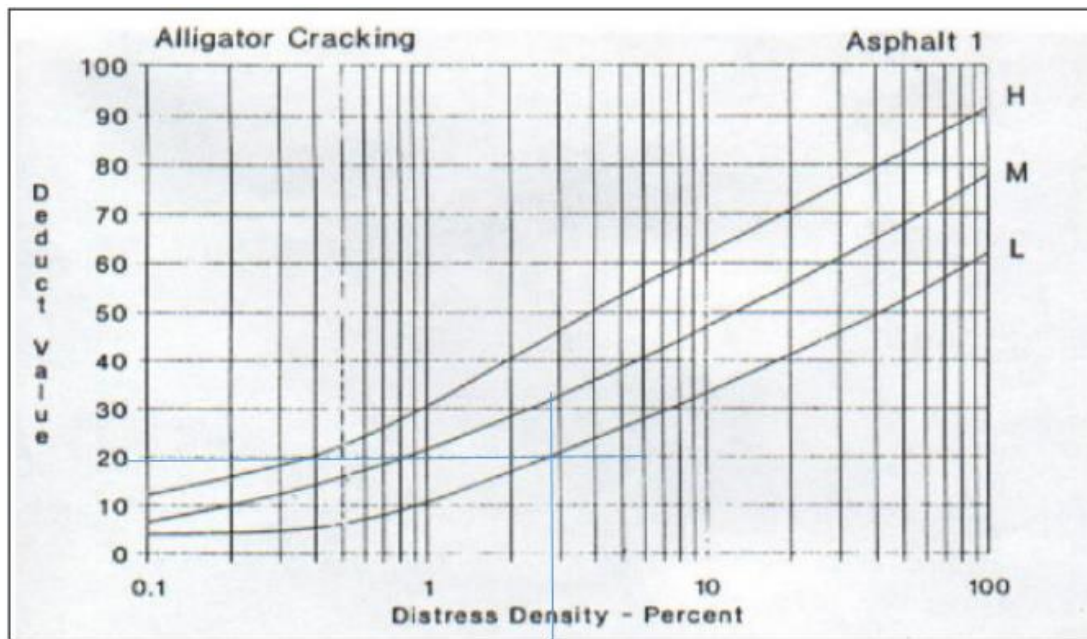


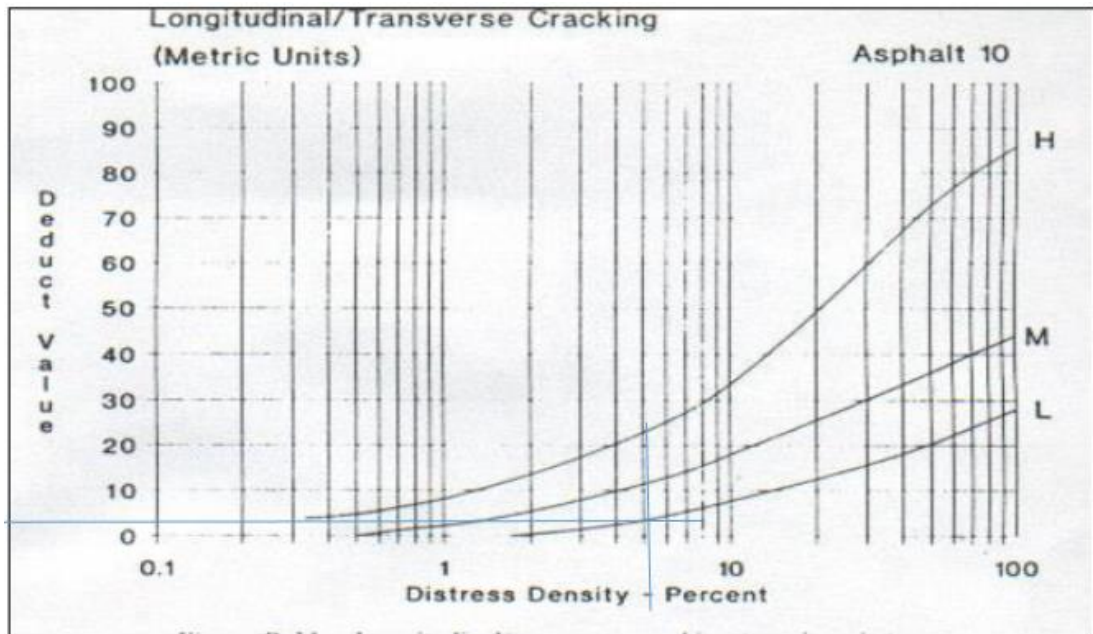
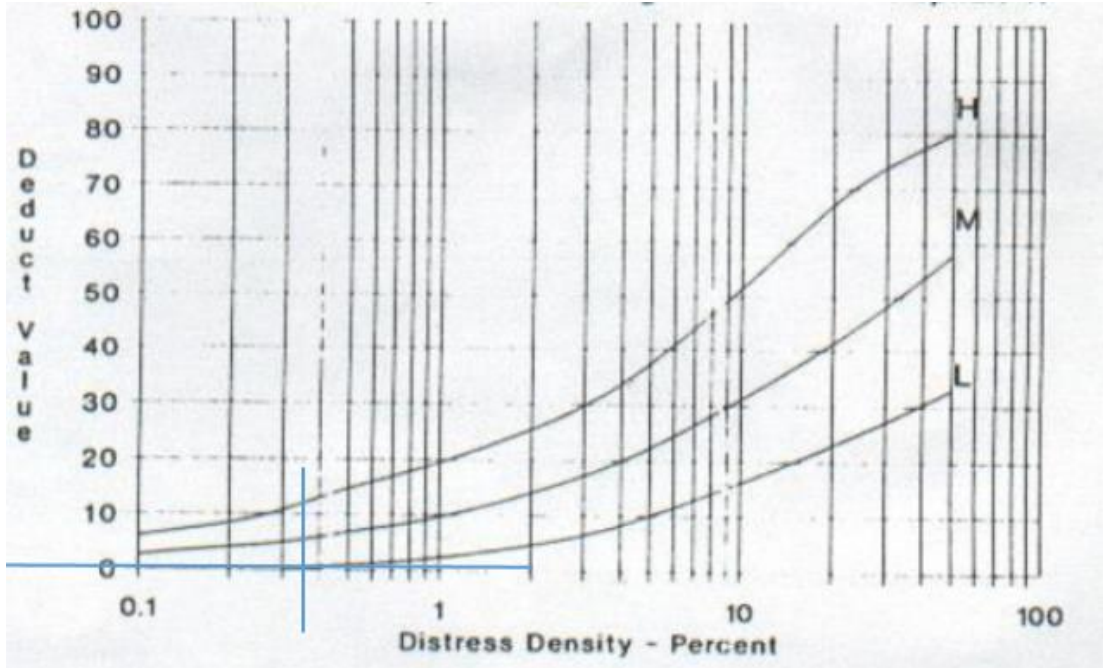
Anexo C-19. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 4



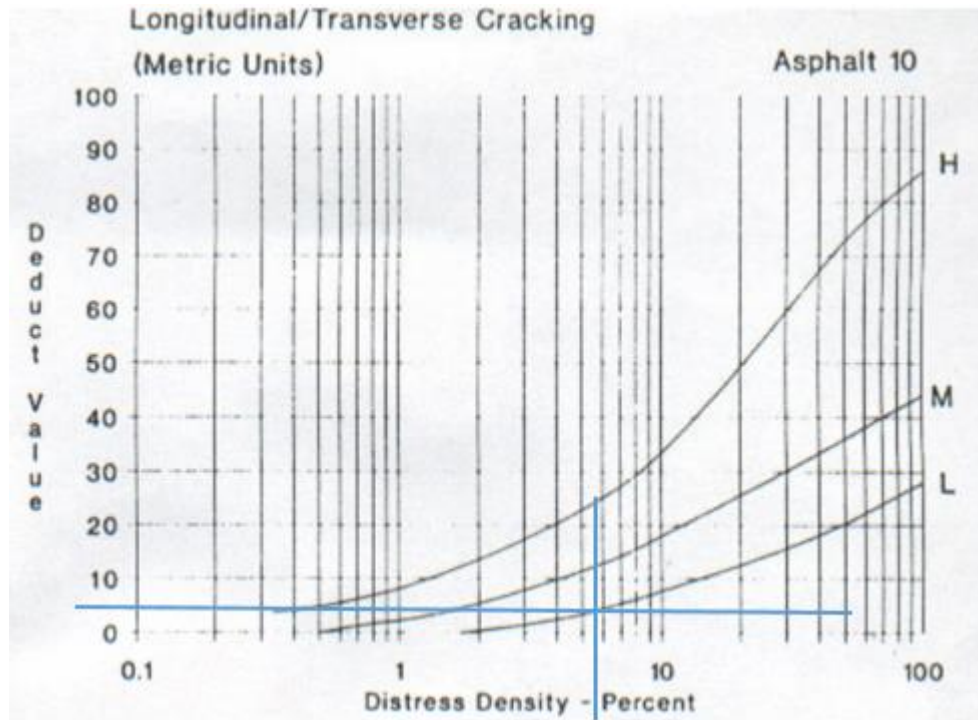


Anexo C-20. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 5

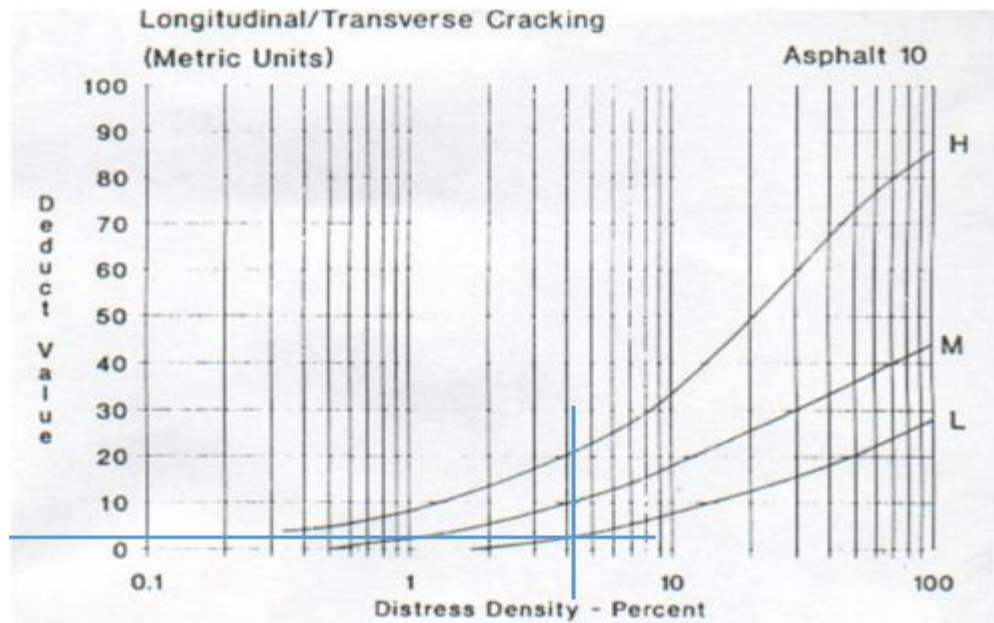


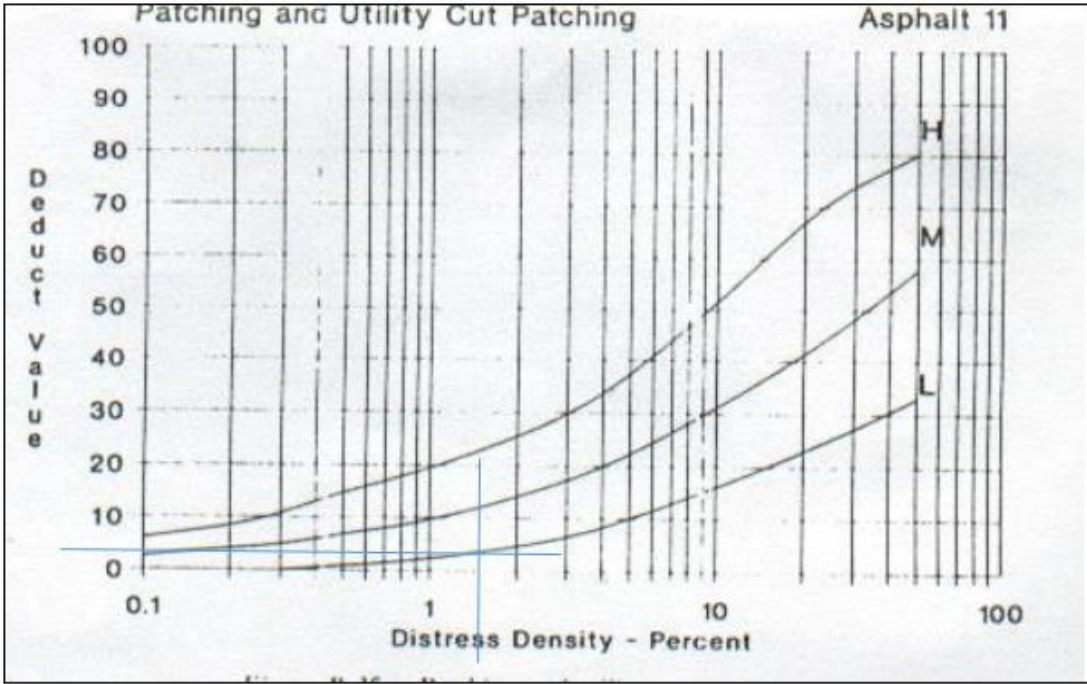


Anexo C-21. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 6

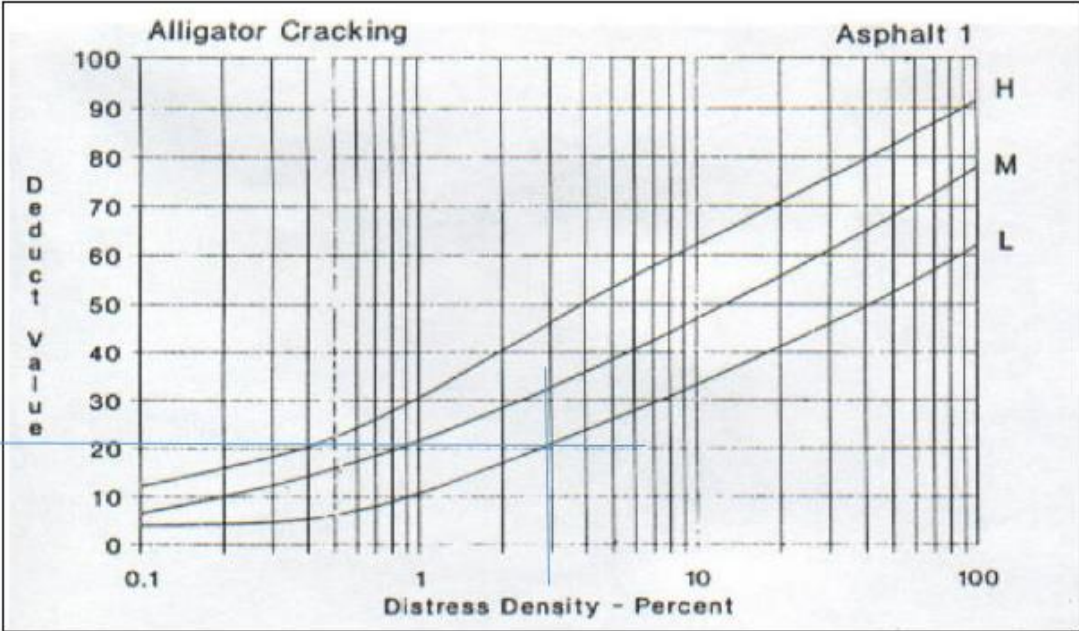


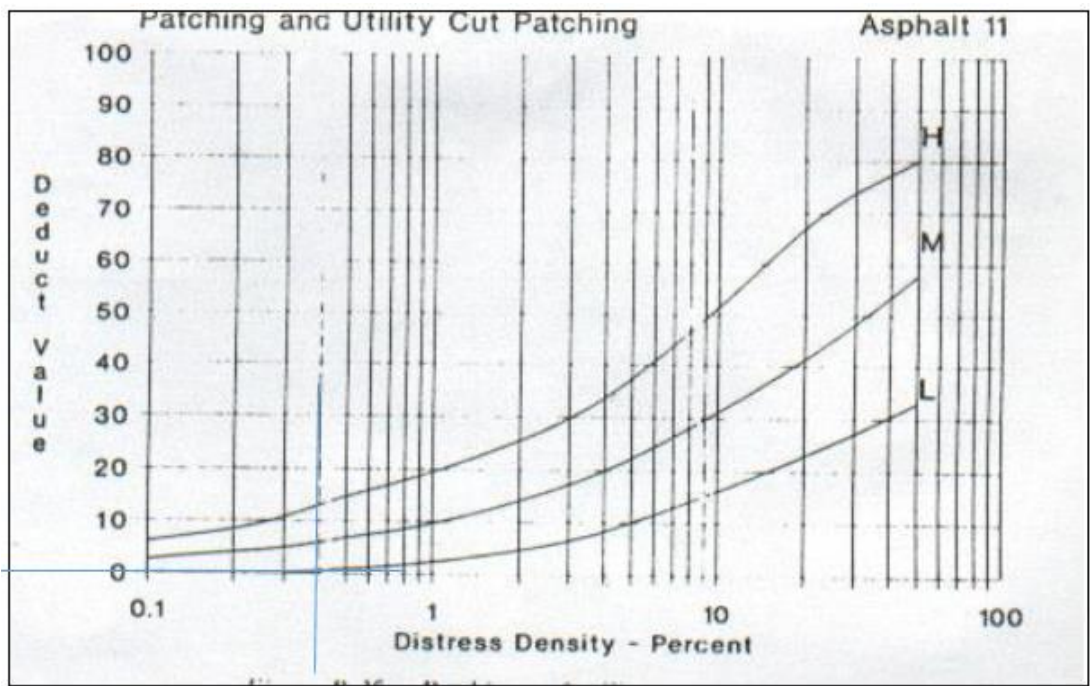
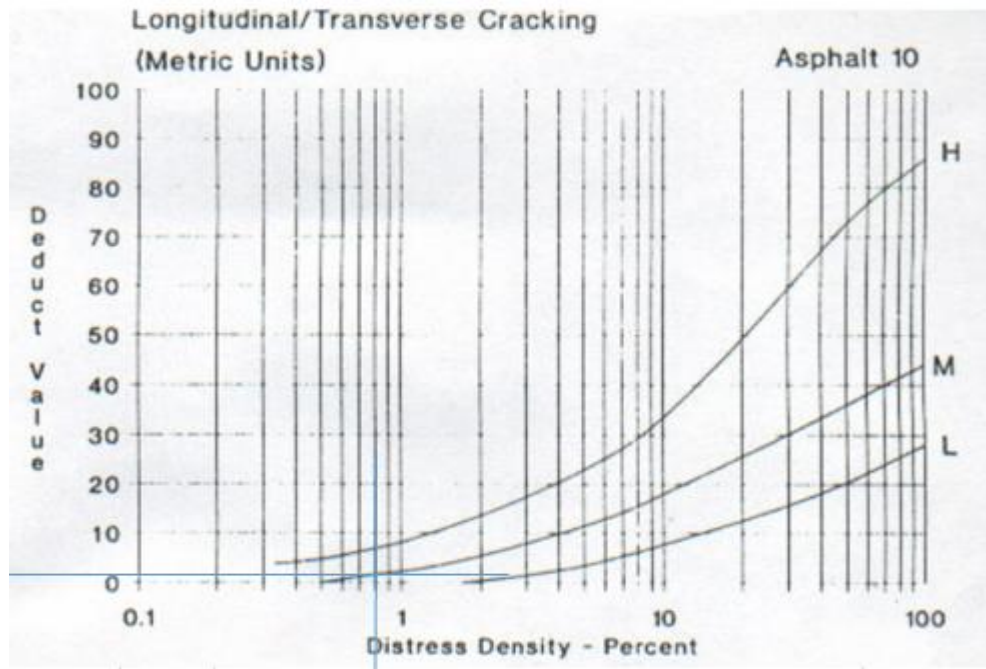
Anexo C-22. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 7



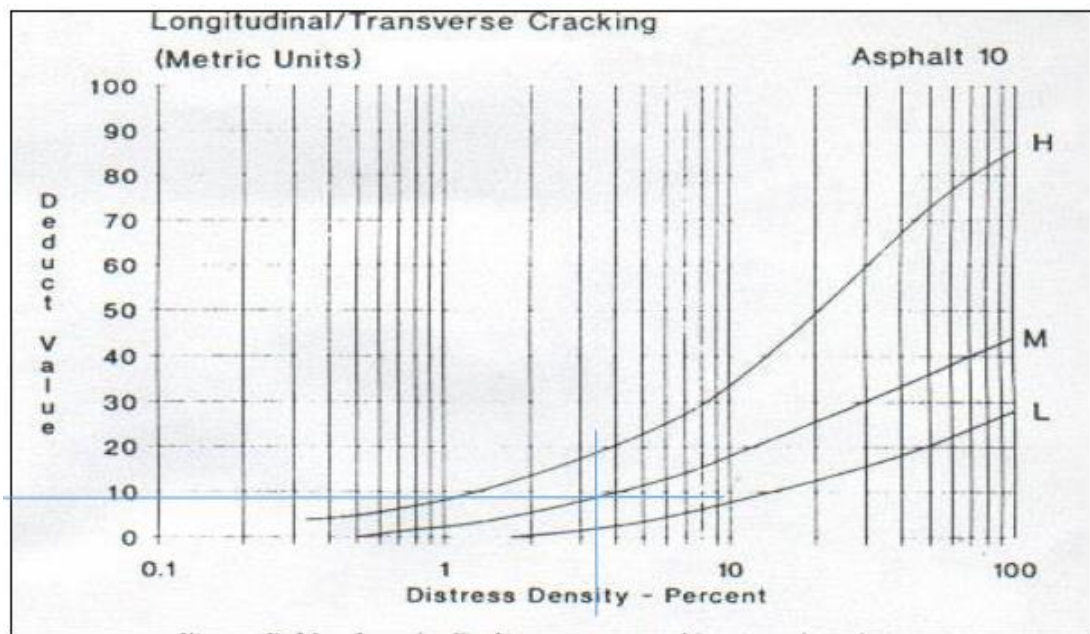
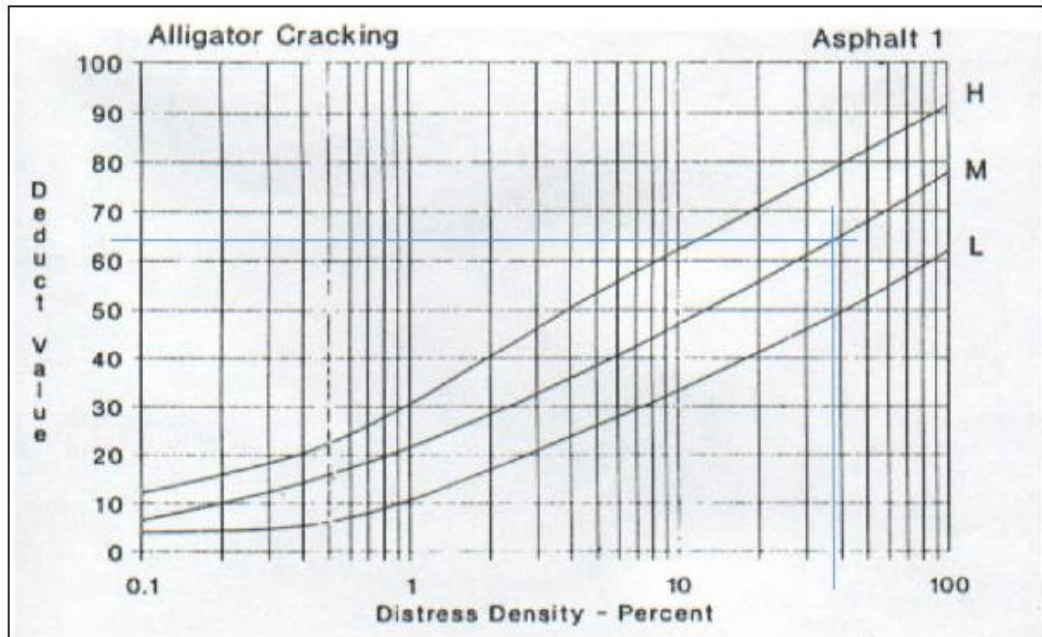


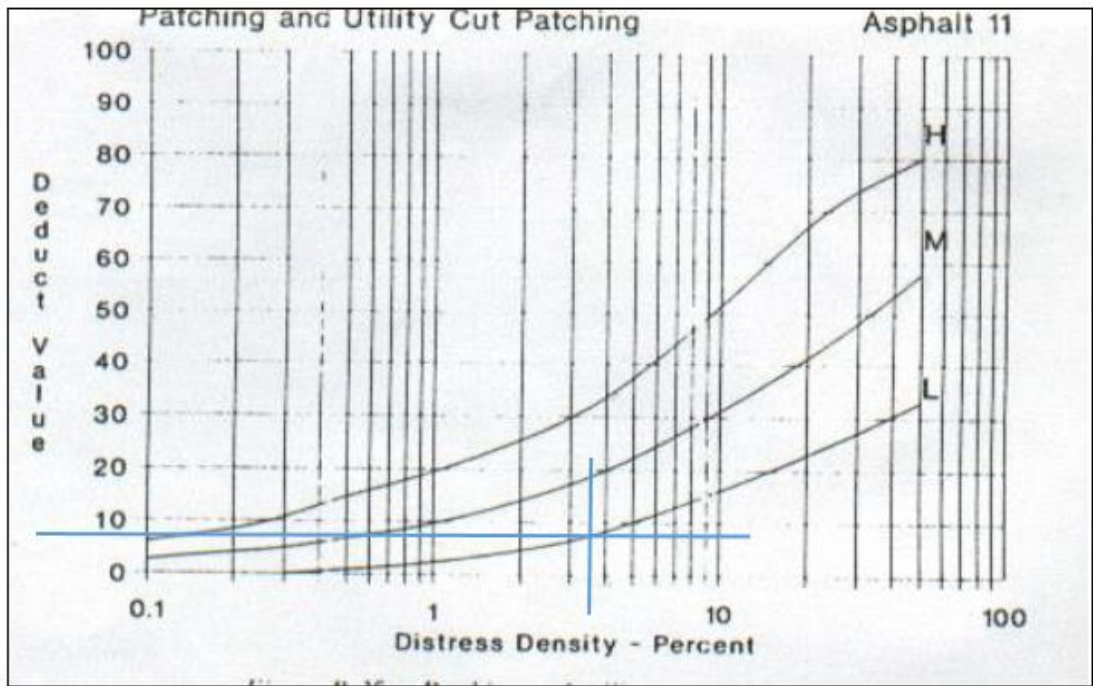
Anexo C-23. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 8



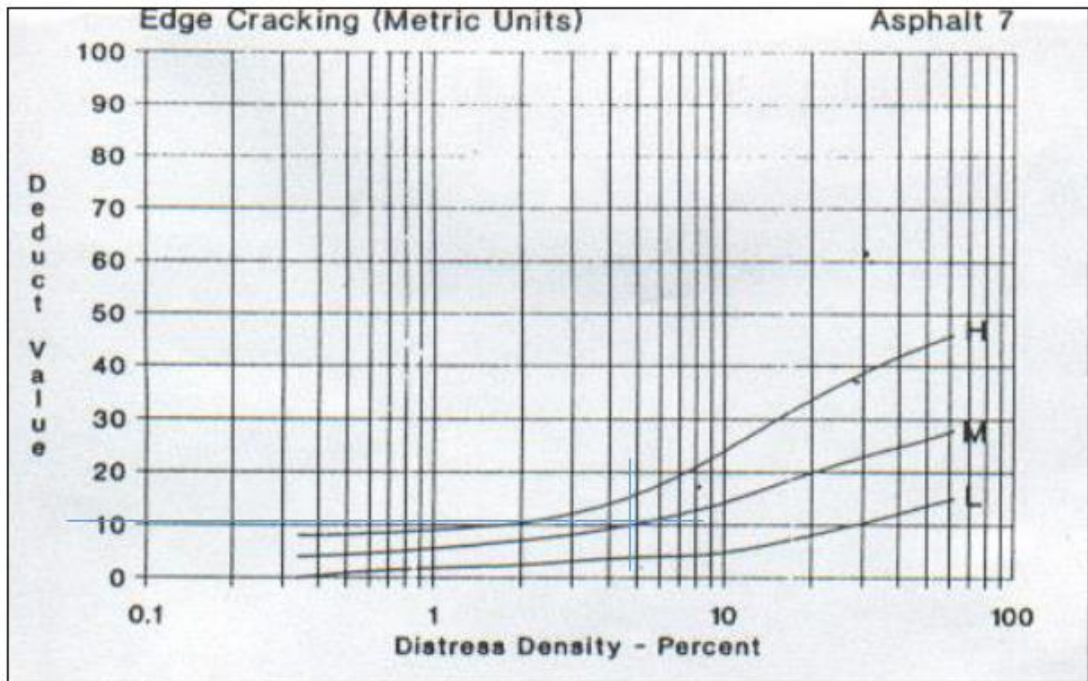


Anexo C-24. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 9

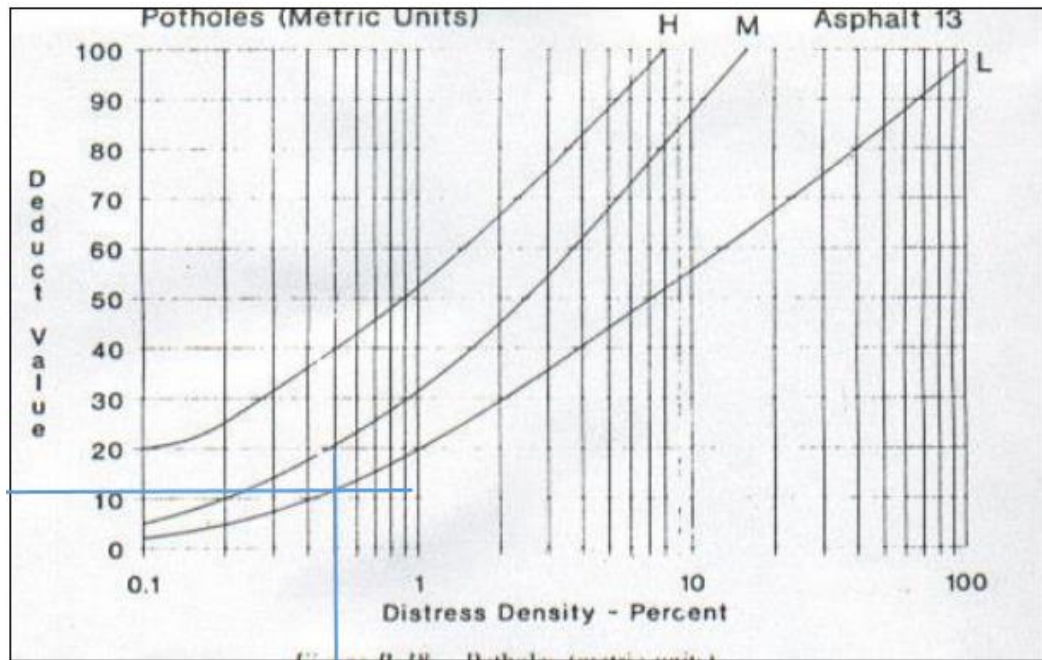




Anexo C-25. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 10



Anexo D-26. Ábacos utilizados para los valores deducidos de la muestra 15



Anexo C-27. Curvas para hallar el Valor Deducido Corregido (VDC), aplicadas en las muestras: 2, 3, 4, 5, 9, 10 y 15

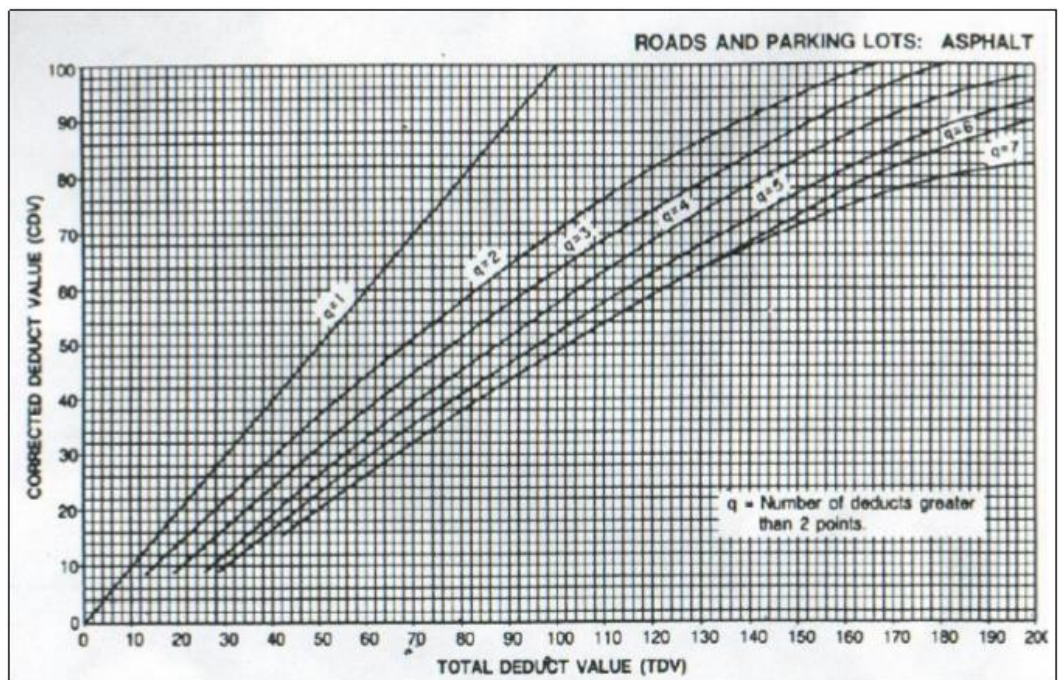


Figura 9. Curvas para el cálculo del valor deducido corregido (CDV)

Fuente: Pavement Condition Index, 2002

ANEXO D
ARCHIVO
FOTOGRAFICO

Anexo D-1. Fotografías



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



Tema: Plan de conservación para la estructura del pavimento de la vía Ambato - Píllaro desde el tramo vial desde el puente sobre el río Culapachán hasta el redondel de ingreso a Píllaro.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



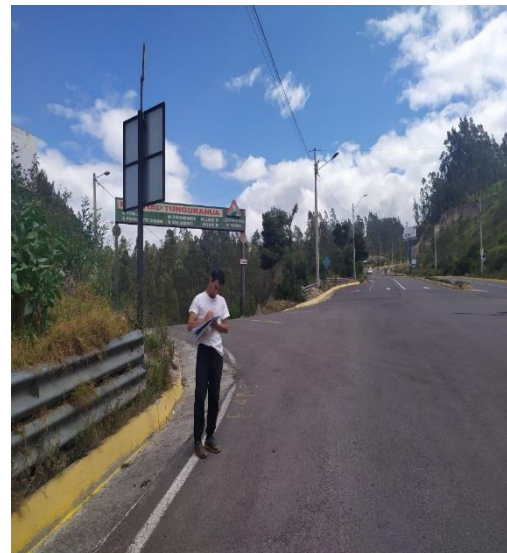
Extracción de las muestras de suelo en la vía



Recorrido de la vía por inspección visual



Medición de las fallas presentes en la vía (PCI)



Conteo Vehicular en vía



Tamización de las muestras para Granulometría



Muestras de suelo ensayadas en laboratorio

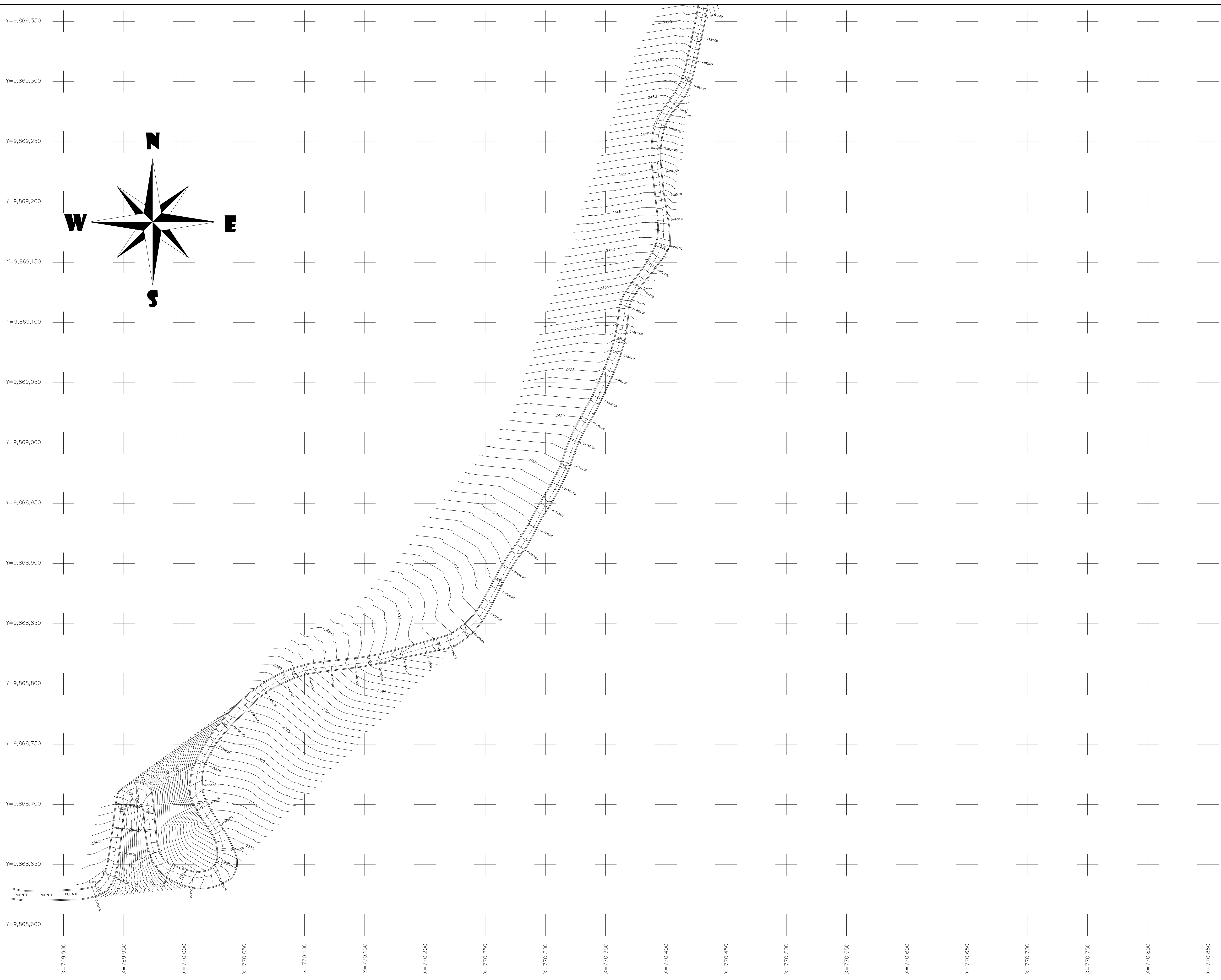


Ejecución del ensayo de compactación (Proctor Modificado)



Secado en el horno de muestras de suelo previamente ensayadas

ANEXO E
PLANOS DE LA VÍA
AMBATO -
PÍLLARO



INSTITUCIÓN

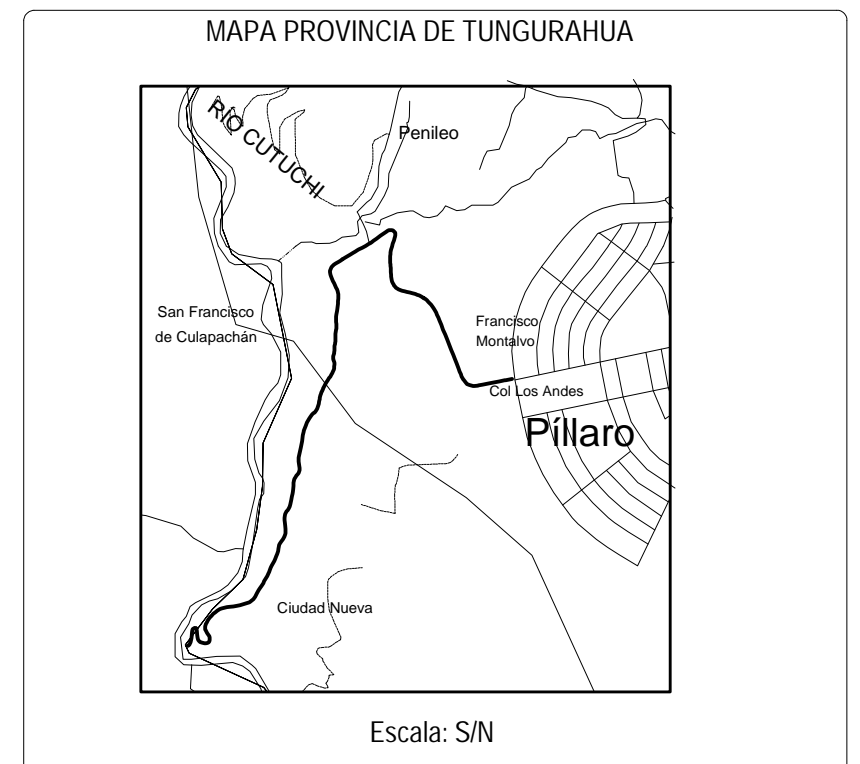


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



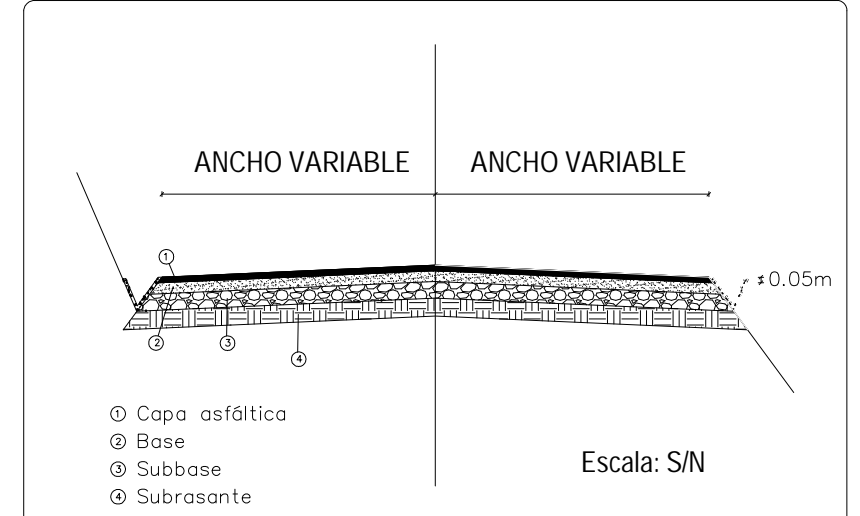
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN



Escala: S/N

SECCIÓN TÍPICA



Escala: S/N

PROYECTO:

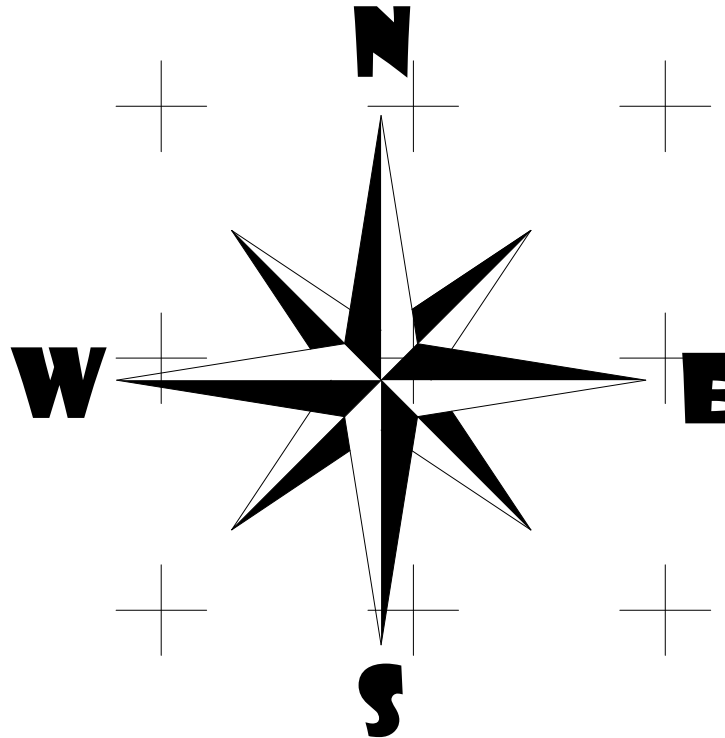
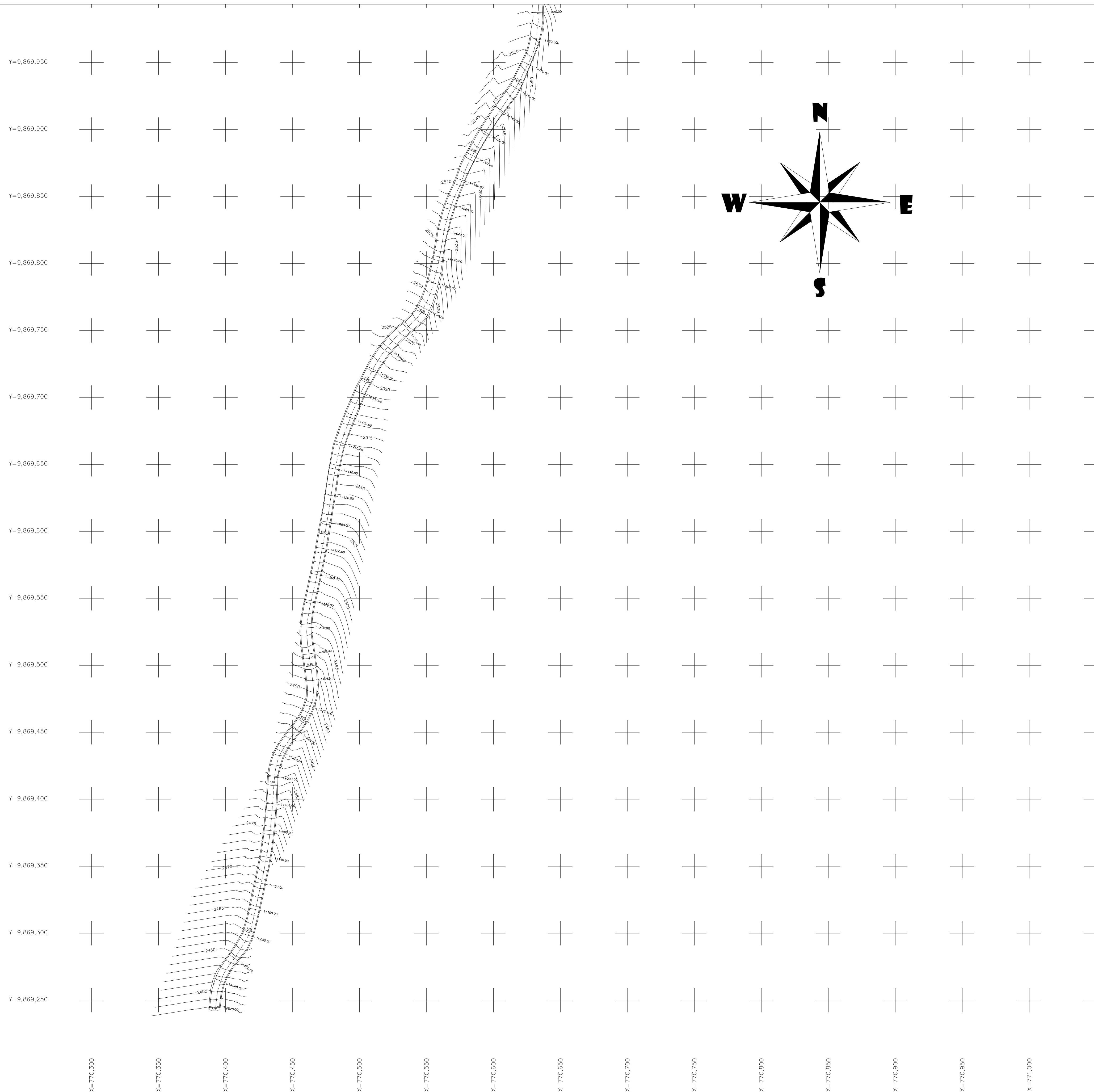
PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VIA AMBATO - PILLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CUALPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PILLARO (3.776KM DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA)

AUTOR: DIEGO ALEJANDRO REYES CORTES

PROVINCIA: TUNGURAHUA ESCALA: 1:1500 FECHA: ENERO - 2023

SECCIÓN: Abs Inicial: 0+000 Abs Final: 3+776

CONTIENE: ABSICSIDO VIA AMBATO - PILLARO TUTOR: ING. GALO NUÑEZ



INSTITUCIÓN

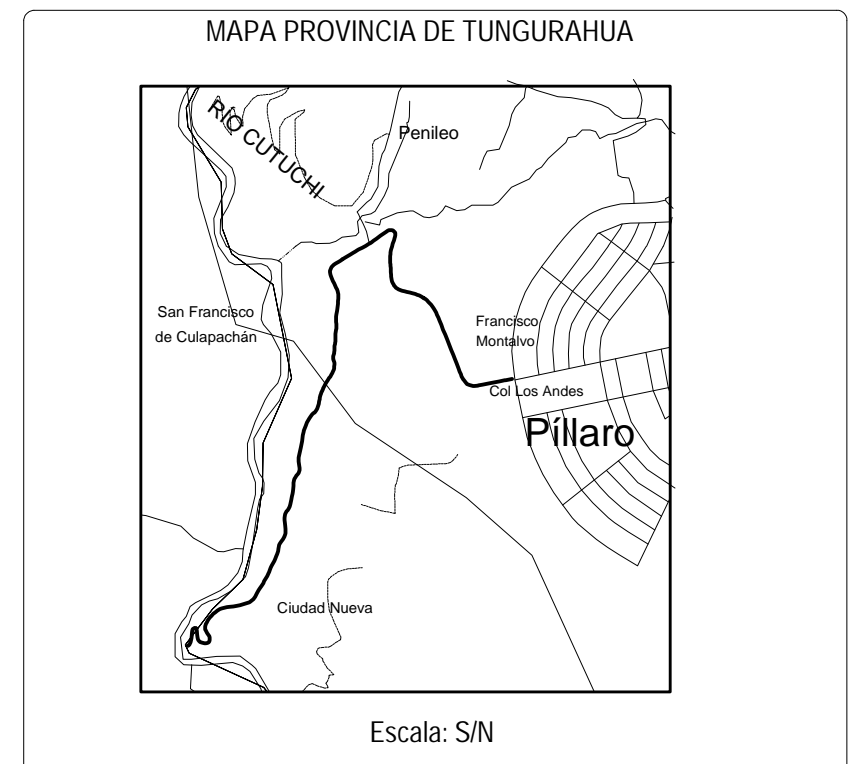


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

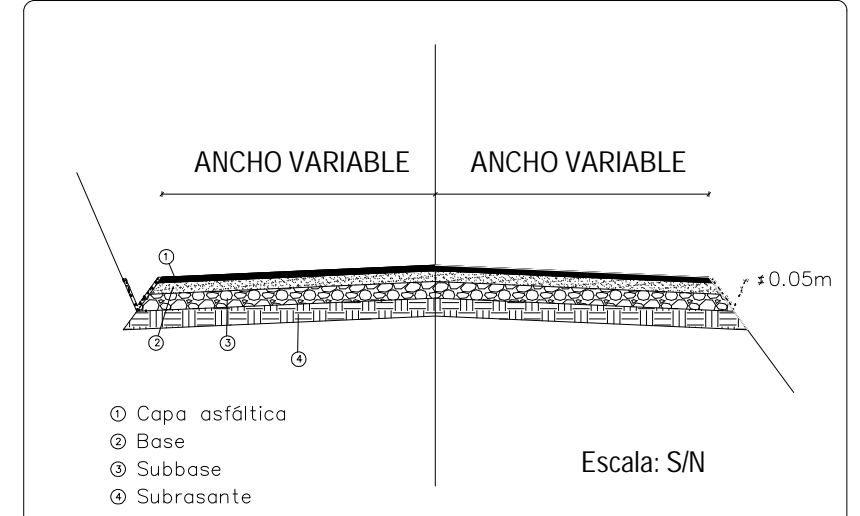


FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN



SECCIÓN TÍPICA



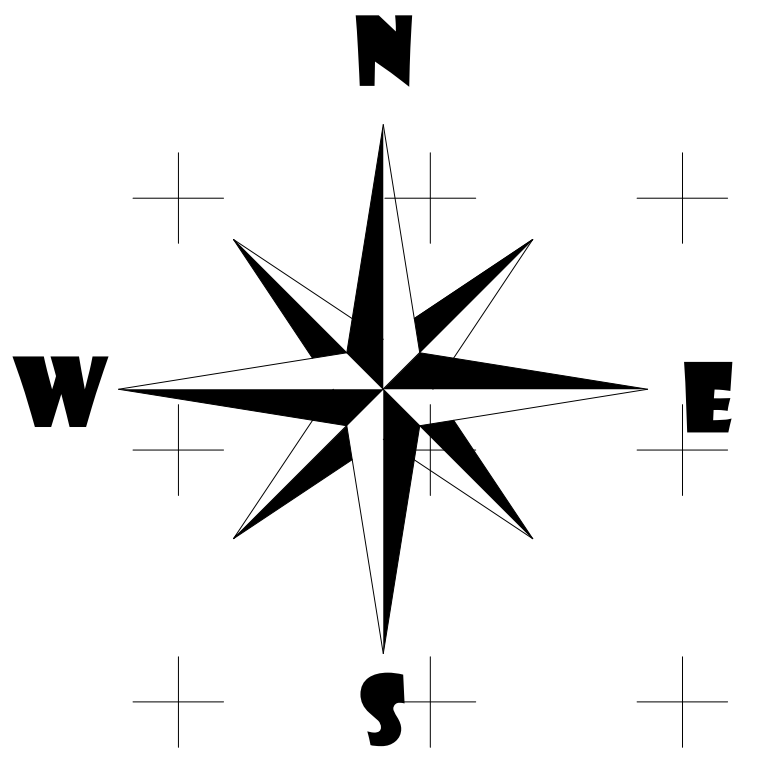
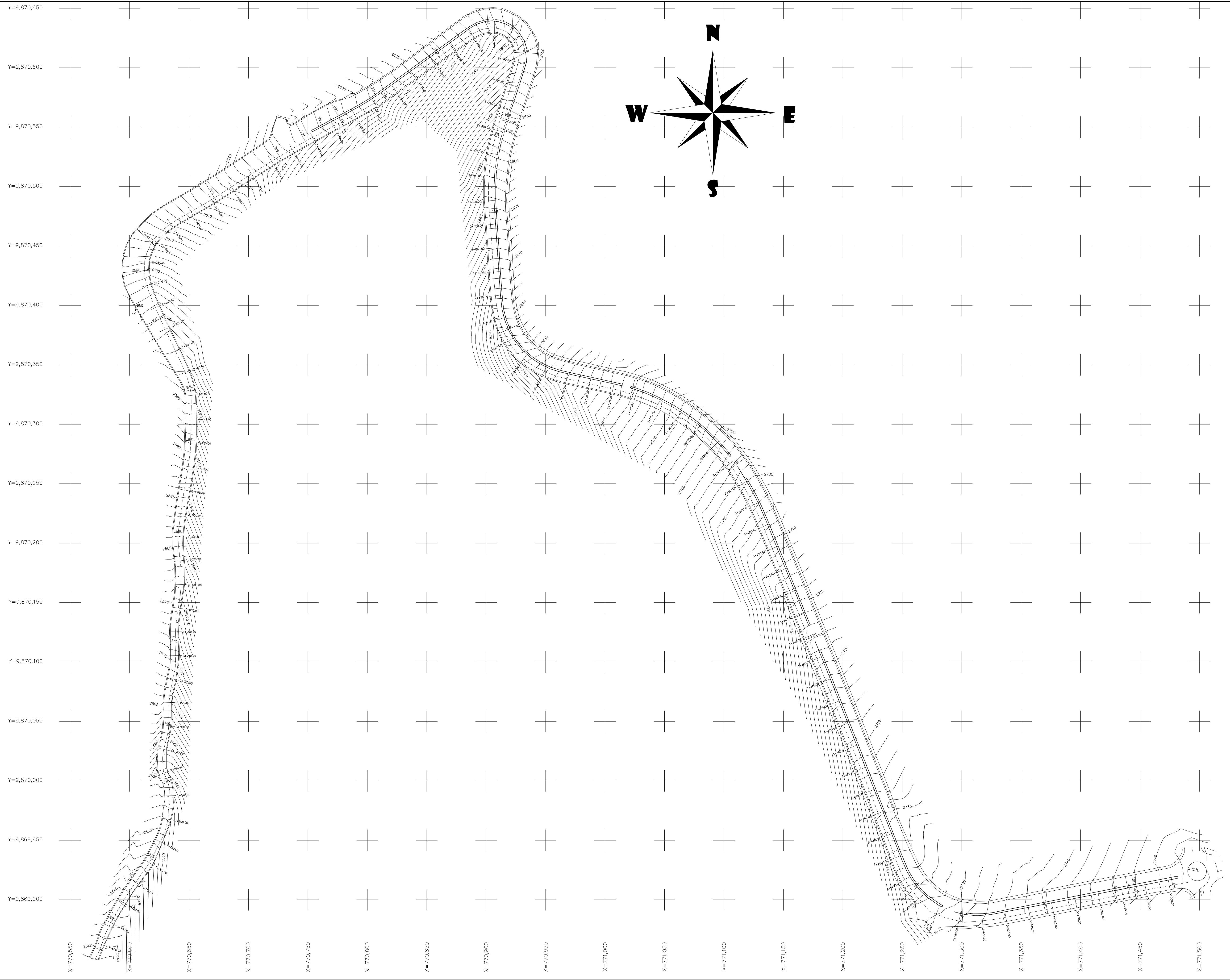
PROYECTO:
PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VIA AMBATO - PILLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CUALPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PILLARO (3.776KM DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA)

AUTOR: DIEGO ALEJANDRO REYES CORTES

PROVINCIA: TUNGURAHUA ESCALA: 1:1500 FECHA: ENERO - 2023

SECCIÓN: Abs Inicial: 0+000 Abs Final: 3+776

CONTIENE: ABCISADO VIA AMBATO - PILLARO TUTOR: ING. GALO NUÑEZ



INSTITUCIÓN

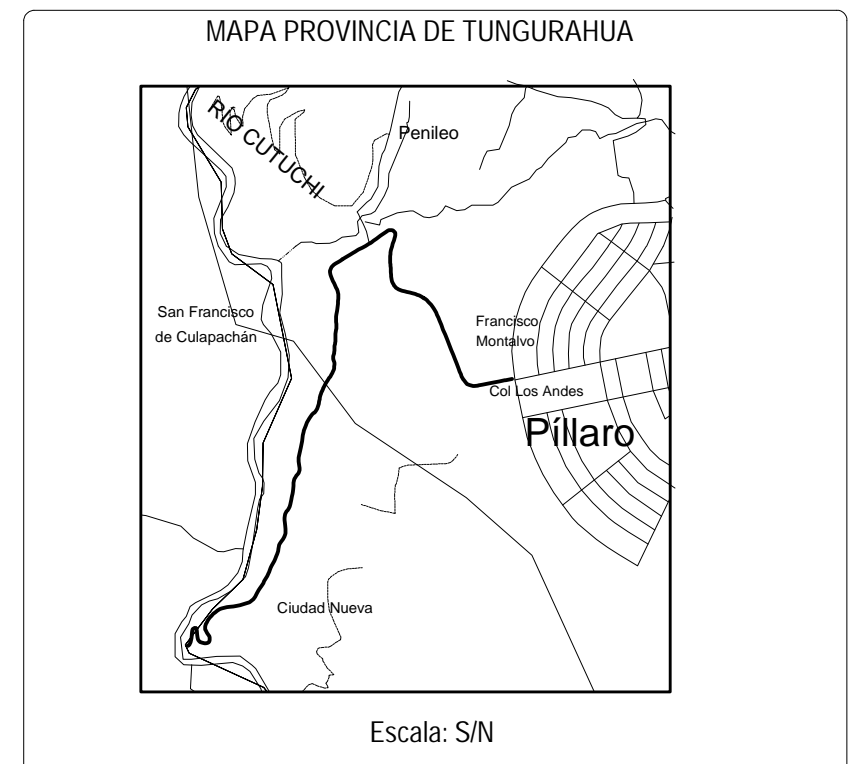


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



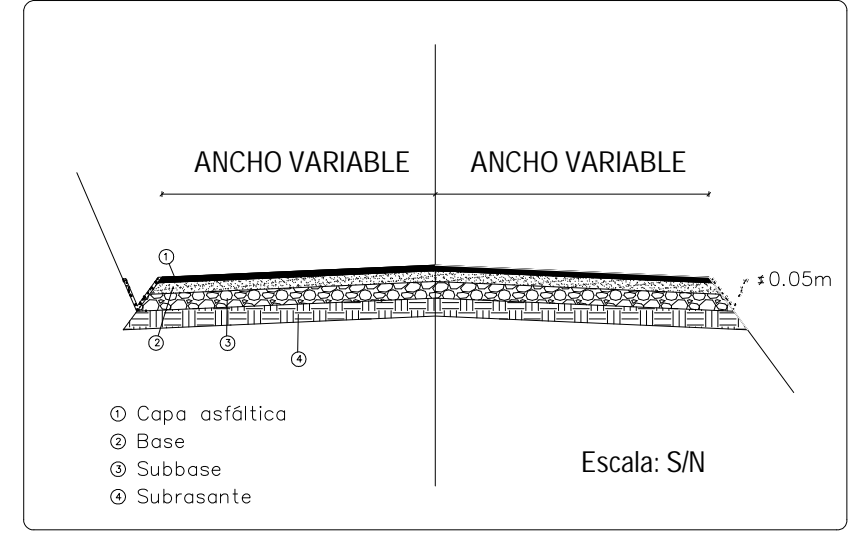
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN



Escala: S/N

SECCIÓN TÍPICA



Escala: S/N

PROYECTO:
PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VIA AMBATO - PILLARO EN EL TRAMO VIAL DESDE EL PUENTE SOBRE EL RÍO CUALPACHÁN HASTA EL MONUMENTO DE INGRESO A PILLARO (3.776KM DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA)

AUTOR: DIEGO ALEJANDRO REYES CORTES

PROVINCIA: TUNGURAHUA ESCALA: 1:1500 FECHA: ENERO - 2023

SECCIÓN: Abs Inicial: 0+000 Abs Final: 3+776

CONTIENE: ABSICISADO VIA AMBATO - PILLARO TUTOR: ING. GALO NUÑEZ