



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

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

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA
ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO –
QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA
ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

AUTOR: Ronald Fernando Cervantes Cifuentes

TUTOR: Ing. Alex Gustavo López Arboleda Mg.

AMBATO - ECUADOR
Marzo – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Ronald Fernando Cervantes Cifuentes, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1003765300, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Marzo 2021

Ing. Alex Gustavo López Arboleda Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACION

Yo, **Ronald Fernando Cervantes Cifuentes**, con C.I. 1003765300 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Ronald Fernando Cervantes Cifuentes
C.I: 1003765300
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 2021



Ronald Fernando Cervantes Cifuentes
C.I: 1003765300
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Ronald Fernando Cervantes Cifuentes de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Mg. PhD.
Miembro Calificador

Ing. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes Mg.
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente documento se lo dedico para mi familia y amigos, decirles que después de tantos sacrificios a lo largo de mi carrera estudiantil, lo logramos, pero en de una manera muy especial se lo dedico a mi padre Luis Cervantes y a mi madre Margarita Cifuentes quienes nunca dejaron de confiar en mí, a mi familia que siempre me supieron apoyar de muchas maneras, y por último a mis amigos que me acompañaron en todo este trayecto.

Ronald Cervantes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que forman parte de mi vida, unas más cercanas que otras, pero sin duda alguna a quien se puede hacer una mención especial es a mi familia, que pese a todas las circunstancias que tuvimos que afrontar, ellos siempre estuvieron ahí.

A mi padre Luis Cervantes que hoy a pesar de que ya no está en este mundo, supo inculcar en mi grandes enseñanzas y valores los cuales pondré en práctica por el resto de mi vida.

A mi madre Margarita Cifuentes que con sus sabios consejos siempre estará presente en mi vida, guiándome por el buen camino y apoyándome en cada una de mis decisiones.

A mi hermano Luis Sebastian Cervantes por motivarme a seguir adelante en cada momento y luchar por ser alguien en la vida.

A mi familia y amigos que siempre confiaron en mí y nunca dudaron de mis capacidades.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que han aportado los conocimientos que tengo para realizar este proyecto.

A mi tutor Ing. Alex López que en el transcurso de mi vida estudiantil se ha convertido en un gran amigo y supo impartir su conocimiento y sabiduría para realizar el presente proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
INDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	2
1.1.3. Fundamentación Teórica	3
1.1.3.1. Estudios para la recolección de información	3
1.1.3.2. Volumen del tránsito.....	3
1.1.3.3. Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index) ..	5
1.1.3.4. Manual de daños	8
1.1.3.5. Viga Benkelman	12
1.1.3.6. Evaluación de Suelos	14
1.1.3.7. California Bearing Ratio (Ensayo CBR)	17
1.1.3.8. Mantenimiento Vial	17
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo General	19
1.2.2. Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO II	20
MEDOTODOLOGÍA	20
2.1. Tipos de Investigación.....	20
2.2. Materiales y Equipo.....	21
2.3. Plan de Recolección de Información.....	22
2.4. Plan de Procesamiento y Análisis de Información	22
2.4.1. Procesamiento de Información	22

2.4.2.	Análisis de Resultados.....	23
CAPÍTULO III.....		24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		24
3.1.	Análisis y Discusión de los Resultados.....	24
3.1.1.	Ubicación del Proyecto	24
3.1.2.	Análisis Georreferenciado de la Vía.....	25
3.1.3.	Conteo Vehicular.....	25
3.1.4.	Cálculo del TPDA por el método de la 30va hora	27
3.1.5.	Clase de Carretera según el TPDAf	32
3.1.6.	Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	33
3.1.7.	Deflexiones en la capa de rodadura.....	37
3.1.8.	Estudio de Suelos	49
3.1.9.	Plan de conservación vial	51
CAPÍTULO IV		54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		54
4.1.	Conclusiones	54
4.2.	Recomendaciones	55
MATERIAL DE REFERENCIA.....		56
BIBLIOGRAFÍAS		56
ANEXOS.....		58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de calificación del PCI	5
Tabla 2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	7
Tabla 3. Niveles de severidad para huecos	11
Tabla 4. Clasificación AASHTO M-145	16
Tabla 5. Características del Proctor	17
Tabla 6. Ensayos y Normas.....	20
Tabla 7. Materiales y Equipos.....	21
Tabla 8. Plan de recolección de datos	22
Tabla 9. Coordenadas de Ubicación del Proyecto	24
Tabla 10. Características del levantamiento georreferenciado.....	25
Tabla 11. Coordenadas de la estación para el conteo vehicular.....	25
Tabla 12. Resumen de vehículos contabilizados por día	28
Tabla 13. Registro de la hora pico	28
Tabla 14. Valor de k.....	28
Tabla 15. Tráfico existente en la vía Ambato – Quisapincha	29
Tabla 16. Tráfico atraído en la vía Ambato – Quisapincha	30
Tabla 17. Tráfico Promedio Diario Anual en la vía Ambato – Quisapincha	30
Tabla 18. Índice de crecimiento de tráfico.....	31
Tabla 19. Tráfico Proyectado	32
Tabla 20. Clasificación Funcional de las Vías	32
Tabla 21. Datos de la vía.....	33
Tabla 22. Abscisas y áreas a analizar su PCI.....	35
Tabla 23. PCI del tramo de la vía en estudio	36
Tabla 24. Lectura de las deflexiones obtenidas en campo	37
Tabla 25. Deflexiones corregidas por una relación del brazo de 1:2	38
Tabla 26. Deflexiones corregidas por temperatura	39
Tabla 27. Factores de corrección por estacionalidad	40
Tabla 28. Deflexiones corregidas por la estacionalidad.....	40
Tabla 29. Radios de curvatura.....	41
Tabla 30. Desviación estándar de las deflexiones recuperables máximas	42
Tabla 31. Ecuaciones para el cálculo de la deflexión característica	43
Tabla 32. Factores de daño según el tipo de vehículo.....	44

Tabla 33. Factores de distribución direccional.....	44
Tabla 34. Cálculo de Ejes Equivalentes	45
Tabla 35. Tipo de deflexiones	46
Tabla 36. Deflexiones de la vía del año 2020	46
Tabla 37. Deflexiones tolerables y críticas para cada 5 años.....	48
Tabla 38. Ubicación de las muestras de suelo.....	49
Tabla 39. Identificación del tipo de suelo	49
Tabla 40. Datos del ensayo del proctor modificado.....	50
Tabla 41. CBR y su clasificación del suelo.....	50
Tabla 42. Resumen de datos del CBR.....	51
Tabla 43. Tipo de fallas existentes en la vía Ambato – Quisapincha con sus soluciones.....	51
Tabla 44. Actividades para el mantenimiento vial rutinario y periódico	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Formato para obtención de datos de condición de la superficie asfáltica	6
Fig. 2 Esquema de la Viga Benkelman.....	12
Fig. 3 Posición en campo de la Viga Benkelman	13
Fig. 4 Curva granulométrica	15
Fig. 5 Clasificación de suelo por el método SUCS.....	16
Fig. 6 Vía Ambato-Quisapincha abscisa 0+000 – 3+200 km	24
Fig. 7 Estación 1 para conteo vehicular manual	26
Fig. 8 Formato de tabla para conteo vehicular.....	27
Fig. 9 Interpretación del porcentaje del TPDA de cada vehículo	31
Fig. 10 Formato para el cálculo del PCI	36
Fig. 11 Gráfica de deflexiones	48
Fig. 12 Deflexiones tolerables	48

RESUMEN

Para la elaboración del presente proyecto técnico se realizó un modelo digital de la vía con la ayuda de un levantamiento georreferenciado del tramo de la vía en estudio, en el cual se registró la información con un receptor satelital GPS con una marcación de abscisas cada 20 metros. Se registró el tráfico vehicular que se produce en la vía que se está analizando durante una semana, dando como resultado una vía colectora de clase III, con un ancho de calzada existente que soporta el tráfico actual. Adicional se procedió a realizar un estudio visual de la vía aplicando el método del PCI, teniendo en cuenta 16 unidades de muestreo a analizar, dando un valor de PCI de 66.50, indicando que la vía se encuentra en buen estado. Se obtuvo un análisis de las deflexiones estáticas de la capa de rodadura con la ayuda de la viga Benkelman, la cual generó deflexiones tipo I, indicando así que la vía tiene un buen comportamiento en su estructura. Se realizaron cuatro calicatas para obtener el valor de CBR, el cual fue un valor de 8 por ciento, dando un comportamiento de la subrasante de regular a bueno. Planteando así un mantenimiento rutinario en el cual engloba diferentes actividades para que la capa de rodadura se pueda conservar en óptimas condiciones.

Palabras clave: Capa de rodadura, Tráfico Vehicular, PCI, Deflexiones Estáticas, Viga Benkelman, Mantenimiento Rutinario.

ABSTRACT

Firstly, in order to elaborate this technical project, it was necessary the preparation of a digital model of the road. It was carried out with the help of a georeferenced survey of the road section studied, in which the information was registered with a GPS satellite receiver, taking into account every 20 meters marking of abscissas. Moreover, the vehicular traffic on the road was recorded for one week, which resulted in a class III collector road with a roadway width that supports the current traffic. Additionally, a visual study of the road was performed by applying the PCI method, taking into account 16 sampling units to be analyzed. It gave a PCI value of 66.50 showing that the road is in good condition. Furthermore, an analysis of the static deflections of the wearing course was obtained with the help of the Benkelman beam, which generated type I deflections, indicating that the road has a good structural behavior. Finally, four trial pits were made to get the CBR value, which got a 8 percent value, giving an average to a good subgrade performance. For these reasons, routine maintenance is proposed in which includes different activities to keep wearing course in excellent conditions.

Key words: Wearing course, Vehicular Traffic, PCI, Static Deflections, Benkelman Beam, Routine Maintenance.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Antecedentes

En los últimos 20 años, la infraestructura de las carreteras del mundo ha ido adquiriendo una importancia considerable.

El deterioro que sufren las redes viales del País es un punto para tomar en cuenta, debido a que no existe un proceso de conservación y mantenimiento vial, por lo cual las mismas se deterioran sin cumplir su vida útil, esto conlleva a pensar en acciones preventivas que eviten el desgaste prematuro de la carretera. [1]

La mayoría de las instituciones encargadas del mantenimiento vial esperan a que la vía este en pésimas condiciones para realizar su restauración, sin embargo, también existen entidades que efectúan métodos de conservación vial aun cuando las carreteras están en condiciones aceptables, a esto se le conoce como mantenimiento, ya que esto ayuda a que la vía pueda tener condiciones óptimas durante su vida útil, previniendo así el desgaste de la infraestructura de la vía. [2]

El objetivo de realizar el mantenimiento vial es conservar su vida útil de la carretera, la conservación de las características geométricas existentes, resolver los daños estructurales de alcantarillas, badenes, cunetas, carpeta asfáltica y resolver sus problemas hidráulicos. [3]

La metodología que generalmente se utiliza para el mantenimiento vial es el índice de condición del pavimento (PCI), el cual consiste en calificar la condición del pavimento mediante un análisis visual, este es un método que analiza la cantidad, clase y severidad de las fallas en la vía. [4]

Según la Norma ASTM D 6433-03, el PCI ayuda a encontrar las necesidades de mantenimiento mediante un estudio constante de la vía, mas no evalúa la resistencia o rugosidad ni la capacidad estructural de la misma. [5]

En el estudio realizado por Luis Vásquez en la Universidad Nacional de Colombia [6], clasifica los rangos de daño como bajo (L), medio (M) y alto (H), los cuales son identificados en un formato el cual incluye el tipo de daño,

esquemas de la localización y tamaño de las fallas y las longitudes de las muestras, para poder realizar el cálculo e identificar el índice de condición del pavimento en cada sección. [6]

1.1.2. Justificación

En varios estudios se ha demostrado que la infraestructura vial, esencialmente de las carreteras, influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de un país. [7]

Para romper el aislamiento entre pueblos de las regiones tanto costa, sierra y oriente y poder superar los obstáculos naturales que posee nuestro país debido a la peculiaridad de su topografía y clima, es importante que el desarrollo vial y de transporte sea el adecuado. [8]

Existe gran despreocupación en lo que se refiere a mantenimiento vial en el Ecuador debido a los límites económicos a los que se ven sometidos los gobiernos tanto provinciales como cantonales, debido a que las reparaciones representan un gasto considerablemente alto, tomando como una alternativa eficaz realizar un estudio de conservación de la capa de rodadura de caminos asfaltados para su mantenimiento y rehabilitación de los mismos, ayudando así económicamente, ya que se ahorraría un alto porcentaje de lo invertido; esto aporta al desarrollo económico y social de varios pueblos y localidades. [9]

En Tungurahua se dice que la red vial es de calidad y de cobertura a nivel de provincias [10] y para mantener ese nivel, las vías interprovinciales (corredores arteriales) e intercantonales (colectoras), ya sean estas nuevas o relativamente longevas, es importante la conservación de su nivel de serviciabilidad para que los diferentes vehículos transiten y se movilicen con fluidez.

Así, a medida que el tiempo transcurre se debe implementar un plan de gestión para conservar las vías, de tal forma se dispone a realizar un estudio para obtener datos del estado actual de la capa de rodadura de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua. Aportando con información de la infraestructura de la vía para la toma de decisiones que impulsen la preservación, cual se la realizará mediante un estudio técnico, ensayos de campo y laboratorio, en la vía para que posea una comunicación vial de calidad.

1.1.3. Fundamentación Teórica

Para el presente proyecto que trata sobre la implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua es necesario conocer los conceptos básicos sobre el tema a estudiar.

1.1.3.1. Estudios para la recolección de información

Para la recolección de datos e información es necesario realizar varios estudios y ensayos:

Obtención de datos georreferenciados

Para la obtención de estos datos se emplean varios métodos que se los considera como directos, los cuales son: estaciones topográficas, altímetros y GPS, que son equipos de alta precisión ya que trabajan con satélites que están conectados alrededor del mundo. Estos datos son de mucha importancia ya que estos serán utilizados posteriormente para sus respectivos estudios con la ayuda de softwares transformándolos en modelos digitales. [11]

1.1.3.2. Volumen del tránsito

Un elemento muy importante para tomar en cuenta es el volumen del tránsito, para poder realizar un estudio tanto de ingeniería como económico, también sirve para identificar los factores que determinan el diseño de la estructura del pavimento. [12]

a. Volumen de Tránsito. – Es el total de vehículos que circulan durante un periodo de tiempo, depende de la duración de cada periodo. [13]

b. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). – Es el volumen promedio de tránsito por día, es decir, es el tránsito que circula por un punto de la vía durante todo un año dividido para 365, este valor se utiliza para realizar los análisis y dimensionamientos de la carretera. [14] Para calcular este valor existen varios métodos, uno de ellos es el siguiente:

$$TPDA = TE + Tat$$

Ecuación 1

Donde:

TPDA = Transito promedio anual

TE = Tráfico existente

Tat = Tránsito atraído (10% de TE)

- c. Volumen de a hora pico (VHP).** – Es el volumen de tránsito que es medido en la hora donde el tráfico es más intenso, para el cálculo de este volumen se utiliza un factor k, el cual para zona urbana es de 0.08, para zona rural secundaria es 0.12 y para zona rural principales es 0.16. [13][14]

$$VHP = k * TE$$

Ecuación 2

Donde:

VHP = Volumen de la hora pico

TE = Tráfico existente

k = Valor esperado de la relación entre el volumen de la 30va hora máxima y TE.

- d. Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional.** – Existen ocasiones en las cuales no se cuenta con información estadística, entonces las proyecciones se realizarán en base a una tasa de crecimiento poblacional o a su vez al consumo de combustible. [14]

$$T_f = T_a * (1 + n)^n$$

Ecuación 3

Donde:

T_f = Tráfico futuro o proyectado

T_a = Tráfico actual o TPDA

N = Número de años proyectados

Pese a que hay una variedad de métodos para obtener los volúmenes de tránsitos, una de las más utilizadas son las que se realizan manualmente por personas, ya que esto permite conocer el volumen por carril individual y los tipos de vehículos que circulan por la carretera. [12]

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

La cantidad o densidad, su severidad y la clase de daño determinan el desgaste de la estructura de pavimento. Determinar un rango de valores que engloben a todos los factores ya mencionados resultaba un gran problema por lo cual se plantearon los “valores deducidos”, con el propósito de calificar el nivel de severidad, la clase de daño y la densidad acerca de la condición de pavimento. [15]

El PCI se mide por un índice numérico de varía de cien (100), para un pavimento en excelentes condiciones, hasta cero (0), para un pavimento fallado. En la Tabla 1 se presentan las descripciones cualitativas con sus respectivos rangos del estado del pavimento.

Tabla 1. Rangos de calificación 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: Guía de procesos constructivos de pavimentos asfálticos, 2002
Basados en información obtenida de manera visual se establece la CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada uno de los daños que se presentan. Este se desarrolló para obtener la condición de la superficie y la integridad estructural del pavimento. El índice de PCI provee información de las causas que pueden haber generado los daños y sus posibles soluciones. [15]

Para obtener el índice del PCI, es necesario realizar un trabajo de campo en el cual se puedan determinar los daños de la superficie asfáltica basados en la severidad, clase y extensión de estos. Existen varios formatos adecuados para la recolección de datos como se presenta en la figura 1. [15]

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

Fig. 1 Formato para obtención de datos de condición de la superficie asfáltica

Fuente: Guía de procesos constructivos de pavimentos asfálticos, 2002

Unidades de Muestreo

En carreteras con superficie asfáltica y con un ancho menor a 7,30 m, el área de la unidad de muestreo tiene que mantener un rango de $230.0 \pm 90.0 \text{ m}^2$. [15]

$$A = L * An$$

Ecuación 4

Donde:

A = Área de muestreo (m^2).

L = Longitud de la unidad de muestreo (m).

An = Ancho de la vía o calzada (m).

En la tabla 2 se muestra la relación de longitud – ancho de una vía pavimentada.

Tabla 2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

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

Fuente: Guía de procesos constructivos de pavimentos asfálticos, 2002

Número de unidades de muestreo

Este número de muestras de se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Ecuación 5

Donde:

N = Número de unidades de muestreo en la vía a estudiar.

Lt = Longitud de la vía (m).

L = Longitud de unidad de muestreo (m).

Número mínimo de unidades de muestreo

En algunos de los estudios viales el número de unidades de muestreo puede ser demasiado grande, lo cual conlleva a un estudio que tomará más del tiempo esperado, por lo cual se ha visto necesario aplicar un método de muestreo.

Para obtener un promedio de PCI ± 5 del original con una veracidad del 95%, se puede calcular el número mínimo de unidades de muestreo mediante la siguiente ecuación [15][16].

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

Ecuación 6

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N = Número total de unidades de muestreo de la sección de la vía

e = Error admisible del PCI (e = 5%)

σ = Desviación estándar del PCI.

La desviación estándar (σ) del PCI para superficies asfálticas se asume de 10.

Se deben evaluar todas las unidades de muestreo si el número mínimo de unidades a evaluarse es menor que cinco ($n < 5$). [15]

Unidades de Muestreo para Inspección

Para un correcto estudio de la vía se recomienda que cada una de las unidades de muestra estén igualmente separadas, para lo cual se calcula mediante la siguiente ecuación [16].

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

Ecuación 7

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo disponible.

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

i = Intervalo de muestreo.

Si el intervalo de muestreo no es un número entero, se redondea al inmediato número entero inferior, es decir, 4.8 se redondea a 4. [15]

1.1.3.4. Manual de daños

Calidad de Tránsito

Para determinar el nivel de severidad de daños es necesario realizar la evaluación de la calidad de tránsito, para esto nos ayudamos de una guía general que ayuda a establecer la severidad de la calidad de tránsito. [15][16]

- L: Se define como Low o Bajo, las fallas no son significativas, causando una pequeña vibración en el vehículo, no se necesita de una reducción de velocidad.
- M: Se define como Medium o Medio, las fallas de nivel medio ya provocan incomodidad en la vía, genera una vibración considerable en el vehículo, las fallas producen un rebote significativo, se necesita una reducción de la velocidad.
- H: Se define como High o Alto, Estas fallas provocan un alto nivel de peligro y daño severo al vehículo, por lo cual se debe reducir la velocidad en aras de la comodidad y seguridad. Producen vibraciones excesivas en el vehículo, creando incomodidad.

Fallas en pavimentos flexibles

1. Piel de cocodrilo

También son conocidas como grietas de fatiga, debido a las cargas repetitivas de tránsito se produce una falla por fatiga de la superficie asfáltica, formando así, una serie de grietas que están interconectadas, a estas grietas se las conoce como piel de cocodrilo. La unidad en la que se mide esta falla es en metros cuadrados (m^2). [15][17]

2. Exudación

Se forma una superficie cristalina, reflectora y brillante que puede llegar a ser pegajosa, esto se produce debido al exceso de asfalto en la mezcla, por bajos contenidos de aire o por exceso de sellante asfáltico. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

3. Agrietamiento en bloque

Son grietas interconectadas, las cuales dividen el pavimento en figuras que se asemejan a rectángulos, estas figuras oscilan entre 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Estas grietas se forman por la variación de la temperatura y por las contracciones que sufre el asfalto. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

4. Abultamientos y Hundimientos

Los abultamientos se encuentran en la superficie de los pavimentos y se generan por desplazamientos muy pequeños, también se pueden generar por expansión por congelación, levantamientos o infiltraciones y levantamientos del material.

Los hundimientos se producen por desplazamientos abruptos, pequeños y hacia abajo del pavimento. Esta falla se mide en metros lineales. [15][16]

5. Corrugación

Estos daños generalmente se ocasionan por una combinación de la base inestable y el tránsito, son una serie de depresiones y cimas que ocurren en intervalos de 3.0 m bastante regulares, si los abultamientos ocurren en intervalos son menores de 3.0 m también se los llama un daño de corrugación. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [16][17]

6. Depresión

Este tipo de falla se originan por una mala construcción de la infraestructura del pavimento o por asentamientos de la subrasante, se las puede identificar por pequeñas depresiones que son visibles generalmente cuando llueve o por las manchas generadas por agua almacenada, tienen niveles más bajos que el pavimento que se encuentra a su alrededor. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

7. Grieta de borde

La característica principal de este daño es que se forman grietas paralelas con distancias de 0.30 a 0.60 m del borde del pavimento, se forma por debilitamiento por condiciones climáticas. Esta falla se mide en metros lineales (m). [15][17]

8. Grieta de reflexión de junta

Este daño solamente se da si la capa asfáltica fue construida sobre losas de concreto, se producen por movimientos de las losas que se encuentran bajo la capa de rodadura formando así las grietas. Esta falla se mide en metros lineales (m). [15][16]

9. Desnivel carril/berma

Son una diferencia de niveles entre la berma y el borde del pavimento, se genera por la erosión de la berma o por colocar sobre carpetas asfálticas sin tener en cuenta el nivel de la berma. Este tipo de daño se mide en metros lineales (m). [15][17]

10. Grietas longitudinales y transversales

Estas grietas se producen en forma paralela al eje del pavimento y se generan por juntas de carril pobremente construidas, contracción de la superficie o por grietas de reflexión. Este tipo de daño se mide por metros lineales (m). [15][16]

11. Parcheo

Cuando un área de pavimento es reemplazada por material nuevo para reparar un pavimento existente, se lo denomina parcheo. Un parche es un defecto en el pavimento, no importa el estado de este ya que siempre se encuentra algún tipo de rugosidad en el área parchada. Este tipo de daño se miden en metros cuadrados (m^2). [15][17]

12. Pulimento de agregados

Esta falla es producida debido a las cargas de tránsito, los agregados de la superficie se vuelven suaves al tacto, las llantas del vehículo pierden adherencia. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

13. Huecos

Los huecos se forman debido a la acumulación de agua dentro de depresiones pequeñas en la capa asfáltica, también se producen por desprendimientos de la superficie de la capa de rodadura debido al tráfico, cuando la piel de cocodrilo es demasiado severa, también se lo considera como hueco, la dimensión de estos generalmente son menores a 0.90 m, para determinar la severidad de los huecos, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 3. Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Guía de procesos constructivos de pavimentos asfálticos, 2002
Este tipo de fallas se miden individualmente teniendo en cuenta su severidad. [15]

14. Ahuellamiento

El ahuellamiento es un hundimiento en la superficie que se produce por las huellas de las ruedas, esto se genera por consolidación o debido a los movimientos laterales de los agregados por la carga del tránsito. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][16]

15. Desplazamiento

Son deslizamientos longitudinales de la superficie del pavimento que son provocadas debido a las cargas del tránsito, se genera una onda corta debido al empuje que genera el tránsito lo que produce que la superficie se quiebre. Este tipo de daño se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

16. Grietas parabólicas

Las grietas parabólicas se deben a los pequeños deslizamientos que genera el empuje del tránsito al frenar o girar, este tipo de grieta toma la forma de una media luna. A este tipo de falla no se las relaciona con la geotécnica de la calzada. Esta falla se mide en metros cuadrados (m^2). [16][17]

17. Hinchamiento

Esta falla se genera en la mayoría de sus casos por suelos que son muy expansivos, se produce una onda gradual y larga mayor a 3.0 m. La característica principal del hinchamiento es un pandeo hacia arriba. Este tipo de falla se mide en metros cuadrados (m^2). [15][17]

18. Desprendimiento de agregados

Esta falla se genera debido a que el ligante asfáltico ha endurecido significativamente y a las partículas que se encuentran sueltas del agregado, lo que produce la pérdida de la superficie del pavimento. Esta falla es medida en metros cuadrados (m^2). [15][17]

1.1.3.5. Viga Benkelman

La viga Benkelman es un artefacto que funciona como una palanca completamente mecánica. Esta está formada por dos partes, una que es un cuerpo fijo la cual se coloca netamente en el terreno por tres apoyos, en el punto “A” los puntos son fijos y en la parte de atrás “B” el punto de apoyo se puede regular. La segunda parte tiene un brazo movable, consta de dos extremos, en el punto “E” el brazo tiene contacto con un extensómetro, el otro extremo “D” se apoya en el terreno y el punto “C” está unido a una articulación de giro como se muestra en la figura 2. [18]

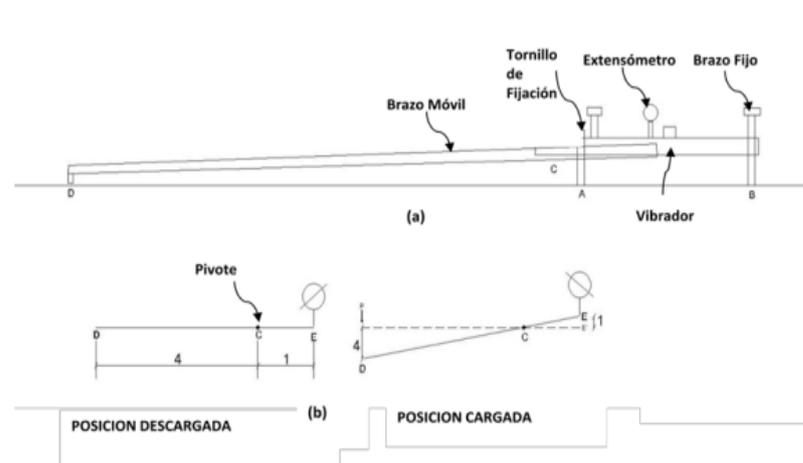


Fig. 2 Esquema de la Viga Benkelman

Fuente: Control de deflexión con la Viga Benkelman, 2010

La viga Benkelman mide la deformación del pavimento gracias a la recuperación que sufre el pavimento debido a que se retira una carga estática, para este cálculo es necesario colocar la punta de la viga entre las llantas de un camión o volqueta, esta debe ser retirada a una velocidad

promedio de 5km/h, lo que permite medir la recuperación del pavimento, como se indica en la figura 3. [19]

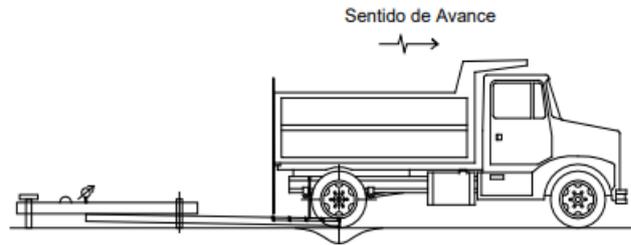


Fig. 3 Posición en campo de la Viga Benkelman

Fuente: Control de deflexión con la Viga Benkelman, 2010

Para el cálculo de la deflexión crítica es necesario aplicar sus respectivas ecuaciones presentadas a continuación:

- Corrección por el brazo de la viga Benkelman con relación 1:2

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

Ecuación 8

Donde:

D: deflexiones

RB: relación del brazo de la viga

Df: deflexión final

Do: deflexión inicial

- Corrección por efecto de la variación de la temperatura

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{D_o}{0.001 * (t - 20^{\circ}C) * (h) + 1}$$

Ecuación 9

Donde:

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

D_o : Deflexión recuperable

t : Temperatura del pavimento

h : Espesor de la capa asfáltica

- Radio de curvatura

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}}$$

Ecuación 10

Donde:

Rc: Radio de curvatura en metros

D_0 : Deflexión máxima a los 0 metros

D_{25} : Deflexión a los 0.25 metros

- Deflexión característica

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

Ecuación 11

Donde:

D_c : Deflexión característica en 0.01 de mm

\bar{D} : Deflexión promedio

t : Coeficiente de probabilidad de presentar deflexiones superiores a la D_c .

σ : Desviación estándar.

- Deflexión admisible

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

Ecuación 12

Donde:

D_{adm} : Deflexión admisible en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

- Deflexión crítica

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

Ecuación 13

Donde:

D_{cr} : Deflexión crítica en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

1.1.3.6. Evaluación de Suelos

Se debe determinar las propiedades del suelo en todo tipo de estudio vial, para el correcto diseño de esta o su rehabilitación. Para identificar estas propiedades se realizan varios ensayos como el análisis de granulometría, límites líquidos y plásticos, proctor modificado y el CBR.

Granulometría

De acuerdo con el tamaño de partículas los agregados se clasifican en grava, arena y finos. Los suelos finos son aquellos que el tamaño de partículas es menor a 0.075mm con más del 35% que pasa el tamiz #200 de contenido, el suelo es limo-arcilloso. Los suelos granulares tienen el 35% o menos contenido que pasa el tamiz #200, el material tiene partículas entre 4.75 y 75 mm. [20]

Este ensayo se realiza con el fin de obtener una gráfica la cual relacione el porcentaje del material más pequeño con el tamaño de partículas.

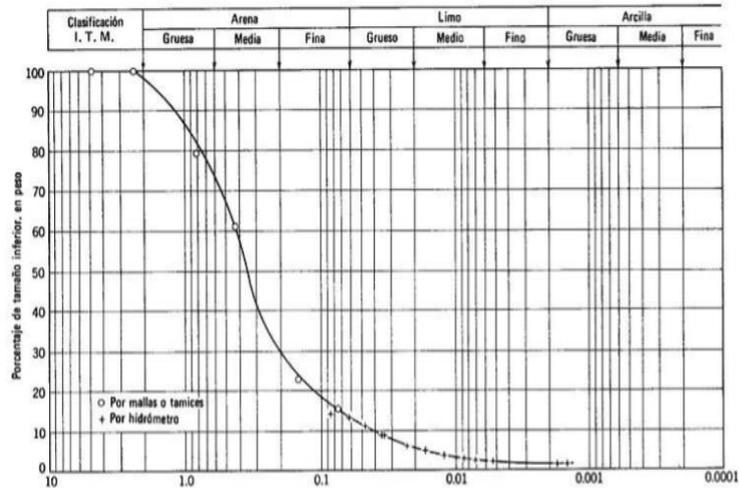


Fig. 4 Curva granulométrica

Fuente: Libro de Mecánica de Suelos, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Tomo 1

Clasificación del Suelo

En base a la granulometría del suelo y los límites de Atterberg se puede clasificar el suelo por los métodos AASHTO y SUCS.

Método AASHTO

En lo que corresponde a la ingeniería de vías este método es uno de los más utilizados, analiza la aceptabilidad que tiene un suelo para ser utilizado como base y sub-base en un pavimento. La clasificación del suelo está dada por su granulometría y sus límites de Atterberg. En la tabla 4 se presenta la clasificación de suelos según la AASTHO. [21]

Tabla 4. Clasificación AASHTO M-145

Clasificación General	Materiales granulares 35% o menos pasan la malla No 200							Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
% que pasa la malla # No. 10 No. 40 No. 200	50 max 30 max 15 max	50 max 25 max	51 min 10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Pasa la malla No. 40 Límite líquido Índice de plasticidad				40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	41 min 11 min
Índice de grupo	0	0	0	0	4 max	8 max	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max
Tipo de materiales característicos	Piedra Grava Arena		Arena	Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Terreno de fundación	EXELENTE A BUENO						ACEPTABLE A MALO					

Nota: El grupo A-7, se subdivide en: Si LP < 30 es A-7-6, Si LP > 30 es A-7-5

Fuente: Mecánica de suelos I, L. Cruz, 2015

Método SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) emplea el mismo principio del método AASHTO, con la diferencia que para identificar la clasificación del suelo se cuenta con la figura 5.

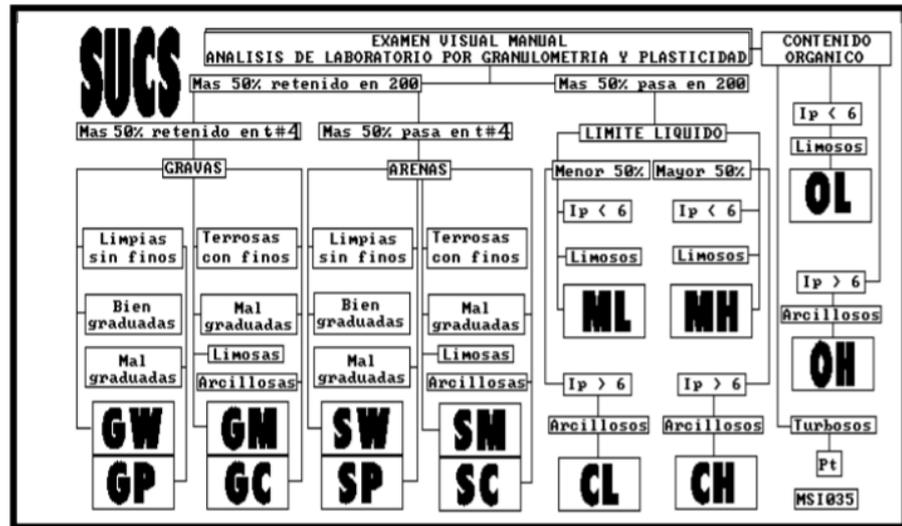


Fig. 5 Clasificación de suelo por el método SUCS

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Joseph Bowles, 1981

Compactación de Suelos por el método Proctor

Para este método se deben realizar de 3 a 5 capas de muestra de suelo en un molde cilíndrico y metálico, para ser compactadas por un pistón. Para

realizar la compactación de la muestra se tiene el Proctor estándar y el Proctor modificado, sus características se presentan en la tabla 5. [21]

Tabla 5. Características del Proctor

Características	Proctor estándar o normal (ASTM D698-91)	Proctor modificado (ASTM D1557-91)
Pistón	2.5 kg (5.5 lbs)	4.54 kg (19 lbs)
Longitud	30.48 cm	45.72 cm
No. de golpes	3 capas	5 capas

Fuente: Geomecánica, G. Duque y C. Escobar, 2016

1.1.3.7. California Bearing Ratio (Ensayo CBR)

En el año 1929 en California se desarrolló una manera de obtener una clasificación de la capacidad del suelo que va a ser utilizado como base o subrasante en la construcción de vías.

El CBR consiste en obtener la resistencia al corte de un suelo que tiene parámetros de densidad y humedad controlada. Este valor se calcula al dividir la carga unitaria que se necesita para obtener una profundidad penetrada dentro de la muestra compactada dada su densidad y su contenido de humedad sobre la carga unitaria necesaria para tener la misma profundidad penetrada en una muestra de material triturado. El CBR se expresa como la siguiente ecuación [22].

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100(\%)$$

1.1.3.8. Mantenimiento Vial

En los proyectos viales que se realizaban antes, se tenía como prioridad solamente la construcción, se pensaba que las construcciones viales no necesitaban ningún tipo de mantenimiento y no se tomaba en cuenta su conservación. Actualmente ya es una prioridad el mantenimiento vial preventivo aplicando políticas en las inversiones iniciales para poder realizar a tiempo mantenimientos en la vía antes de que estos daños generen problemas más severos ahorrando así costos y recursos.

La importancia de realizar la conservación de una vía radica en ahorro de costos de operación, la economía para los usuarios y la preservación de la inversión inicial. [23]

El mantenimiento vial se divide en procesos rutinarios o periódicos que sirven para que la vía pueda conservar sus condiciones iniciales.

- **Rutinario.** – El tiempo para realizar las respectivas acciones que permitan mantener a la vía en condiciones óptimas para una circulación adecuada y segura es de menos de un año.
- **Periódico.** – Las acciones a realizar son llevadas a cabo en intervalos de 3 a 5 años, que generalmente son realizados para solucionar los daños que ha sufrido la capa de rodadura que son causados por efectos climáticos y por el paso del tránsito. [23]

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Disponer de un levantamiento georreferenciado de la Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua.
- Conocer la movilidad vehicular en la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua.
- Evaluar cada uno de los componentes físicos de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO II

MEDOTODOLOGÍA

2.1. Tipos de Investigación

- **Bibliográfica**

Para abarcar todo el tema acerca del mantenimiento y conservación de la capa de rodadura de una vía, es necesario utilizar material de apoyo como fuentes bibliográficas y normas que traten sobre estrategias, métodos e intervenciones a las vías ya existentes, para así poder conservar y mantener su vida útil.

- **Datos de Campo**

Debido a que el presente proyecto tiene como fin proporcionar un plan de mantenimiento vial es necesario realizar varios ensayos, los cuales son la obtención de datos georreferenciados en el sitio, toma de muestras de suelo de la vía estudiada, aplicación de la Viga Benkelman para la obtención de las deflexiones del pavimento, obtención del TPDA y el análisis visual de la vía.

- **Datos de Laboratorio**

Para la optimización del proyecto, se debe analizar en un laboratorio las muestras de suelos que son obtenidas en sitio, los ensayos a realizar son:

Tabla 6. Ensayos y Normas

Ensayos	Norma
Toma de muestras alteradas	NTE INEN 686
Análisis granulométrico	ASTM C136
Limite plástico	ASTM D4318
Limite líquido	ASTM D4318
Proctor modificado	AASHTO T-180 ASTM D1557
CBR	ASTM D1883
Medición de deflexiones	AASHTO T256

Autor: Ronald Fernando Cervantes Cifuentes

2.2. Materiales y Equipo

Para la obtención de datos e información necesaria para el proyecto se necesitaron de varios materiales y equipos que a continuación se detallan:

Tabla 7. Materiales y Equipos

Ensayos	Materiales	Equipos
Georreferenciación	Espray de pintura	Receptor satelital GPS, cinta métrica (50m)
Toma de muestras	Muestra de suelo	Barra, pico, pala, flexómetro (5m), fundas
Granulometría	Muestra de suelo	Tamices, tamizadora, balanza
Limite plástico	250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua	Placa de vidrio, recipientes, horno, balanza, espátula
Limite líquido	250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua	Copa de Casagrande, recipientes, acanalador, horno, balanza, espátula
Proctor modificado	20 kg de muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, enrasador, probeta, bandejas, palustre, balanzas, recipientes, horno
CBR	20 kg de muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, enrasador, probeta, bandejas, palustre, balanzas, recipientes, horno, pesa anular, pesa ranurada, máquina automática multispeed
Medición de deflexiones	Agua, tiza	Viga Benkelman, cincel, combo, termómetros, flexómetro (5m), cinta métrica (50m), volqueta (8.2ton)

Autor: Ronald Fernando Cervantes Cifuentes

Los equipos que fueron utilizados para el presente proyecto técnico fueron proporcionados por los Laboratorios de Mecánica de Suelos y de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.3. Plan de Recolección de Información

Con el fin de lograr los objetivos planteados del presente proyecto se utilizará el siguiente plan para la recolección de datos.

Tabla 8. Plan de recolección de datos

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	- Para proponer un método de conservación y mejoramiento de la estructura de pavimento para así mantener las propiedades físicas y mecánicas de la vía Ambato-Quisapincha.
2. ¿De qué persona u objeto?	- De la vía Ambato-Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta 3+200.
3. ¿Sobre qué aspectos?	- Sobre la implementación de un plan
4. ¿Quién evalúa?	- Sr. Ronald Fernando Cervantes Cifuentes (Autor). - Ing. Mg. Alex López (Tutor).
5. ¿Dónde evalúa?	-La Vía Ambato-Quisapincha en la abscisa 0+000 hasta 3+200. -Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	-Investigación Bibliográfica -Ensayos de Laboratorio -Visitas y Ensayos de Campo

Autor: Ronald Fernando Cervantes Cifuentes

2.4. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

2.4.1. Procesamiento de Información

El plan de procesamiento de datos del presente trabajo técnico se presenta de la siguiente forma:

- 1) Realizar una visita de campo para analizar visualmente la vía y así poder identificar las características que presenta la misma.
- 2) Investigar todo lo referente al tema con la ayuda de fuentes bibliográficas y normas.
- 3) Cumplir con los objetivos mediante una metodología que permita realizar un levantamiento georreferenciado de la vía, obtener las deflexiones con la ayuda de la viga Benkelman, analizar el estado de la vía con el valor del PCI, analizar

el fluido vehicular para obtener el TPDA y realizar los ensayos de suelo para obtener la capacidad portante del mismo.

- 4) Clasificar y ordenar los datos obtenidos de la vía.
- 5) Graficar los datos obtenidos para analizar los resultados basados en la implementación de un proceso de conservación de la vía.
- 6) Representar un modelo digital en donde se presente toda la información recolectada y los datos que se calcularon para la implementación de un proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua.

2.4.2. Análisis de Resultados

- 1) Analizar los datos obtenidos en el laboratorio y en el campo de forma gráfica, estadística y matemática.
- 2) Generar un informe final de cada una de las unidades de muestreo del PCI para cada tramo de la vía Ambato – Quisapincha.
- 3) Identificar mediante la interpretación de los resultados el estado en el que se encuentra actualmente la vía Ambato – Quisapincha.
- 4) Plantear las conclusiones del presente proyecto teniendo en cuenta los objetivos planteados en el mismo.
- 5) Proponer un plan de conservación de la capa de rodadura de la vía, para poder conservar la serviciabilidad de la misma.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y Discusión de los Resultados

3.1.1. Ubicación del Proyecto

La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, iniciando en el canto de Ambato y recorre hasta la parroquia de San Antonio de Quisapincha, iniciando en el km 0+000 hasta el km 3+200, teniendo en el tramo 3.2 kilómetros de longitud las cuales corresponden a las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 9. Coordenadas de Ubicación del Proyecto

Abscisa	Coordenadas Norte	Coordenadas Este
0+000 km	9862946.71 m	763246.74 m
3+200 km	9864078.82 m	761893.61 m

Autor: Ronald Cervantes

En la siguiente figura se presenta el recorrido de la vía Ambato – Quisapincha desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 3+200.



Fig. 6 Vía Ambato-Quisapincha abscisa 0+000 – 3+200 km

Fuente: Google Earth

3.1.2. Análisis Georreferenciado de la Vía

Para el análisis georreferenciado de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200, se utilizó un receptor satelital GPS, el cual nos brinda los puntos que son necesarios para posteriormente ser llevados a un software que nos permite obtener el modelo digital de la vía como se presenta en el anexo E. Para una obtención de datos precisos se tomarán los puntos tanto al lado derecho como izquierdo en sus bordes y en el eje de la vía, con una separación entre puntos de una distancia de 20 m aproximadamente.

Con la información obtenida se presenta a continuación la siguiente tabla:

Tabla 10. Características del levantamiento georreferenciado

Ancho Promedio de Calzada	8.32 m
N° de Carriles	2.00 u
N° de Puntos obtenidos	481.00 u

Autor: Ronald Cervantes

Culminado el levantamiento georreferenciado en campo y con la obtención de cada uno de los puntos, se procede a realizar el modelo digital de la vía Ambato – Quisapincha como se muestra en el plano del anexo E.

3.1.3. Conteo Vehicular

Con el fin de analizar el tipo de vehículo e identificar el número de autos que transitan en la vía es necesario realizar un conteo vehicular, para posteriormente determinar los parámetros de diseño que tiene la vía, entre ellos el ancho de la vía, espesor de la Base, Sub-Base y su capa de rodadura.

Para este proyecto se realizó el estudio del Tráfico Promedio Anual (TPDA) mediante un conteo vehicular manual en los dos sentidos de la vía, debido al tráfico que presenta la vía solamente fue necesario de una persona para realizar este conteo, se obtuvieron datos de 3 días seguidos que fueron considerados suficientes para determinar la hora pico de tráfico.

Para el conteo vehicular fue necesario colocar una estación en la abscisa 2+700 y fue realizado en los días 21,22,23,24, 25, 26 y 27 de septiembre del 2020.

Tabla 11. Coordenadas de la estación para el conteo vehicular

Coordenadas de Estación	
Norte	9864319.12 m
Este	762313.01 m

Autor: Ronald Cervantes

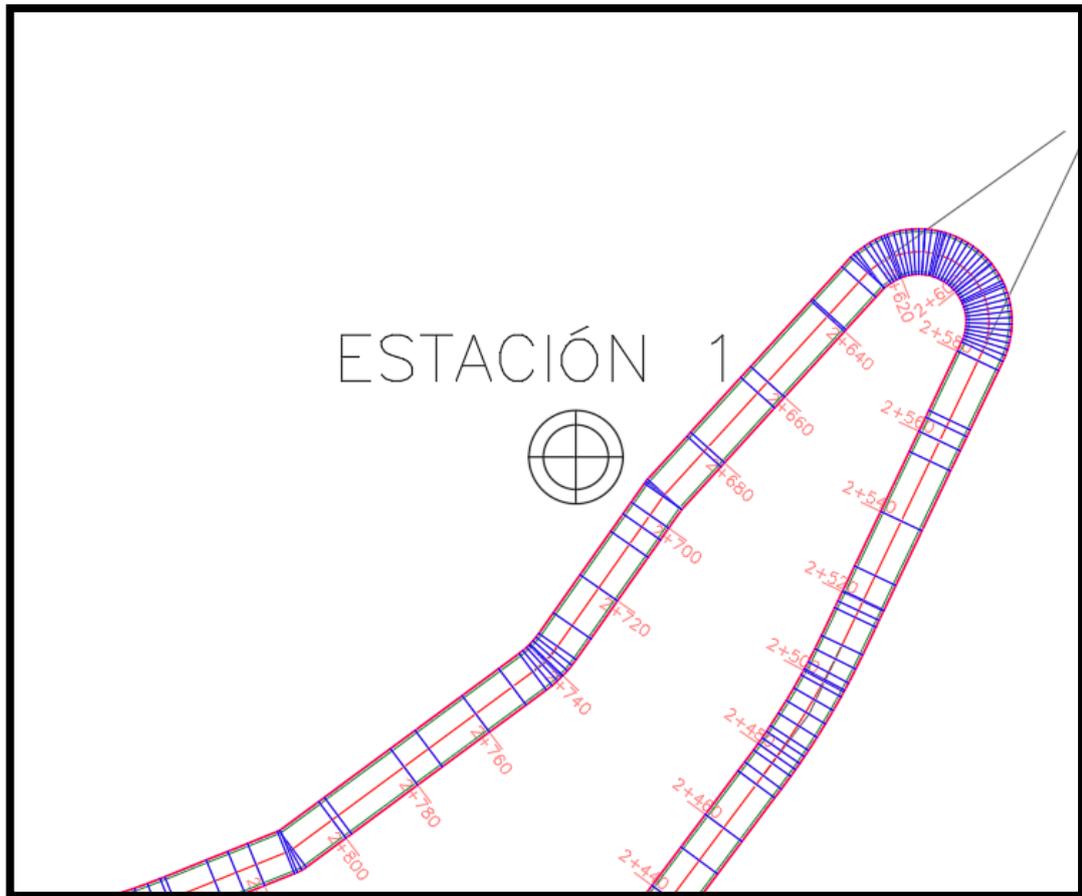


Fig. 7 Estación 1 para conteo vehicular manual

Autor: Ronald Cervantes

Para realizar el conteo manual vehicular fue necesario dividir los vehículos en tres categorías: Livianos, buses y camiones. El formato que se utilizó para la tabulación de los vehículos se presenta a continuación, el cual está dividido en las siguientes secciones:

1. En esta sección se muestran los datos informativos tales como son el nombre de la universidad, facultad, nombres, fechas, ubicación y el número de estación.
2. En esta sección se muestran el intervalo en el cual se registra la circulación de los vehículos cada 15 minutos.
3. En esta parte de la tabla se ubican los vehículos clasificados por livianos, buses y pesados, en la parte de pesados o camiones se clasifican por sus ejes de la siguiente manera: 2 ejes (C-1), 3 ejes (C-2) y 4 ejes o más (C-3) [14].
4. Aquí se muestra el total de los vehículos registrados en el transcurso del día.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200					Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:	Abscisa:			2+700	Estación:	1		
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO
			C-1	C-2	C-3			
7:00	7:15							
7:15	7:30							
7:30	7:45							
7:45	8:00							
8:00	8:15							
8:15	8:30							
8:30	8:45							
8:45	9:00							
9:00	9:15							
9:15	9:30							
9:30	9:45							
9:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							
14:00	14:15							
14:15	14:30							
14:30	14:45							
14:45	15:00							
15:00	15:15							
15:15	15:30							
15:30	15:45							
15:45	16:00							
16:00	16:15							
16:15	16:30							
16:30	16:45							
16:45	17:00							
17:00	17:15							
17:15	17:30							
17:30	17:45							
17:45	18:00							
18:00	18:15							
18:15	18:30							
18:30	18:45							
18:45	19:00							
TOTAL								

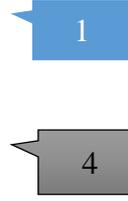


Fig. 8 Formato de tabla para conteo vehicular

Autor: Ronald Cervantes

3.1.4. Cálculo del TPDA por el método de la 30va hora

Con el registro obtenido del conteo vehicular en la vía Ambato – Quisapincha en el tramo 0+000 hasta la abscisa 3+200 se procede a realizar el cálculo del TPDA. El día que se registró el mayor número de vehículos fue el domingo 27 de septiembre de 2020 con un total de 2102 vehículos, en la siguiente tabla se muestra el total de vehículos registrados por día:

Tabla 12. Resumen de vehículos contabilizados por día

Día	Número de Vehículos
Lunes	1876
Martes	1778
Miércoles	1806
Jueves	1753
Viernes	1817
Sábado	1916
Domingo	2102

Autor: Ronald Cervantes

Debido a que el día domingo registra el mayor flujo vehicular, se logra evidenciar que la hora pico va desde las 15:00 hasta las 16:00 llegando a un total de 235 vehículos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Registro de la hora pico

HORA		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO
				C-1	C-2	C-3			
15:00	15:15	53	3	2	1	1	4	60	226
15:15	15:30	49	2	5	1	0	6	57	227
15:30	15:45	50	2	5	2	0	7	59	232
15:45	16:00	53	2	2	1	1	4	59	235
TOTAL		205	9	14	5	2	21	235	920

Autor: Ronald Cervantes

- **Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{VHP}{k}$$

Ecuación 2

Donde:

TPDA actual: tráfico promedio diario anual

VHP: Número de vehículos en hora pico

k: Valor constante de TPDA según la zona

Tabla 14. Valor de k

Zona	k
Zona Urbana	8%-12%
Zona Rural	12%-18%

Autor: Ronald Cervantes

- ❖ **Cálculo de Tráfico Existente de Vehículos Livianos**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{205}{0.15} \text{ (tabla 13)}$$

$$TPDA \text{ actual} = 1367 \text{ veh/día}$$

❖ **Cálculo de Tráfico Existente de Vehículos Buses**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{9}{0.15} \quad (\text{tabla 13})$$

$$TPDA \text{ actual} = 60 \text{ veh/día}$$

❖ **Cálculo de Tráfico Existente de Vehículos Pesados**

$$TPDA \text{ actual} = \frac{21}{0.15} \quad (\text{tabla 13})$$

$$TPDA \text{ actual} = 140 \text{ veh/día}$$

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del tráfico existente:

Tabla 15. Tráfico existente en la vía Ambato – Quisapincha

Tipo de Vehículo	Hora pico	TPDA actual
Liviano	205	1367
Buses	9	60
Camiones	21	140
Total		1567

Autor: Ronald Cervantes

• **Cálculo del Tráfico Atraído**

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

Ecuación 1.1

Donde:

T_{at}: Tráfico atraído

❖ **Trafico atraído para vehículos livianos**

$$T_{at} = 10\% * 1367 \quad (\text{tabla 15})$$

$$T_{at} = 138 \text{ veh/día}$$

❖ **Trafico atraído para vehículos buses**

$$T_{at} = 10\% * 60 \quad (\text{tabla 15})$$

$$T_{at} = 6 \text{ veh/día}$$

❖ **Trafico atraído para vehículos camiones**

$$T_{at} = 10\% * 140 \quad (\text{tabla 15})$$

$$T_{at} = 14 \text{ veh/día}$$

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del tráfico atraído:

Tabla 16. Tráfico atraído en la vía Ambato – Quisapincha

Tipo de Vehículo	TPDA actual	Tráfico Atraído
Liviano	1367	138
Buses	60	6
Camiones	140	14
Total	1567	158

Autor: Ronald Cervantes

- **Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Total**

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

Ecuación 1

Donde:

T total: Tráfico promedio diario anual total

TPDA actual: Tráfico promedio diario anual actual

T at: Tráfico atraído

- ❖ **T total para vehículos livianos**

$$T \text{ total} = 1367 \text{ veh/día} + 138 \text{ veh/día (tabla 16)}$$

$$T \text{ total} = 1505 \text{ veh/día}$$

- ❖ **T total para vehículos buses**

$$T \text{ total} = 60 \text{ veh/día} + 6 \text{ veh/día (tabla 16)}$$

$$T \text{ total} = 66 \text{ veh/día}$$

- ❖ **T total para vehículos camiones**

$$T \text{ total} = 140 \text{ veh/día} + 14 \text{ veh/día (tabla 16)}$$

$$T \text{ total} = 154 \text{ veh/día}$$

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del tráfico promedio diario anual:

Tabla 17. Tráfico Promedio Diario Anual en la vía Ambato – Quisapincha

Tipo de vehículo	TPDA actual (veh/día)	T at (veh/día)	TPDA (veh/día)	Porcentaje (%)
Livianos	1367	138	1505	87.25
Buses	60	6	66	3.83
Camiones	140	14	154	8.93
		Total	1725	100.00

Autor: Ronald Cervantes

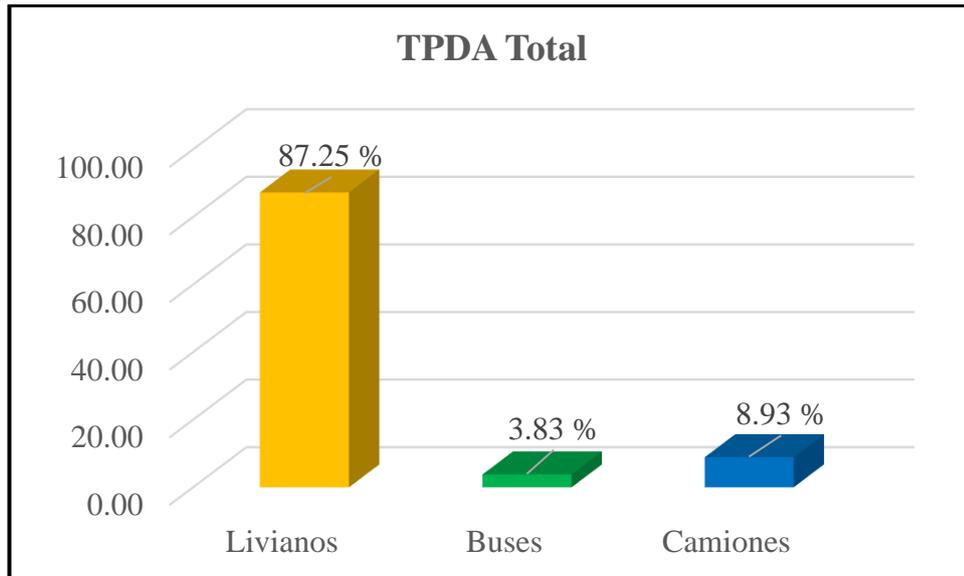


Fig. 9 Interpretación del porcentaje del TPDA de cada vehículo

Autor: Ronald Cervantes

- **Cálculo del Tránsito Proyectado o Futuro**

Para la determinación del tránsito proyectado es necesario plantearse un periodo de 20 años que inicia en el 2020 hasta el 2040 y aplicando la siguiente ecuación.

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

Ecuación 3

Donde:

T_f: Tráfico futuro

T total: Tráfico actual

i: Índice de crecimiento de tránsito

n: Número de años proyectados

Tabla 18. Índice de crecimiento de tráfico

Periodo	Tipo de Vehículo		
	Livianos	Buses	Camiones
2020-2025	3.10	1.05	2.61
2025-2030	2.82	0.95	2.38
2030-2035	2.82	0.95	2.38
2035-2040	2.82	0.95	2.38

Fuente: MTOP – Estudio de tráfico, 2015

Autor: Ronald Cervantes

Con la proyección vehicular con un periodo de 20 años se obtiene un número de 2951 veh/día en el año 2040 en los dos sentidos de circulación como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19. Tráfico Proyectado

n	Año	Tasa de crecimiento (%)			Tránsito Futuro (veh/día)			TPDAf (veh/día)
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
0	2020	3.1	1.05	2.61	1505	66	154	1725
1	2021	3.1	1.05	2.61	1552	67	158	1776
2	2022	3.1	1.05	2.61	1600	67	162	1829
3	2023	3.1	1.05	2.61	1649	68	166	1884
4	2024	3.1	1.05	2.61	1700	69	171	1940
5	2025	3.1	1.05	2.61	1753	70	175	1998
6	2026	2.82	0.95	2.38	1778	70	177	2025
7	2027	2.82	0.95	2.38	1828	71	182	2081
8	2028	2.82	0.95	2.38	1880	71	186	2137
9	2029	2.82	0.95	2.38	1933	72	190	2195
10	2030	2.82	0.95	2.38	1988	73	195	2255
11	2031	2.82	0.95	2.38	2044	73	199	2316
12	2032	2.82	0.95	2.38	2101	74	204	2379
13	2033	2.82	0.95	2.38	2160	75	209	2444
14	2034	2.82	0.95	2.38	2221	75	214	2511
15	2035	2.82	0.95	2.38	2284	76	219	2579
16	2036	2.82	0.95	2.38	2348	77	224	2650
17	2037	2.82	0.95	2.38	2415	78	230	2722
18	2038	2.82	0.95	2.38	2483	78	235	2796
19	2039	2.82	0.95	2.38	2553	79	241	2873
20	2040	2.82	0.95	2.38	2625	80	247	2951

Autor: Ronald Cervantes

3.1.5. Clase de Carretera según el TPDAf

Para identificar la clase de carretera según el tránsito futuro se muestra la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, la cual se muestra a continuación:

Tabla 20. Clasificación Funcional de las Vías

Función	Clase de carretera (MOP)	TPDAf (Año final de diseño)	Ancho de la Calzada	
			Recomendable	Absoluto
Corredor arterial	RI-RII (2)	>8000	7.30	7.30
	I	3000-8000	7.30	7.30
Colectora	II	1000-3000	7.30	6.50
	III	300-1000	6.70	6.00
Vecinal	IV	100-300	6.00	6.00
	V	300	4.00	4.00

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

Autor: Ronald Cervantes

El tránsito a futuro calculado en la vía Ambato – Quisapincha fue de 2951 vehículos por día, por lo cual dicha vía se clasifica como una vía colectora clase III, las características de este tipo de vía son que debe tener un ancho de calzada de 6.50 a 7.30 metros, deben ser diseñadas con una velocidad de 50 a 70 km/h con un peralte máximo del 10%, el espaldón debe tener un ancho de 2 metros y unas aceras de 0.50 metros.

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

Para identificar el estado de la carretera en estudio, es necesario observar el índice de condición del pavimento que se puede obtener con las fallas que presenta en la superficie de esta.

- **Unidades de muestro**

Para el cálculo de las unidades de muestreo se presenta la siguiente tabla con los datos de la vía en estudio.

Tabla 21. Datos de la vía

Ancho de vía (An)	8.32m
Tramo de la vía (Lt)	3200m
Área de muestra (A)	230 ± 93m ²
Error admisible estimado para el PCI (e%)	5
Desviación estándar del PCI (σ)	10
Número total de unidades de muestreo	100

Autor: Ronald Cervantes

❖ **Longitud de unidades de muestreo**

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

Ecuación 4

Donde:

L: Longitud de la unidad de muestra

A: Área de muestreo

An: Ancho de vía

$$L = \frac{230 \pm 93m^2}{8.32m}$$

$$L = 27.64 \pm 11.18 m$$

$$L = 25m$$

❖ **Total de Unidades de Muestreo (N)**

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

Ecuación 5

Donde:

N: Unidades de muestreo

Lt: Tramo de la vía

L: Longitud de la unidad de muestreo

$$N = \frac{3200 m}{25 m}$$

$$N = 128 \text{ unidades}$$

❖ **Número mínimo de unidades de muestreo (n)**

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

Ecuación 6

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo

N: Unidades de muestreo

σ : Desviación estándar del PCI

e: Error admisible estimado para el PCI

$$n = \frac{128 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (128 - 1) + 10^2}$$

$$n = 14.32 \approx 15 \text{ unidades}$$

Para reducir un margen de error, se resuelve que es mejor analizar 16 unidades de muestreo.

❖ **Intervalo de muestreo (i)**

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

Ecuación 7

Donde:

i: Intervalo de muestreo

N: Unidades de muestreo

n: Número mínimo de unidades de muestreo

$$i = \frac{128 \text{ unidades}}{16 \text{ unidades}}$$

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

Mediante los cálculos realizados se obtiene 128 unidades de muestreo, se tendrá en cuenta 15 unidades mínimas de muestreo para evaluar con un intervalo de 8 unidades, en la siguiente tabla se muestran las abscisas con sus respectivas áreas a ser analizadas.

Tabla 22. *Abscisas y áreas a analizar su PCI*

Unidad	Abscisa (m)		Ancho de Vía (m)		Área (m ²)
	Inicial	Final	Inicial	Final	
U1	0+200	0+225	8.70	9.25	224.38
U2	0+400	0+425	7.90	8.10	200.00
U3	0+600	0+625	9.70	9.60	241.25
U4	0+800	0+825	7.95	8.10	200.63
U5	1+000	0+1025	7.90	8.00	198.75
U6	1+200	0+1225	8.00	8.00	200.00
U7	1+400	0+1425	7.95	8.00	199.38
U8	1+600	0+1625	8.00	8.00	200.00
U9	1+800	0+1825	8.00	7.90	198.75
U10	2+000	0+2025	8.00	8.00	200.00
U11	2+200	0+2225	8.54	8.95	218.63
U12	2+400	0+2425	8.95	8.80	221.88
U13	2+600	0+2625	7.70	7.60	191.25
U14	2+800	0+2825	7.05	7.30	179.38
U15	3+000	0+3025	8.80	9.50	228.75
U16	3+175	0+3200	9.00	9.30	228.75

Autor: Ronald Cervantes

Después de obtener el número de unidades de muestreo, se procede a visitar el lugar de estudio de la vía, para analizar y observar las fallas que se encuentran en la capa asfáltica. Para el registro de la información se tomará en cuenta la severidad del daño, su clase y sus cantidades. El formato de registro de datos presenta las siguientes partes:

1. En el encabezado se presentan los datos informativos acerca de la institución a la cual pertenece el presente proyecto.
2. En esta parte de la tabla se muestran los datos generales como la fecha, la persona que realizó la inspección, la unidad de muestreo, el área de muestreo, la abscisa inicial y la abscisa final.

3. Aquí se muestra gráficamente la ubicación de los daños de la calzada de cada una de las unidades de muestreo.
4. Se muestran los tipos de fallas que pueden existir en el pavimento, su descripción y su unidad.
5. En esta sección se coloca el número de daño, la severidad del daño, sus respectivas cantidades, la densidad (%), el valor deducido de la densidad total y el valor del PCI.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño	Unidad					
1	Piel de cocodrilo	m2					
2	Exudación	m2					
3	Agrietamiento en bloque	m2					
4	Abultamientos y hundimientos	m					
5	Corrugación	m2					
6	Depresión	m2					
7	Grieta de borde	m					
8	Grieta de reflexión de junta	m					
9	Berma	m					
10	Grietas longitudinales y transversales	m					
11	Parcheo	m2					
12	Pulimento de agregados	m2					
13	Huecos	U					
14	Ahuellamiento	m2					
15	Desplazamiento	m2					
16	Grietas parabólicas	m2					
17	Hinchamiento	m2					
18	Desprendimiento de agregados	m2					
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDI)							
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							

Fig. 10 Formato para el cálculo del PCI

Autor: Ronald Cervantes

Una vez realizado el cálculo del valor deducido como se presentan en el anexo B, se obtienen los valores de la calidad de vía y se presenta en la siguiente tabla un resumen con su promedio de la sección total:

Tabla 23. PCI del tramo de la vía en estudio

Unidad	Área(m2)	PCI (%)	Calidad de la vía
U1	224.38	27	Muy Malo
U2	200.00	35	Malo
U3	241.25	63	Bueno
U4	200.63	67	Bueno
U5	198.75	96	Excelente
U6	200.00	92	Excelente
U7	199.38	93	Excelente

U8	200.00	94	Excelente
U9	198.75	100	Excelente
U10	200.00	45	Regular
U11	218.63	69	Bueno
U12	221.88	62	Bueno
U13	191.25	65	Bueno
U14	179.38	46	Regular
U15	228.75	65	Bueno
U16	228.75	45	Regular
PROMEDIO DE SECCIÓN		66.5	Bueno

Autor: Ronald Cervantes

La vía Ambato – Quisapincha en el sector de Pinllo en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 de la provincia de Tungurahua presenta un PCI general de 66.5 con lo que respecta según la tabla 1 de los rangos de calificación del PCI una calidad **bueno**.

3.1.7. Deflexiones en la capa de rodadura

El ancho que tiene la vía en promedio es de 8.32 metros, por lo cual se realizaron las lecturas del deflectómetro a una distancia de 0.90 m del borde de la vía, las lecturas se tomaron a una distancia de 0, 0.25, 1, 5 y 8 metros del punto inicial.

En la siguiente tabla se presentan las lecturas obtenidas en campo teniendo en cuenta algunos parámetros como son la estación, las abscisas, las lecturas del deflectómetro, la temperatura y el espesor del pavimento.

Tabla 24. Lectura de las deflexiones obtenidas en campo

N°	ABSCISA	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						T (°C)	Espesor cm
		d0	d25	d50	d100	d500	d800		
1	0+000	0	13	24	34	38	38	21	7
2	0+200	0	11	23	26	30	30	17	7
3	0+400	0	12	29	39	48	48	12	7
4	0+600	0	13	29	38	41	41	23	7
5	0+800	0	13	31	45	51	51	23	7
6	1+000	0	12	33	41	46	46	18	7
7	1+200	0	11	28	35	38	38	14	7
8	1+400	0	9	19	25	25	25	22	7
9	1+600	0	12	33	45	51	51	19	7
10	1+800	0	13	30	41	51	51	24	7
11	2+000	0	9	21	23	25	25	12	7
12	2+200	0	13	36	40	46	46	21	7
13	2+400	0	9	20	23	25	25	12	7
14	2+600	0	13	35	46	56	56	26	7

15	2+800	0	14	31	45	56	56	26	7
16	3+000	0	13	28	39	48	48	22	7
17	3+200	0	12	29	45	51	51	23	7

Autor: Ronald Cervantes

Para obtener el valor real de las deflexiones es necesario realizar algunas correcciones.

- **Corrección por el brazo con relación 1:2 de la viga Benkelman**

Para esta corrección se debe aplicar la siguiente ecuación:

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

Ecuación 8

Donde:

D: deflexiones

RB: relación del brazo de la viga

Df: deflexión final

Do: deflexión inicial

En la tabla siguiente se presenta un cálculo típico y las deflexiones corregidas.

$$D = 2 * (38 - 0)$$

$$D = 76 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Tabla 25. Deflexiones corregidas por una relación del brazo de 1:2

Nº	ABSCISA	Deflexión corregida (x 10e-2 mm)						T (°C)	Espesor cm
		d0	d25	d50	d100	d500	d800		
1	0+000	76	50	29	8	0	0	21	7
2	0+200	61	40	14	9	0	0	17	7
3	0+400	97	73	39	19	0	0	12	7
4	0+600	81	55	23	6	0	0	23	7
5	0+800	102	76	40	12	0	0	23	7
6	1+000	91	67	25	10	0	0	18	7
7	1+200	76	54	20	7	0	0	14	7
8	1+400	51	33	13	1	0	0	22	7
9	1+600	102	78	36	12	0	0	19	7
10	1+800	102	76	42	20	0	0	24	7
11	2+000	51	33	9	5	0	0	12	7
12	2+200	91	65	19	11	0	0	21	7
13	2+400	51	33	11	6	0	0	12	7
14	2+600	112	86	42	20	0	0	26	7
15	2+800	112	84	50	22	0	0	26	7
16	3+000	97	71	41	19	0	0	22	7
17	3+200	102	78	44	12	0	0	23	7

Autor: Ronald Cervantes

• **Corrección de deflexiones por temperatura**

Debido a los cambios climáticos existentes presentes en el registro de los datos es necesario realizar una corrección a todas las deflexiones tomando en cuenta una temperatura estándar de 20 °C, como se indica en la siguiente ecuación:

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{D_o}{0.001 * (t - 20^{\circ}C) * (h) + 1}$$

Ecuación 9

Donde:

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

D_o : Deflexión recuperable

t : Temperatura del pavimento

h : Espesor de la capa asfáltica

Con los datos obtenidos de la tabla 25, se presenta un cálculo típico y la tabla con las deflexiones corregidas por temperatura.

$$D_{20^{\circ}C} = \frac{76}{0.001 * (21 - 20) * (7) + 1}$$

$$D_{20^{\circ}C} = 75.7 \times 10^{-2} mm$$

Tabla 26. Deflexiones corregidas por temperatura

N°	ABSCISA	Deflexión corregida (x 10e-2 mm)					
		d0	d25	d50	d100	d500	d800
1	0+000	75.7	49.9	29.0	8.1	0.0	0.0
2	0+200	62.1	40.4	14.5	9.2	0.0	0.0
3	0+400	102.5	77.1	40.9	19.7	0.0	0.0
4	0+600	79.5	54.1	22.7	5.7	0.0	0.0
5	0+800	99.4	73.9	38.7	11.7	0.0	0.0
6	1+000	92.9	68.5	25.3	9.9	0.0	0.0
7	1+200	79.4	56.5	21.0	7.5	0.0	0.0
8	1+400	50.0	32.5	12.8	1.3	0.0	0.0
9	1+600	102.4	78.2	35.9	11.7	0.0	0.0
10	1+800	99.1	73.7	40.6	19.1	0.0	0.0
11	2+000	54.0	35.1	9.4	5.4	0.0	0.0
12	2+200	90.9	65.0	18.9	11.4	0.0	0.0
13	2+400	54.0	35.1	11.8	5.9	0.0	0.0
14	2+600	107.6	82.6	40.2	19.0	0.0	0.0
15	2+800	107.6	80.6	47.9	21.0	0.0	0.0
16	3+000	95.2	69.5	39.9	18.3	0.0	0.0

17	3+200	99.3	75.8	42.6	11.3	0.0	0.0
----	-------	------	------	------	------	-----	-----

Autor: Ronald Cervantes

- **Corrección por estacionalidad**

Debido a las características que presenta el suelo se tomó en cuenta un tipo de suelo arenoso permeable con una estación seca, y se toman los valores de la tabla de los factores de corrección según CONREVIAl [18].

Tabla 27. Factores de corrección por estacionalidad

Tipo suelo subrasante	Estación lluviosa	Estación seca
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

Fuente: Estudio de carreteras, CONREVIAl, Perú

Para realizar la corrección de las deflexiones por estacionalidad se multiplica el factor de corrección que es 1.2 para este proyecto por la deflexión corregida por temperatura.

$$D = 1.2 * D_{20^{\circ}C}$$

Donde:

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

D : Deflexión corregida por estacionalidad

Con los datos de la tabla 27, se presenta un cálculo típico y la tabla de las deflexiones corregidas por la estacionalidad.

$$D = 1.2 * 75.7$$

$$D = 90.9 \times 10^{-2} mm$$

Tabla 28. Deflexiones corregidas por la estacionalidad

N°	ABSCISA	Deflexión corregida (x 10e-2 mm)					
		d0	d25	d50	d100	d500	d800
1	0+000	90.9	59.9	34.8	9.7	0.0	0.0
2	0+200	74.5	48.4	17.4	11.1	0.0	0.0
3	0+400	123.1	92.5	49.1	23.6	0.0	0.0
4	0+600	95.4	64.9	27.3	6.8	0.0	0.0
5	0+800	119.2	88.7	46.5	14.0	0.0	0.0
6	1+000	111.5	82.3	30.4	11.8	0.0	0.0
7	1+200	95.3	67.8	25.2	9.0	0.0	0.0
8	1+400	59.9	39.0	15.4	1.5	0.0	0.0

9	1+600	122.9	93.9	43.1	14.0	0.0	0.0
10	1+800	118.9	88.5	48.7	22.9	0.0	0.0
11	2+000	64.8	42.1	11.3	6.5	0.0	0.0
12	2+200	109.1	78.0	22.7	13.6	0.0	0.0
13	2+400	64.8	42.1	14.1	7.1	0.0	0.0
14	2+600	129.1	99.1	48.2	22.8	0.0	0.0
15	2+800	129.1	96.8	57.5	25.1	0.0	0.0
16	3+000	114.2	83.4	47.9	21.9	0.0	0.0
17	3+200	119.2	91.0	51.1	13.6	0.0	0.0

Autor: Ronald Cervantes

- **Radio de curvatura**

El cálculo del radio de curvatura se realiza para ver la relación que posee la vía que se está analizando entre el pavimento y las deflexiones calculadas, para esto es necesario aplicar la siguiente ecuación:

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}}$$

Ecuación 10

Donde:

Rc: Radio de curvatura en metros

D₀: Deflexión máxima a los 0 metros

D₂₅: Deflexión a los 0.25 metros

Tomando en cuenta los datos de la tabla 28, se presenta un cálculo típico y la tabla de los radios de curvatura.

$$Rc = \frac{3125}{90.9 - 59.9}$$

$$Rc = 100.8 \text{ m}$$

Tabla 29. Radios de curvatura

Nº	ABSCISA	Dc (x10 ²)		Rc
		d0	d25	m
1	0+000	90.9	59.9	100.8
2	0+200	74.5	48.4	119.8
3	0+400	123.1	92.5	102.1
4	0+600	95.4	64.9	102.4
5	0+800	119.2	88.7	102.4
6	1+000	111.5	82.3	106.8
7	1+200	95.3	67.8	113.5
8	1+400	59.9	39.0	148.9
9	1+600	122.9	93.9	107.7

10	1+800	118.9	88.5	102.7
11	2+000	64.8	42.1	137.9
12	2+200	109.1	78.0	100.8
13	2+400	64.8	42.1	137.9
14	2+600	129.1	99.1	104.0
15	2+800	129.1	96.8	96.6
16	3+000	114.2	83.4	101.6
17	3+200	119.2	91.0	111.0
Promedio:		102.5	74.02	109.9

Autor: Ronald Cervantes

- **Deflexión Característica**

Con los datos de las deflexiones máximas recuperables (tabla 29) se procede a calcular la desviación estándar.

Tabla 30. Desviación estándar de las deflexiones recuperables máximas

Nº	ABSCISA	D0	(Dm-D0)	(Dm-D0)^2
1	0+000	90.9	-11.6	134.2
2	0+200	74.5	-28.0	781.6
3	0+400	123.1	20.6	424.1
4	0+600	95.4	-7.1	49.9
5	0+800	119.2	16.8	281.7
6	1+000	111.5	9.1	82.1
7	1+200	95.3	-7.1	50.8
8	1+400	59.9	-42.5	1808.0
9	1+600	122.9	20.4	416.9
10	1+800	118.9	16.5	270.9
11	2+000	64.8	-37.7	1421.0
12	2+200	109.1	6.6	43.4
13	2+400	64.8	-37.7	1421.0
14	2+600	129.1	26.7	710.6
15	2+800	129.1	26.7	710.6
16	3+000	114.2	11.7	137.6
17	3+200	119.2	16.7	279.0
Promedio:		102.5	Σ	9023.5

Autor: Ronald Cervantes

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

Donde:

σ : Desviación estándar

D_i : Deflexión recuperable máxima corregida

\bar{D} : Deflexión media

n : Número de datos

Con los datos obtenidos en la tabla 30 se realiza el cálculo de la desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{9023.5}{(17 - 1)}}$$
$$\sigma = 23.7$$

El estudio CONREVIAl presenta una tabla de ecuaciones para la deflexión característica que se muestra a continuación:

Tabla 31. Ecuaciones para el cálculo de la deflexión característica

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

Fuente: Estudio CONREVIAl

El método CONREVIAl del consorcio de rehabilitación vial de Perú, recomienda trabajar con un 5% de probabilidad de superación de área, es decir con un valor de diseño del 95% de probabilidad, lo cual indica que la deflexión sea mayor a la deflexión característica.

$$D_c = \bar{D} + 1.645 * \sigma$$

Ecuación 11

$$D_c = 102.5 + 1.645 * 23.7$$

$$D_c = 141.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- **Cálculo de ejes equivalentes**

El cálculo de los ejes equivalentes es realizado ya que existen varios tipos de vehículos pesados que circulan por la carretera, por este motivo es necesario transformarlos a ejes equivalentes con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$W18 = \left(\sum_{i=1}^n FD * TPDA \right) * 365 * Fd * DI$$

Donde:

W18: Valor de los ejes equivalentes

TPDA: Tránsito promedio diario anual de diseño con periodo de 20 años

FD: Factor de daño

Fd: Factor de distribución direccional

DI: Porcentaje de W18 en el carril DI

En la siguiente tabla se presentan los factores de daño en relación con el tipo del vehículo.

Tabla 32. Factores de daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de daño (FD)
	Ton	(P/6.6) ⁴	Ton	(P/8.2) ⁴	Ton	(P/15) ⁴	Ton	(P/23) ⁴	
Bus	4	0.135	8	0.906	-	-	-	-	1.041
C-2P	2.5	0.021	-	-	-	-	-	-	1.286
	7	1.265	-	-	-	-	-	-	
C-2G	6	0.683	11	3.238	-	-	-	-	3.921
C-5	-	-	-	-	18	2.074	-	-	
	6	0.683	-	-	18	2.074	-	-	4.830

Fuente: Guía técnica de pavimento, Ing. Fricson Moreira

Según el número de carriles se presenta en la siguiente tabla los factores de distribución:

Tabla 33. Factores de distribución direccional

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

Fuente: Diseño de Pavimentos, AASHTO 93

En la siguiente tabla, se presentan los datos obtenidos por el cálculo de los ejes equivalentes tanto para los dos sentidos y por carril:

$$W18 = [(66 * 1.04 + 99 * 1.29 + 39 * 3.92 + 16 * 4.83) * 365] * 0.50 * 1$$

$W_{18} = 77785$ ejes equivalentes

Tabla 34. Cálculo de Ejes Equivalentes

AÑO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	W18 Acumulado	W18 por carril
			C- 1	C- 2	C- 3				
2020	1505	66	99	39	16	154	1725	155570	77785
2021	1552	67	102	40	17	159	1778	316124	158062
2022	1600	68	104	41	17	162	1830	479428	239714
2023	1650	69	107	42	18	167	1886	647714	323857
2024	1701	69	110	43	18	171	1941	818840	409420
2025	1754	70	113	44	19	176	2000	994948	497474
2026	1779	70	114	44	19	177	2026	1171526	585763
2027	1829	71	117	45	19	181	2081	1351322	675661
2028	1880	72	119	47	20	186	2138	1537062	768531
2029	1934	72	122	48	20	190	2196	1725642	862821
2030	1988	73	125	49	21	195	2256	1919204	959602
2031	2044	74	128	50	21	199	2317	2115986	1057993
2032	2102	74	131	51	22	204	2380	2317370	1158685
2033	2161	75	134	52	22	208	2444	2521974	1260987
2034	2222	76	138	54	23	215	2513	2733460	1366730
2035	2285	77	141	55	23	219	2581	2948166	1474083
2036	2349	77	144	56	24	224	2650	3167474	1583737
2037	2415	78	148	58	24	230	2723	3391902	1695951
2038	2483	79	151	59	25	235	2797	3621312	1810656
2039	2553	79	155	60	26	241	2873	3855794	1927897
2040	2625	80	158	62	26	246	2951	4094926	2047463

Autor: Ronald Cervantes

- **Cálculo de la deflexión admisible**

Con respecto al número de ejes equivalentes se puede calcular la deflexión admisible utilizando la siguiente ecuación:

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

Ecuación 12

Donde:

D_{adm} : Deflexión admisible en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{0.078}\right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{adm} = 196.09 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- **Cálculo de la deflexión crítica**

Con respecto a los ejes equivalentes acumulados se puede obtener al valor de la deflexión crítica utilizando la siguiente ecuación:

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

Ecuación 13

Donde:

D_{cr} : Deflexión crítica en millones

W_{18} : Número de ejes equivalentes

$$D_{adm} = \left(\frac{1.9}{0.078}\right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{adm} = 182.75 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Una vez realizado los cálculos de las deflexiones, el método de CONREVIAL propone determinar el tipo de deflexión comparando las deflexiones y el radio de curvatura como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 35. Tipo de deflexiones

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: Estudio CONREVIAL, Perú

Teniendo en cuenta el tipo de deflexión se presenta una tabla de las deflexiones del año a ser evaluado.

Tabla 36. Deflexiones de la vía del año 2020

Año de Estudio					
Nº	ABSCISA	D0	Dc	Dadm	Dcr
		1e-2mm			
1	0+000	90.9	141.53	196.09	196.09
2	0+200	74.5	141.53	196.09	196.09
3	0+400	123.1	141.53	196.09	196.09

4	0+600	95.4	141.53	196.09	196.09
5	0+800	119.2	141.53	196.09	196.09
6	1+000	111.5	141.53	196.09	196.09
7	1+200	95.3	141.53	196.09	196.09
8	1+400	59.9	141.53	196.09	196.09
9	1+600	122.9	141.53	196.09	196.09
10	1+800	118.9	141.53	196.09	196.09
11	2+000	64.8	141.53	196.09	196.09
12	2+200	109.1	141.53	196.09	196.09
13	2+400	64.8	141.53	196.09	196.09
14	2+600	129.1	141.53	196.09	196.09
15	2+800	129.1	141.53	196.09	196.09
16	3+000	114.2	141.53	196.09	196.09
17	3+200	119.2	141.53	196.09	196.09
Promedio		102.47	141.53	196.09	196.09
Resultados					
Deflexión Promedio (Dm)			102.47e-2 mm		
Desviación estándar (σ)			23.75		
Deflexión Característica (Dc)			141.53e-2 mm		
Deflexión Admisible (Dadm)			196.09e-2 mm		
Deflexión Crítica (Dcr)			196.09e-2 mm		
Evaluación Estructural					
Comportamiento subrasante			Tipo		
D < Dadm			I, curva extensa profunda		
141.53e-2mm < 196.09e-2mm					
Comportamiento pavimento					
Rc > 100m					
109.9m > 100m					

Autor: Ronald Cervantes

Con los datos obtenidos en la vía de estudio, se obtiene que la vía tiene un buen comportamiento en su estructura, en la capa de rodadura o en su superficie necesita realizarse algunas correcciones.

Una vez obtenidos todos los valores de las deflexiones se procede a realizar una gráfica del estado actual de la vía.

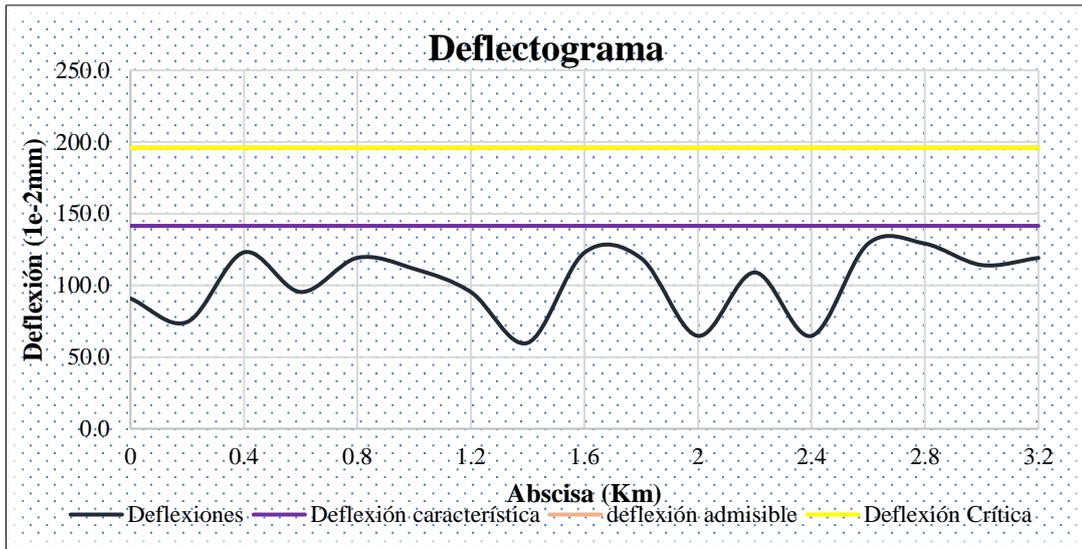


Fig. 11 Gráfica de deflexiones

Autor: Ronald Cervantes

La siguiente gráfica representa la comparación de la deflexión característica en relación con las deflexiones tolerables de los años 2025, 2030, 2035 y 2040.

Tabla 37. Deflexiones tolerables y críticas para cada 5 años

Año	W18	Dc	Dadm	Dcr
2020	77785	125.26	196.09	182.75
2024	409420	125.26	129.46	133.59
2025	497474	125.26	123.31	128.77
2030	959602	125.26	104.63	113.76
2040	2047463	125.26	86.57	98.60

Autor: Ronald Cervantes

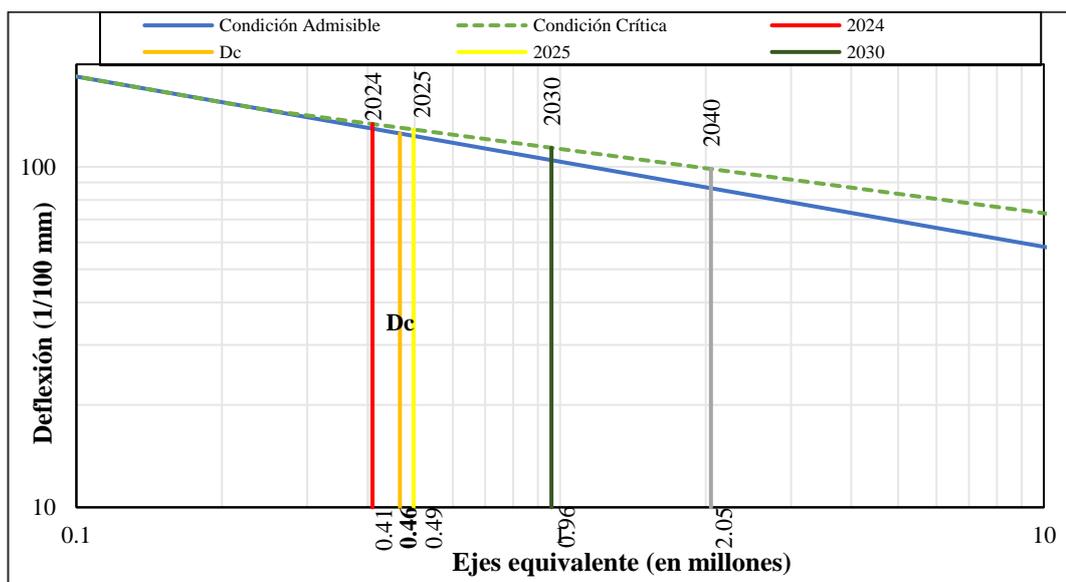


Fig. 12 Deflexiones tolerables

Autor: Ronald Cervantes

Con la ayuda de la figura 12, se puede apreciar que la deflexión característica se encuentra entre los años 2024 y 2025, lo que se puede interpretar como que el diseño actual del pavimento logrará brindar comodidad y serviciabilidad a sus usuarios de la vía hasta el año 2025. Pasado este año se comenzará a evidenciar un desgaste notorio del pavimento, se estima que el pavimento presentará fallas como piel de cocodrilo, fallas por fatiga y ahuellamiento en la capa de rodadura.

3.1.8. Estudio de Suelos

Para el estudio de suelos se tomaron 4 muestras de 50kg de material realizando calicatas o pozos a cielo abierto con medidas de 1m x 0.8m, cada pozo tiene una profundidad de 0.85m a 1.2m aproximadamente. El material obtenido se utilizará para realizar los ensayos de granulometría, límites de consistencia, CBR y proctor modificado.

En la siguiente tabla se muestra la ubicación georreferenciada del lugar de donde fueron obtenidas cada una de las muestras de suelo.

Tabla 38. Ubicación de las muestras de suelo

N° Calicata	Abscisa	Coordenadas (zona 17)	
		Este	Norte
1	0+200	763212.98	9863105.34
2	1+600	762523.90	9863528.92
3	2+800	762244.17	9864251.85
4	3+200	761890.63	9864084.35

Autor: Ronald Cervantes

- **Clasificación de Suelos**

Para identificar el tipo de suelo que posee la vía en estudio, fue necesario realizar un análisis granulométrico como se muestra en el anexo C.

Para obtener la plasticidad del suelo se realizaron tiras de 250 gramos de suelo que pasa el tamiz #40 de 3mm de diámetro aproximadamente, los rollitos no lograron tener una consistencia uniforme y se deshacían, por lo que se determina que el suelo de la vía en estudio es un suelo no plástico.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de suelo con sus respectivos porcentajes de grava, arena y finos.

Tabla 39. Identificación del tipo de suelo

Calicata	Grava	Arena	Finos	AASHTO	SUCS
----------	-------	-------	-------	--------	------

1	0.00%	27.66%	72.34%	A-4	Arenas muy finas y limos inorgánicos (ML)
2	0.00%	24.63%	75.37%	A-5	Arenas muy finas y limos inorgánicos (ML)
3	0.00%	23.21%	76.79%	A-6	Arenas muy finas y limos inorgánicos (ML)
4	0.00%	27.45%	72.55%	A-7	Arenas muy finas y limos inorgánicos (ML)

Autor: Ronald Cervantes

- **Proctor modificado – Compactación del suelo**

Para realizar el cálculo del CBR, es necesario obtener el contenido óptimo de humedad, para esto se realiza el ensayo de proctor modificado, este ensayo permite realizar una relación entre la densidad de un suelo y el contenido de humedad. En el anexo C se muestra cómo se obtienen los datos de este ensayo.

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos por el ensayo de cada una de las muestras obtenidas.

Tabla 40. Datos del ensayo del proctor modificado

Calicata	AASHTO	Tipo de Suelo	Densidad Seca (gr/cm ³)	Humedad Óptima (%)
1	A-4	Arenas muy finas y limos inorgánicos	1.64	15.61
2	A-4	Arenas muy finas y limos inorgánicos	1.66	12.32
3	A-4	Arenas muy finas y limos inorgánicos	1.67	15.40
4	A-4	Arenas muy finas y limos inorgánicos	1.57	16.25

Autor: Ronald Cervantes

- **Relación de Soporte de California (CBR)**

Este ensayo permite obtener un contenido de humedad óptimo midiendo la resistencia a corte de un suelo, esto se logra mediante un análisis de compactación y densidad seca. En la siguiente tabla se muestran los valores del CBR con su respectiva clasificación general y su uso:

Tabla 41. CBR y su clasificación del suelo

CBR	Clasificación General	Uso
2-5	Muy Mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante

8-20	Regular - Buena	Subrasante
20-30	Excelente	Subrasante
30-60	Buena	Subbase
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: Diseño de pavimentos, AASTO-93

En el anexo C se muestra la obtención del CBR de cada una de las muestras de suelo obtenidas en el campo.

En la siguiente tabla se muestran los datos del CBR.

Tabla 42. Resumen de datos del CBR

Calicata	Abscisa	CBR (%)	Clasificación	Uso
1	0+200	6.83	Mala	Subrasante
2	1+600	8.31	Regular-Buena	Subrasante
3	2+800	8.84	Regular-Buena	Subrasante
4	3+200	8.02	Regular-Buena	Subrasante

Autor: Ronald Cervantes

Después de haber realizado los ensayos se obtiene un promedio de CBR del 8.00%, con lo que se puede apreciar que como subrasante tiene un comportamiento de regular a bueno.

3.1.9. Plan de conservación vial

Con el fin de proponer un plan de conservación vial, se procede a interpretar los datos obtenidos por el índice de condición del pavimento (PCI) junto con las deflexiones dadas por el análisis de la viga Benkelman y los análisis de los ensayos de suelos para poder sacar las conclusiones sobre la vía en estudio.

Con los datos de la tabla 23 la cual muestra los valores obtenidos del PCI, se lograron interpretar que en la vía Ambato – Quisapincha en las abscisas 0+000 hasta la abscisa 3+200 es recomendable realizar un mantenimiento de rutina para lograr preservar su estructura, existen varios puntos con excepciones en los cuales su mantenimiento se recomienda que debe ser periódico, para esto se muestra en la siguiente tabla el tipo de fallas que presenta la vía y su respectiva solución.

Tabla 43. Tipo de fallas existentes en la vía Ambato – Quisapincha con sus soluciones

Tipo de Falla	Abscisa inicial	Abscisa Final	Cantidad a intervenir	Unidad	Solución
1-Piel de cocodrilo	0+200	0+225	21.57	m ²	Sobrecarpeta, Sello Superficial.
	0+400	0+425	11.15		
	0+600	0+625	10.2		

	0+800	0+825	4.57		
	2+000	2+025	7.5		
	2+200	2+225	4.13		
	2+400	2+425	22.95		
	2+600	2+625	10.04		
	2+800	2+825	9.19		
	3+000	3+025	4.25		
	3+175	3+200	7.19		
3-Agrietamiento en bloque	0+200	0+225	18.15	m^2	Sellado de grietas, escarificado en caliente y sobrecarpeta, reciclado superficial.
	0+400	0+425	17.05		
	2+000	2+025	5.4		
4-Abultamientos y hundimientos	1+400	1+425	1.99	m^2	Parqueo profundo o parcial.
6-Depresión	0+400	0+425	3.41	m^2	Parqueo superficial o parcial.
10-Grietas longitudinales y transversales	0+600	0+625	14.8	m	Sellado de grietas.
	0+800	0+825	6.9		
	1+000	1+025	1.1		
	1+200	1+225	5.7		
	1+400	1+425	0.7		
	1+600	1+625	1.7		
	1+800	1+825	0.75		
	2+200	2+225	8.21		
	2+600	2+625	2.5		
11-Parqueo	0+800	0+825	4	m^2	Sustitución de parches.
	1+000	1+025	0.38		
	1+200	1+225	0.76		
	1+600	1+625	1.14		
	2+000	2+025	12.42		
	2+600	2+625	0.78		
13-Huecos	2+800	2+825	1	u	Parqueo superficial o profundo.
	3+000	3+025	1		
	3+175	3+200	1		
16-Grietas parabólicas	0+800	0+825	0.84		Sellado de grietas.
18-Desprendimiento de agregados	3+000	3+025	34.65	m^2	Sellado superficial, sobrecarpeta o tratamiento superficial.
	3+175	3+200	34.02		

Autor: Ronald Cervantes

Una vez interpretados los datos de las deflexiones, se determina que el modelo de deformación del pavimento es de TIPO I, lo cual quiere decir que la estructura del

pavimento y la subrasante tienen un buen comportamiento, gracias a que presentan una deflexión pequeña y un radio de curvatura mediano, teniendo en cuenta la figura 12, se puede observar que la vía presenta una serviciabilidad hasta el año 2024. Estos datos se pueden confirmar con los datos obtenidos por el CBR, la cual se pudo interpretar como una calidad de la subrasante de regular a buena y que la estructura del pavimento en general es buena, por ende, el pavimento requiere de tratamiento superficial.

Con los datos ya mencionados e interpretados se procede a plantear la siguiente propuesta de conservación:

Se propone realizar un mantenimiento rutinario cada cierto periodo de tiempo, mínimo una vez al año teniendo en cuenta las siguientes actividades.

Tabla 44. *Actividades para el mantenimiento vial rutinario y periódico*

N°	Actividad	Cantidad	Unidad
1	Sellado superficial	181.41	m ²
2	Sellado de grietas y fisuras	196.54	m
3	Parcheo parcial	8.4	m ²
4	Limpieza de cunetas	1550	m
5	Pintado de pavimento	-	-
6	Mantenimiento de señalización vertical	-	-
7	Mantenimiento de señalización horizontal	-	-
8	Limpieza general de la vía	-	-

Autor: Ronald Cervantes

Las cantidades de las actividades presentadas en la anterior tabla 43, se justifican en el anexo B en el cual se detalla el análisis PCI.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con los datos obtenidos del levantamiento georreferenciado se realizó un modelo digital de la vía y se realizó el conteo vehicular de la vía Ambato – Quisapincha desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200 realizado en el mes de septiembre de 2020 con lo cual, se determinó el TPDA de 1567 vehículos por día y un TPDAf con una proyección de 20 años de 2951 vehículos por día, obteniendo la clasificación de la vía como colectora clase III, determinando así que en 20 años el número de carriles satisface a los carriles ya existentes.
- Al analizar la evaluación de la vía por el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) se obtuvieron 16 unidades de muestreo las cuales sirvieron para obtener el PCI promedio de la vía el cual es 66.5, indicando que la vía está en un rango BUENO lo que indica que la vía solo necesita un mantenimiento rutinario.
- Mediante los datos obtenidos por la tabla 36 de las deflexiones obtenidas por el ensayo de la viga Benkelman, se puede concluir que la vía en estudio presenta deflexiones Tipo I, indicando que necesita de algunas correcciones en la capa de rodadura y también necesita de un mantenimiento rutinario, no obstante, con los resultados de la figura 12 se deduce que la vía tendrá fallas graves de manera general en el año 2025.
- Se concluyó que la subrasante presenta un comportamiento de regular a bueno por los datos obtenidos en laboratorio del CBR dando un promedio de 8.00% y que en la abscisa 0+200 es necesario mejorar la subrasante ya que tiene un CBR de 6.83% presentando un comportamiento de la subrasante malo.
- Con la interpretación de la información obtenida por los ensayos y métodos en el presente proyecto técnico sobre la vía Ambato – Quisapincha de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+200, se propone la tabla 43, en la cual se recomienda realizar un mantenimiento rutinario para mantener los niveles de serviciabilidad en la vía como se detalla en la misma.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar una vestimenta adecuada como chaleco reflectivo, casco, ropa cómoda y un calzado adecuado al momento de realizar las visitas de campo, para así evitar accidentes en vía.
- Se recomienda tener en cuenta la calibración de los equipos a ser utilizados, tales como lo son el GPS, el dial de la viga Benkelman y los equipos de laboratorio, con el fin de reducir el margen de error en los resultados.
- Se recomienda analizar el tráfico vehicular anualmente durante 12 horas diarias por una semana, con esto se logrará determinar los índices de crecimiento vehicular en el sector.
- Para tener un conocimiento del estado de la vía se recomienda realizar el ensayo de la evaluación de la condición del pavimento una vez por cada año y el ensayo de la evaluación de las deflexiones con la viga Benkelman se recomienda realizarlo una vez cada 3 o 4 años.

MATERIAL DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍAS

- [1] L. A. Cabrera Quito y W. Anastacio Ynga, Sistema de gestión de conservación vial- SGCV, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2017.
- [2] A. S. o. C. Engineers, “Infrastructure Report Card”, American Society of Civil Engineers, 2017. [Online]. Available: <https://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/roads/>.
- [3] I. M. A. Q. Lujan, “Mantenimiento de caminos rurales”, de Diseño, construcción, Mantenimiento de carreteras, I y IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial, Lima- Perú, Instituto de Construcción y Gerencia, 2005, pp. 120-130.
- [4] E. D. R. Velásquez, Cálculo del índice de pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla, Piura: Universidad de Piura, 2014.
- [5] A. S. o. T. Materials, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, West Conshohocken: ASTM International, 2003.
- [6] L. R. V. Varela, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Manizales: Unidad Nacional de Colombia, 2012.
- [7] Gerson Javier Pérez V., “La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia”, Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana 012679, Banco de la República - Economía Regional, 2005.
- [8] N. Para and E. Y. Diseño, “Ministerio De Transporte Y Obras,” 2013.
- [9] P. Cayambe y J. Santillán. “Evaluación de pavimentos flexibles por el método PAVER y propuesta de mantenimiento vial integral de la carretera Colta-Alausi de la provincia de Chimborazo”. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba-Ecuador, 2015.
- [10] “Para tener vías de calidad,” 2018. [Online]. Available: <https://www.tungurahua.gob.ec/index.php/informativo-hgpt/principales/2750-para-tener-vias-de-calidad>.
- [11] J. Marquínez, Modelos digitales del terreno, Principado. Oviedo, 1994.
- [12] H. C. Meza, “Evaluación deflectométrica obtenida con la viga Benkelman y diseño de estructuras de pavimentos por el método AASHTO 2008 en la

- avenida Hartley del distrito de José Luis Bustamante y Rivero-Arequipa,” Universidad Católica de Santa María, 2017.
- [13] R. Cal y Mayor and J. Cárdenas, Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones, 9na ed. México, 2018.
- [14] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Volumen No2–Libro A Norma para estudios Y diseños viales; Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP, vol. NEVI-12-MT. ECUADOR, 2013.
- [15] L. Vásquez, Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 1ra ed. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [16] R. Zevallos, “Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca,” Universidad César Vallejo, 2018.
- [17] H. Rondón and F. Reyes, Pavimentos: materiales, construcción y diseño, Ecoedici. Bogotá, Colombia, 2015.
- [18] G. Carrera, “Control de la deflexión vertical con viga Benkelman monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo km.110+000 al km.112+000,” Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2010.
- [19] D. Pérez, “Análisis y comparación de los métodos para la formulación de dictámenes técnicos en la conservación de carreteras,” UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2014.
- [20] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, “Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos,” Mecánica de Suelos. p. 644, 2005.
- [21] G. Duque and C. Escobar, Geomecánica, 1ra ed. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [22] P. A. Gordillo and S. F. Navas, “Análisis de la aplicación de la Norma ASTM D 6951 - 03 para estimar el índice del CBR en un suelo de la ciudad de Cuenca,” UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2018.
- [23] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, “Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México 2014,” Ciudad de México, México, 2014.

ANEXOS

**ANEXO A
CONTEO VEHICULAR**

Anexo A-1. Formato de tabla para realizar el conteo vehicular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200								Sentido:		
Fecha:				Abscisa:					Estación:	
HORA		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO	
				C-1	C-2	C-3				
7:00	7:15									
7:15	7:30									
7:30	7:45									
7:45	8:00									
8:00	8:15									
8:15	8:30									
8:30	8:45									
8:45	9:00									
9:00	9:15									
9:15	9:30									
9:30	9:45									
9:45	10:00									
10:00	10:15									
10:15	10:30									
10:30	10:45									
10:45	11:00									
11:00	11:15									
11:15	11:30									
11:30	11:45									
11:45	12:00									
12:00	12:15									
12:15	12:30									
12:30	12:45									
12:45	13:00									
13:00	13:15									
13:15	13:30									
13:30	13:45									
13:45	14:00									
14:00	14:15									
14:15	14:30									
14:30	14:45									
14:45	15:00									
15:00	15:15									
15:15	15:30									
15:30	15:45									
15:45	16:00									
16:00	16:15									
16:15	16:30									
16:30	16:45									
16:45	17:00									
17:00	17:15									
17:15	17:30									
17:30	17:45									
17:45	18:00									
18:00	18:15									
18:15	18:30									
18:30	18:45									
18:45	19:00									
TOTAL										

Anexo A-2. Conteo vehicular, día 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200						Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:	21/8/2020			Abscisa:		2+700	Estación:	1	
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL	TOTAL	TOTAL ACOMULADO	
			C-1	C-2	C-3	CAMIONES			
7:00	7:15	33	1	1	0	0	1	35	
7:15	7:30	31	1	1	0	1	2	34	
7:30	7:45	34	1	1	1	0	2	37	
7:45	8:00	38	2	1	1	0	2	42	148
8:00	8:15	31	1	2	0	0	2	34	147
8:15	8:30	28	1	1	0	1	2	31	144
8:30	8:45	26	2	1	0	0	1	29	136
8:45	9:00	44	1	1	1	0	2	47	141
9:00	9:15	43	2	1	0	0	1	46	153
9:15	9:30	48	1	2	1	1	4	53	175
9:30	9:45	34	2	1	1	0	2	38	184
9:45	10:00	40	2	1	0	0	1	43	180
10:00	10:15	39	1	2	1	0	3	43	177
10:15	10:30	38	3	1	0	0	1	42	166
10:30	10:45	35	1	1	0	0	1	37	165
10:45	11:00	36	2	2	0	0	2	40	162
11:00	11:15	33	1	1	1	0	2	36	155
11:15	11:30	34	3	1	0	1	2	39	152
11:30	11:45	40	2	1	0	0	1	43	158
11:45	12:00	32	1	2	1	1	4	37	155
12:00	12:15	38	1	3	0	0	3	42	161
12:15	12:30	27	2	1	0	0	1	30	152
12:30	12:45	25	2	1	1	0	2	29	138
12:45	13:00	26	3	1	1	0	2	31	132
13:00	13:15	28	1	1	0	0	1	30	120
13:15	13:30	31	1	2	0	1	3	35	125
13:30	13:45	30	2	1	1	0	2	34	130
13:45	14:00	33	1	2	0	1	3	37	136
14:00	14:15	37	1	1	1	0	2	40	146
14:15	14:30	39	2	1	0	0	1	42	153
14:30	14:45	42	1	1	1	0	2	45	164
14:45	15:00	45	2	1	1	0	2	49	176
15:00	15:15	41	1	2	1	0	3	45	181
15:15	15:30	47	2	2	0	1	3	52	191
15:30	15:45	46	1	2	1	0	3	50	196
15:45	16:00	44	1	1	0	0	1	46	193
16:00	16:15	34	2	1	0	1	2	38	186
16:15	16:30	37	1	2	0	0	2	40	174
16:30	16:45	39	3	1	0	0	1	43	167
16:45	17:00	40	1	1	1	1	3	44	165
17:00	17:15	38	2	1	1	0	2	42	169
17:15	17:30	25	1	1	0	0	1	27	156
17:30	17:45	29	2	1	1	1	3	34	147
17:45	18:00	33	1	2	0	0	2	36	139
18:00	18:15	38	1	1	1	0	2	41	138
18:15	18:30	35	1	2	0	0	2	38	149
18:30	18:45	32	1	1	0	0	1	34	149
18:45	19:00	31	2	2	1	0	3	36	149
TOTAL		1707	73	64	21	11	96	1876	6931

Anexo A-3. Conteo vehicular, día 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200						Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:	22/8/2020		Abscisa:			2+700	Estación:	1	
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO	
			C-1	C-2	C-3				
7:00	7:15	31	1	1	1	1	3	35	
7:15	7:30	35	1	1	0	0	1	37	
7:30	7:45	38	2	1	0	0	1	41	
7:45	8:00	39	1	1	0	0	1	41	154
8:00	8:15	34	1	1	0	0	1	36	155
8:15	8:30	35	1	1	1	0	2	38	156
8:30	8:45	37	3	1	0	0	1	41	156
8:45	9:00	29	1	2	1	1	4	34	149
9:00	9:15	35	1	1	0	0	1	37	150
9:15	9:30	28	1	1	1	0	2	31	143
9:30	9:45	33	1	1	0	0	1	35	137
9:45	10:00	42	1	1	1	0	2	45	148
10:00	10:15	45	1	2	1	1	4	50	161
10:15	10:30	42	2	1	1	0	2	46	176
10:30	10:45	38	1	1	0	0	1	40	181
10:45	11:00	39	1	1	0	0	1	41	177
11:00	11:15	29	1	1	0	1	2	32	159
11:15	11:30	33	2	1	1	0	2	37	150
11:30	11:45	31	1	1	0	0	1	33	143
11:45	12:00	34	1	2	0	1	3	38	140
12:00	12:15	29	1	2	0	1	3	33	141
12:15	12:30	43	2	1	0	0	1	46	150
12:30	12:45	35	2	1	1	0	2	39	156
12:45	13:00	33	1	1	1	0	2	36	154
13:00	13:15	32	2	1	0	0	1	35	156
13:15	13:30	40	1	1	1	0	2	43	153
13:30	13:45	35	2	1	1	0	2	39	153
13:45	14:00	30	1	2	0	1	3	34	151
14:00	14:15	29	1	1	1	0	2	32	148
14:15	14:30	26	1	1	0	0	1	28	133
14:30	14:45	28	1	1	1	1	3	32	126
14:45	15:00	31	2	2	1	0	3	36	128
15:00	15:15	32	1	1	1	0	2	35	131
15:15	15:30	38	2	1	0	0	1	41	144
15:30	15:45	36	1	2	1	0	3	40	152
15:45	16:00	34	1	1	0	0	1	36	152
16:00	16:15	35	2	1	0	1	2	39	156
16:15	16:30	38	1	2	1	0	3	42	157
16:30	16:45	39	1	1	0	0	1	41	158
16:45	17:00	34	1	1	1	1	3	38	160
17:00	17:15	28	1	1	1	0	2	31	152
17:15	17:30	29	1	1	0	0	1	31	141
17:30	17:45	26	2	1	1	0	2	30	130
17:45	18:00	30	1	2	0	0	2	33	125
18:00	18:15	31	1	1	1	1	3	35	129
18:15	18:30	33	1	2	0	0	2	36	134
18:30	18:45	35	1	1	0	0	1	37	141
18:45	19:00	29	1	1	1	0	2	32	140
TOTAL		1625	61	58	23	11	92	1778	6546

Anexo A-4. Conteo vehicular, día 3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200							Sentido:		Dos sentidos	
Fecha:		23/8/2020		Abscisa:			2+700	Estación:		1
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO		
			C-1	C-2	C-3					
7:00	7:15	30	1	1	0	0	1	32		
7:15	7:30	29	1	1	0	0	1	31		
7:30	7:45	33	1	0	1	0	1	35		
7:45	8:00	35	1	1	0	0	1	37	135	
8:00	8:15	29	2	2	0	0	2	33	136	
8:15	8:30	30	1	1	1	1	3	34	139	
8:30	8:45	39	1	0	0	0	0	40	144	
8:45	9:00	40	1	1	0	0	1	42	149	
9:00	9:15	35	1	1	0	0	1	37	153	
9:15	9:30	45	1	2	1	0	3	49	168	
9:30	9:45	30	1	0	0	0	0	31	159	
9:45	10:00	35	2	1	0	1	2	39	156	
10:00	10:15	38	1	1	1	0	2	41	160	
10:15	10:30	39	2	1	0	0	1	42	153	
10:30	10:45	45	1	0	1	1	2	48	170	
10:45	11:00	30	2	2	0	0	2	34	165	
11:00	11:15	34	1	1	1	0	2	37	161	
11:15	11:30	38	2	1	0	1	2	42	161	
11:30	11:45	29	2	1	1	0	2	33	146	
11:45	12:00	33	1	0	1	0	1	35	147	
12:00	12:15	35	1	3	0	0	3	39	149	
12:15	12:30	34	2	1	0	0	1	37	144	
12:30	12:45	42	2	1	0	0	1	45	156	
12:45	13:00	40	2	2	1	0	3	45	166	
13:00	13:15	36	1	1	0	0	1	38	165	
13:15	13:30	32	1	0	0	1	1	34	162	
13:30	13:45	29	2	1	1	0	2	33	150	
13:45	14:00	35	1	2	0	1	3	39	144	
14:00	14:15	38	1	1	1	0	2	41	147	
14:15	14:30	37	1	1	0	0	1	39	152	
14:30	14:45	31	1	1	0	0	1	33	152	
14:45	15:00	30	2	1	1	0	2	34	147	
15:00	15:15	32	1	2	1	1	4	37	143	
15:15	15:30	28	1	1	0	1	2	31	135	
15:30	15:45	40	1	2	1	0	3	44	146	
15:45	16:00	41	1	1	0	0	1	43	155	
16:00	16:15	42	2	0	0	1	1	45	163	
16:15	16:30	33	1	1	0	0	1	35	167	
16:30	16:45	30	2	1	0	0	1	33	156	
16:45	17:00	39	1	0	1	0	1	41	154	
17:00	17:15	35	2	1	0	0	1	38	147	
17:15	17:30	38	1	1	0	0	1	40	152	
17:30	17:45	35	3	1	1	1	3	41	160	
17:45	18:00	32	1	2	0	0	2	35	154	
18:00	18:15	35	1	1	1	0	2	38	154	
18:15	18:30	26	1	2	0	0	2	29	143	
18:30	18:45	33	1	1	0	0	1	35	137	
18:45	19:00	28	2	1	1	0	2	32	134	
TOTAL		1662	65	51	18	10	79	1806	6702	

Anexo A-5. Conteo vehicular, día 4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200						Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:	24/8/2020		Abscisa:			2+700	Estación:	1	
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL ACOMULADO	
			C-1	C-2	C-3				
7:00	7:15	31	1	1	0	0	1	33	
7:15	7:30	33	2	1	0	1	2	37	
7:30	7:45	25	1	1	1	0	2	28	
7:45	8:00	35	1	1	0	0	1	37	135
8:00	8:15	24	1	1	0	0	1	26	128
8:15	8:30	36	1	1	1	0	2	39	130
8:30	8:45	39	1	1	0	1	2	42	144
8:45	9:00	38	1	2	0	0	2	41	148
9:00	9:15	40	2	1	0	0	1	43	165
9:15	9:30	41	1	1	0	0	1	43	169
9:30	9:45	35	1	1	1	0	2	38	165
9:45	10:00	33	2	1	0	0	1	36	160
10:00	10:15	28	1	1	0	0	1	30	147
10:15	10:30	25	2	2	0	1	3	30	134
10:30	10:45	31	1	1	1	0	2	34	130
10:45	11:00	36	1	1	0	0	1	38	132
11:00	11:15	38	1	1	0	0	1	40	142
11:15	11:30	37	1	1	0	0	1	39	151
11:30	11:45	33	2	1	0	0	1	36	153
11:45	12:00	32	1	2	0	1	3	36	151
12:00	12:15	30	3	1	0	0	1	34	145
12:15	12:30	29	1	1	0	0	1	31	137
12:30	12:45	27	2	1	1	1	3	32	133
12:45	13:00	33	1	2	1	0	3	37	134
13:00	13:15	35	1	1	0	0	1	37	137
13:15	13:30	29	1	1	0	0	1	31	137
13:30	13:45	30	2	1	1	1	3	35	140
13:45	14:00	36	1	2	0	1	3	40	143
14:00	14:15	38	1	1	1	0	2	41	147
14:15	14:30	30	1	1	0	0	1	32	148
14:30	14:45	33	1	1	1	0	2	36	149
14:45	15:00	42	2	1	0	0	1	45	154
15:00	15:15	45	1	2	1	0	3	49	162
15:15	15:30	48	2	1	0	1	2	52	182
15:30	15:45	38	1	1	1	0	2	41	187
15:45	16:00	39	1	1	0	0	1	41	183
16:00	16:15	33	1	1	0	0	1	35	169
16:15	16:30	37	2	1	0	0	1	40	157
16:30	16:45	32	1	1	0	1	2	35	151
16:45	17:00	30	1	2	0	0	2	33	143
17:00	17:15	34	2	1	1	0	2	38	146
17:15	17:30	28	1	1	0	0	1	30	136
17:30	17:45	29	1	1	1	0	2	32	133
17:45	18:00	35	2	1	0	0	1	38	138
18:00	18:15	30	1	1	0	0	1	32	132
18:15	18:30	26	1	1	0	0	1	28	130
18:30	18:45	33	1	1	1	0	2	36	134
18:45	19:00	34	1	1	0	0	1	36	132
TOTAL		1613	62	55	14	9	78	1753	6471

Anexo A-6. Conteo vehicular, día 5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200						Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:		25/8/2020		Abscisa:		2+700	Estación:	1	
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL	TOTAL	TOTAL ACOMULADO	
			C-1	C-2	C-3	CAMIONES			
7:00	7:15	30	1	1	0	0	1	32	
7:15	7:30	29	1	1	0	1	2	32	
7:30	7:45	35	1	1	1	0	2	38	
7:45	8:00	36	2	1	1	0	2	40	142
8:00	8:15	28	1	2	0	0	2	31	141
8:15	8:30	29	1	1	0	1	2	32	141
8:30	8:45	22	2	1	0	0	1	25	128
8:45	9:00	45	1	1	1	0	2	48	136
9:00	9:15	41	2	1	0	0	1	44	149
9:15	9:30	50	1	2	1	1	4	55	172
9:30	9:45	35	2	1	1	0	2	39	186
9:45	10:00	41	2	1	0	0	1	44	182
10:00	10:15	42	1	2	1	0	3	46	184
10:15	10:30	35	3	1	0	0	1	39	168
10:30	10:45	33	1	1	0	0	1	35	164
10:45	11:00	34	2	2	0	0	2	38	158
11:00	11:15	31	1	1	1	0	2	34	146
11:15	11:30	37	3	1	0	1	2	42	149
11:30	11:45	39	2	1	0	0	1	42	156
11:45	12:00	33	1	2	1	1	4	38	156
12:00	12:15	32	1	3	0	0	3	36	158
12:15	12:30	25	2	1	0	0	1	28	144
12:30	12:45	26	2	1	1	0	2	30	132
12:45	13:00	25	3	1	1	0	2	30	124
13:00	13:15	24	1	1	0	0	1	26	114
13:15	13:30	30	1	2	0	1	3	34	120
13:30	13:45	34	2	1	1	0	2	38	128
13:45	14:00	35	1	2	0	1	3	39	137
14:00	14:15	38	1	1	1	0	2	41	152
14:15	14:30	36	2	1	0	0	1	39	157
14:30	14:45	43	1	1	1	0	2	46	165
14:45	15:00	44	2	1	1	0	2	48	174
15:00	15:15	42	1	2	1	0	3	46	179
15:15	15:30	49	2	2	0	1	3	54	194
15:30	15:45	44	1	2	1	0	3	48	196
15:45	16:00	48	1	1	0	0	1	50	198
16:00	16:15	32	2	1	0	1	2	36	188
16:15	16:30	34	1	2	0	0	2	37	171
16:30	16:45	32	3	1	0	0	1	36	159
16:45	17:00	33	1	1	1	1	3	37	146
17:00	17:15	37	2	1	1	0	2	41	151
17:15	17:30	19	1	1	0	0	1	21	135
17:30	17:45	24	2	1	1	1	3	29	128
17:45	18:00	29	1	2	0	0	2	32	123
18:00	18:15	33	1	1	1	0	2	36	118
18:15	18:30	35	1	2	0	0	2	38	135
18:30	18:45	31	1	1	0	0	1	33	139
18:45	19:00	29	2	2	1	0	3	34	141
TOTAL		1648	73	64	21	11	96	1817	6723

Anexo A-7. Conteo vehicular, día 6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200							Sentido:	Dos sentidos		
Fecha:		26/8/2020		Abscisa:			2+700	Estación:	1	
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	
			C-1	C-2	C-3	CAMIONES				ACOMULADO
7:00	7:15	30	1	1	0	0	1	32		
7:15	7:30	29	1	2	1	1	4	34		
7:30	7:45	45	1	2	1	0	3	49		
7:45	8:00	38	1	1	0	0	1	40	155	
8:00	8:15	29	1	1	0	0	1	31	154	
8:15	8:30	26	2	1	1	0	2	30	150	
8:30	8:45	25	1	1	0	0	1	27	128	
8:45	9:00	49	2	2	0	0	2	53	141	
9:00	9:15	45	1	1	1	0	2	48	158	
9:15	9:30	44	1	1	0	0	1	46	174	
9:30	9:45	35	2	2	1	0	3	40	187	
9:45	10:00	45	2	1	0	0	1	48	182	
10:00	10:15	42	1	2	0	1	3	46	180	
10:15	10:30	33	2	1	0	0	1	36	170	
10:30	10:45	36	2	1	2	0	3	41	171	
10:45	11:00	37	1	1	0	1	2	40	163	
11:00	11:15	36	1	2	1	0	3	40	157	
11:15	11:30	38	2	1	0	0	1	41	162	
11:30	11:45	38	1	3	0	0	3	42	163	
11:45	12:00	39	1	2	1	1	4	44	167	
12:00	12:15	26	1	2	0	0	2	29	156	
12:15	12:30	24	2	2	0	1	3	29	144	
12:30	12:45	29	1	2	1	0	3	33	135	
12:45	13:00	27	2	1	0	0	1	30	121	
13:00	13:15	30	2	2	1	0	3	35	127	
13:15	13:30	33	1	2	0	1	3	37	135	
13:30	13:45	32	1	3	2	0	5	38	140	
13:45	14:00	36	2	2	1	1	4	42	152	
14:00	14:15	39	1	1	0	0	1	41	158	
14:15	14:30	42	2	3	2	0	5	49	170	
14:30	14:45	46	1	1	0	0	1	48	180	
14:45	15:00	50	2	1	1	1	3	55	193	
15:00	15:15	45	1	2	1	0	3	49	201	
15:15	15:30	45	2	2	0	0	2	49	201	
15:30	15:45	43	1	2	0	0	2	46	199	
15:45	16:00	49	1	2	1	0	3	53	197	
16:00	16:15	35	2	1	0	1	2	39	187	
16:15	16:30	36	1	2	0	0	2	39	177	
16:30	16:45	39	2	1	0	0	1	42	173	
16:45	17:00	36	1	1	1	0	2	39	159	
17:00	17:15	33	2	1	0	0	1	36	156	
17:15	17:30	29	1	3	0	0	3	33	150	
17:30	17:45	30	2	1	1	1	3	35	143	
17:45	18:00	35	1	2	0	0	2	38	142	
18:00	18:15	39	1	1	0	0	1	41	147	
18:15	18:30	38	1	1	0	0	1	40	154	
18:30	18:45	35	1	1	1	0	2	38	157	
18:45	19:00	21	2	2	0	0	2	25	144	
TOTAL		1741	67	76	22	10	108	1916	7116	

Anexo A-8. Conteo vehicular, día 7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: Vía Ambato - Quisapincha tramo 0+000 hasta 3+200						Sentido:	Dos sentidos	
Fecha:	27/8/2020			Abscisa:		2+700	Estación:	1
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			TOTAL	TOTAL	TOTAL ACOMULADO
			C-1	C-2	C-3	CAMIONES		
7:00	7:15	30	2	2	1	0	3	35
7:15	7:30	31	1	3	1	0	4	36
7:30	7:45	41	1	2	1	0	3	45
7:45	8:00	39	1	3	0	1	4	160
8:00	8:15	28	1	1	0	0	1	155
8:15	8:30	28	2	2	1	1	4	153
8:30	8:45	52	1	1	0	0	1	162
8:45	9:00	54	2	2	0	0	2	176
9:00	9:15	52	2	2	1	0	3	203
9:15	9:30	40	2	1	0	0	1	212
9:30	9:45	39	2	2	1	0	3	202
9:45	10:00	41	3	3	1	0	4	192
10:00	10:15	39	3	2	1	1	4	181
10:15	10:30	38	2	2	0	0	2	180
10:30	10:45	44	2	1	2	0	3	185
10:45	11:00	41	1	1	0	1	2	181
11:00	11:15	42	1	2	1	0	3	181
11:15	11:30	39	2	3	0	0	3	183
11:30	11:45	36	1	3	0	0	3	174
11:45	12:00	46	3	2	1	1	4	183
12:00	12:15	28	1	3	0	0	3	169
12:15	12:30	38	2	1	0	1	2	167
12:30	12:45	29	1	2	1	0	3	160
12:45	13:00	27	2	3	0	0	3	139
13:00	13:15	29	3	2	1	0	3	142
13:15	13:30	35	1	2	0	1	3	139
13:30	13:45	45	1	3	2	0	5	157
13:45	14:00	42	2	2	1	1	4	173
14:00	14:15	45	3	2	0	0	2	188
14:15	14:30	48	2	3	2	1	6	205
14:30	14:45	51	1	2	0	0	2	208
14:45	15:00	49	2	4	1	0	5	216
15:00	15:15	53	3	2	1	1	4	226
15:15	15:30	49	2	5	1	0	6	227
15:30	15:45	50	2	5	2	0	7	232
15:45	16:00	53	2	2	1	1	4	235
16:00	16:15	29	2	3	0	0	3	209
16:15	16:30	36	1	2	1	0	3	192
16:30	16:45	39	2	1	0	0	1	175
16:45	17:00	33	3	2	1	0	3	155
17:00	17:15	39	2	2	0	0	2	164
17:15	17:30	32	1	3	0	1	4	161
17:30	17:45	31	2	3	1	0	4	156
17:45	18:00	35	3	2	0	0	2	157
18:00	18:15	29	1	1	0	0	1	145
18:15	18:30	31	3	2	0	0	2	144
18:30	18:45	26	1	3	1	0	4	138
18:45	19:00	32	2	2	0	1	3	135
TOTAL	1863	88	109	29	13	151	2102	7842

ANEXO B

INDICE DE CONDICIÓN DEL

PAVIMENTO (PCI)

Anexo B-1. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		0+200		U1			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		0+225		224.38			
Tipo de Daños			ESQUEMA				
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	M	6.20	2.10		13.02	5.80%	39
3	M	5.50	3.30		18.15	8.09%	13
1-2	L	9.50	0.90		8.55	3.81%	21
VALOR DEDUCIDO TOTAL (VDT)							73
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							27

Anexo B-2. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		0+400		U2			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		0+425		200			
Tipo de Daños			ESQUEMA				
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	M	3.10	1.30		4.03	2.02%	30
1-2	L	8.90	0.80			0.00%	22
3	L	5.50	3.10		17.05	8.53%	8
6	L	1.55	2.20		3.41	1.71%	5
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							65
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							35

Anexo B-3. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		0+600		U3			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		0+625		241.25			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido	
10-1	M	10.20		10.20	4.23%	6	
1	L	8.90	1.40	12.46	5.16%	27	
10-2	L	4.60		4.60	1.91%	4	
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						37	
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD						63	

Anexo B-4. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		0+800		U4			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		0+825		200.63			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
16	L	1.20	0.70		0.84	0.42%	6.00
10-1	M	4.90			4.90	2.44%	5.00
10-2	L	0.90			0.90	0.45%	0.00
10-3	L	1.10			1.10	0.55%	0.00
11	L	3.20	1.25		4.00	1.99%	4.00
1	L	4.15	1.10		4.57	2.28%	18.00
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							33.00
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							67.00

Anexo B-5. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
FECHA		ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		1+000	U5			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL	ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		1+025	198.75			
Tipo de Daños			ESQUEMA			
No de Daño	Daño	Unidad				
1	Piel de cocodrilo	m2				
2	Exudación	m2				
3	Agrietamiento en bloque	m2				
4	Abultamientos y hundimientos	m				
5	Corrugación	m2				
6	Depresión	m2				
7	Grieta de borde	m				
8	Grieta de reflexión de junta	m				
9	Berma	m				
10	Grietas longitudinales y transversales	m				
11	Parcheo	m2				
12	Pulimento de agregados	m2				
13	Huecos	U				
14	Ahuellamiento	m2				
15	Desplazamiento	m2				
16	Grietas parabólicas	m2				
17	Hinchamiento	m2				
18	Desprendimiento de agregados	m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido
11	M	0.70		0.38	0.19%	3
10	M	1.10		1.10	0.55%	1
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						4
Cálculo del PCI						
PCI=100-VD						96

Anexo B-6. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
28/SEP/2020		1+200		U6		
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO		
RONALD CERVANTES		1+225		200		
Tipo de Daños				ESQUEMA		
No de Daño	Daño	Unidad				
1	Piel de cocodrilo	m ²				
2	Exudación	m ²				
3	Agrietamiento en bloque	m ²				
4	Abultamientos y hundimientos	m				
5	Corrugación	m ²				
6	Depresión	m ²				
7	Grieta de borde	m				
8	Grieta de reflexión de junta	m				
9	Berma	m				
10	Grietas longitudinales y transversales	m				
11	Parqueo	m ²				
12	Pulimento de agregados	m ²				
13	Huecos	U				
14	Ahuellamiento	m ²				
15	Desplazamiento	m ²				
16	Grietas parabólicas	m ²				
17	Hinchamiento	m ²				
18	Desprendimiento de agregados	m ²				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido
10-1	M	3.45		3.45	1.73%	4
10-2	L	1.45		1.45	0.73%	0
10-3	L	0.80		0.80	0.40%	0
11-1	M	0.70		0.38	0.19%	4
11-2	L	0.70		0.38	0.19%	0
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						8
Cálculo del PCI						
PCI=100-VD						92

Anexo B-7. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
28/SEP/2020		1+400		U7		
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO		
RONALD CERVANTES		1+425		199.38		
Tipo de Daños				ESQUEMA		
No de Daño	Daño		Unidad			
1	Piel de cocodrilo		m2			
2	Exudación		m2			
3	Agrietamiento en bloque		m2			
4	Abultamientos y hundimientos		m			
5	Corrugación		m2			
6	Depresión		m2			
7	Grieta de borde		m			
8	Grieta de reflexión de junta		m			
9	Berma		m			
10	Grietas longitudinales y transversales		m			
11	Parcheo		m2			
12	Pulimento de agregados		m2			
13	Huecos		U			
14	Ahuellamiento		m2			
15	Desplazamiento		m2			
16	Grietas parabólicas		m2			
17	Hinchamiento		m2			
18	Desprendimiento de agregados		m2			
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido
4-1	L	1.10		0.95	0.48%	3
4-2	L	1.15		1.04	0.52%	4
10	L	0.70		0.70	0.35%	0
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						7
Cálculo del PCI						
PCI=100-VD						93

Anexo B-8. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		1+600		U8			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		1+625		200			
Tipo de Daños			ESQUEMA				
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido	
10	L	1.70		1.70	0.85%	2	
11-1	M	0.70		0.38	0.19%	4	
11-2	L	0.70		0.38	0.19%	0	
11-3	L	0.70		0.38	0.19%	0	
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						6	
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD						94	

Anexo B-9. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 9

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
28/SEP/2020		1+800		U9		
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO		
RONALD CERVANTES		1+825		198.75		
Tipo de Daños				ESQUEMA		
No de Daño	Daño		Unidad			
1	Piel de cocodrilo		m2			
2	Exudación		m2			
3	Agrietamiento en bloque		m2			
4	Abultamientos y hundimientos		m			
5	Corrugación		m2			
6	Depresión		m2			
7	Grieta de borde		m			
8	Grieta de reflexión de junta		m			
9	Berma		m			
10	Grietas longitudinales y transversales		m			
11	Parcheo		m2			
12	Pulimento de agregados		m2			
13	Huecos		U			
14	Ahuellamiento		m2			
15	Desplazamiento		m2			
16	Grietas parabólicas		m2			
17	Hinchamiento		m2			
18	Desprendimiento de agregados		m2			
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido
10	L	0.75		0.75	0.38%	0
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						0
Cálculo del PCI						
PCI=100-VD						100

Anexo B-10. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 10

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		2+000		U10			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		2+025		200			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	M	3.20	0.80		2.56	1.28%	22
1-2	L	1.90	2.60		4.94	2.47%	19
11-1	L	4.30	2.80		12.04	6.02%	11
11-2	L	0.70			0.38	0.19%	0
3	L	6.00	0.90		5.40	2.70%	3
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							55
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							45

Anexo B-11. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 11

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		2+200		U11			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		2+225		218.63			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	L	3.70	0.50		1.85	0.85%	9
1-2	L	3.80	0.60		2.28	1.04%	13
10	M	8.21			8.21	3.76%	9
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							31
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							69

Anexo B-12. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 12

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
28/SEP/2020		2+400		U12		
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO		
RONALD CERVANTES		2+425		221.88		
Tipo de Daños				ESQUEMA		
No de Daño	Daño		Unidad			
1	Piel de cocodrilo		m2			
2	Exudación		m2			
3	Agrietamiento en bloque		m2			
4	Abultamientos y hundimientos		m			
5	Corrugación		m2			
6	Depresión		m2			
7	Grieta de borde		m			
8	Grieta de reflexión de junta		m			
9	Berma		m			
10	Grietas longitudinales y transversales		m			
11	Parcheo		m2			
12	Pulimento de agregados		m2			
13	Huecos		U			
14	Ahuellamiento		m2			
15	Desplazamiento		m2			
16	Grietas parabólicas		m2			
17	Hinchamiento		m2			
18	Desprendimiento de agregados		m2			
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	Valor Deducido
1	L	17.00	1.35	22.95	10.34%	38
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)						38
Cálculo del PCI						
PCI=100-VD						62

Anexo B-13. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 13

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		2+600		U13			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		2+625		191.25			
Tipo de Daños							
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	L	6.50	1.20		7.80	4.08%	22
1-2	L	3.20	0.70		2.24	1.17%	11
10-1	L	1.00			1.00	0.52%	0
10-2	L	1.50			1.50	0.78%	0
11	L	1.30			0.78	0.41%	2
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							35
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							65

Anexo B-14. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 14

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		2+800		U14			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		2+825		179.38			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	L	6.50	1.10		7.15	3.99%	23
1-2	L	2.40	0.85		2.04	1.14%	11
13	L	1.00			1.00	0.56%	12
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							46
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							54

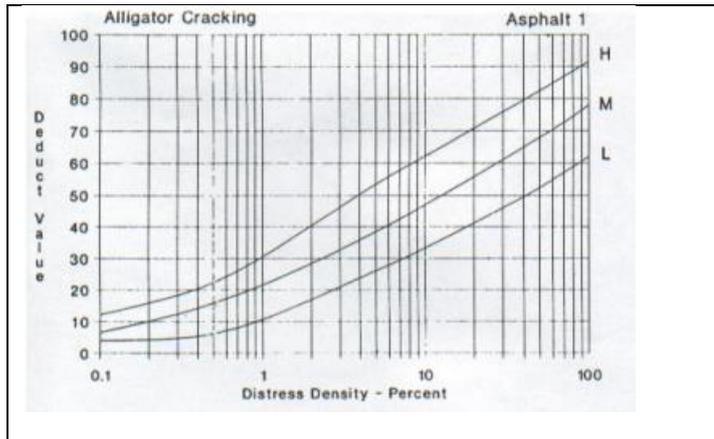
Anexo B-15. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 15

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		3+000		U15			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		3+025		228.75			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parqueo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1	L	5.00	0.85		4.25	1.86%	13
13	L	1.00			1.00	0.44%	10
18	L	2.75	12.60		34.65	15.15%	12
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							35
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							65

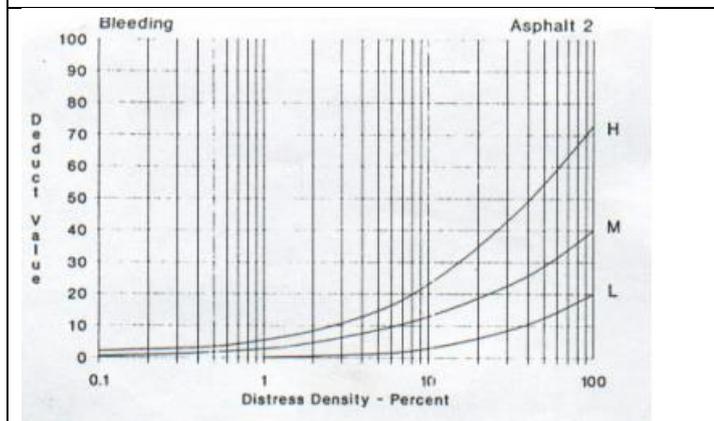
Anexo B-16. Registro visual PCI, Unidad de muestreo 16

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
FECHA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
28/SEP/2020		3+175		U16			
REALIZADO POR		ABSCISA FINAL		ÁREA DE MUESTREO			
RONALD CERVANTES		3+200		228.75			
Tipo de Daños				ESQUEMA			
No de Daño	Daño		Unidad				
1	Piel de cocodrilo		m2				
2	Exudación		m2				
3	Agrietamiento en bloque		m2				
4	Abultamientos y hundimientos		m				
5	Corrugación		m2				
6	Depresión		m2				
7	Grieta de borde		m				
8	Grieta de reflexión de junta		m				
9	Berma		m				
10	Grietas longitudinales y transversales		m				
11	Parcheo		m2				
12	Pulimento de agregados		m2				
13	Huecos		U				
14	Ahuellamiento		m2				
15	Desplazamiento		m2				
16	Grietas parabólicas		m2				
17	Hinchamiento		m2				
18	Desprendimiento de agregados		m2				
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	Valor Deducido
1-1	L	2.50	0.80		2.00	0.87%	10
1-2	L	6.10	0.85		5.19	2.27%	19
11	L	0.70			0.38	0.17%	0
13	L	1.00			1.00	0.44%	10
18	L	2.70	12.60		34.02	14.87%	16
VALOR DEDUCIDO TOTAL(VDT)							55
Cálculo del PCI							
PCI=100-VD							45

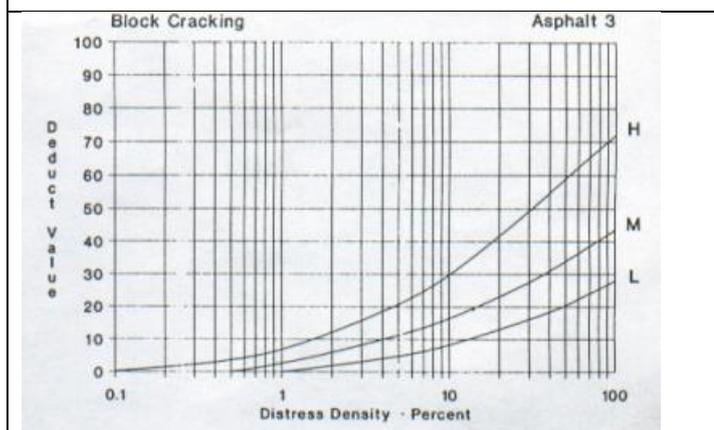
Anexo B-17. Diagramas de Valores Deducidos para Pavimentos de Asfalto



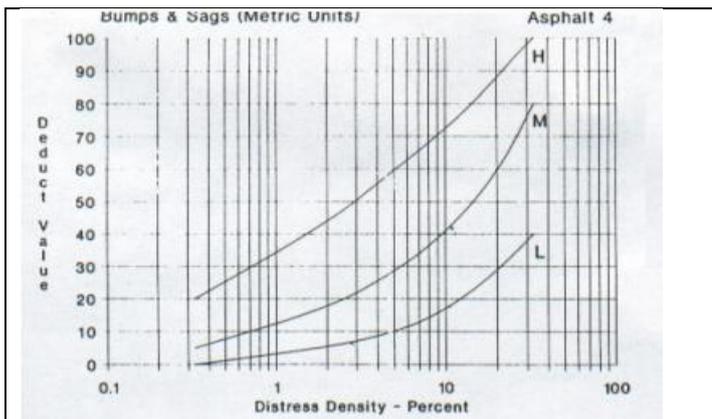
1. Piel de cocodrilo



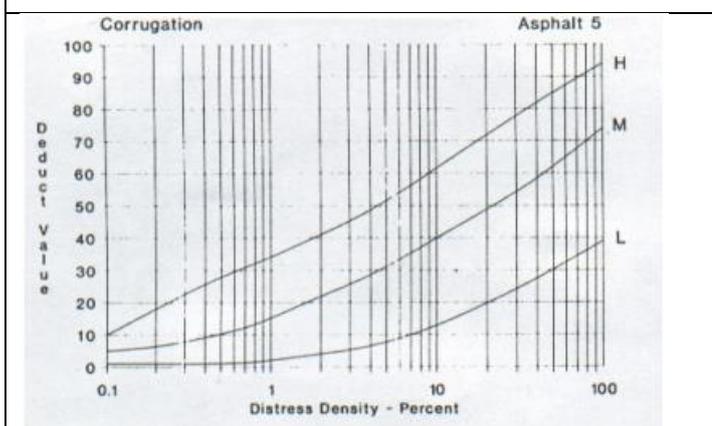
2. Exudación



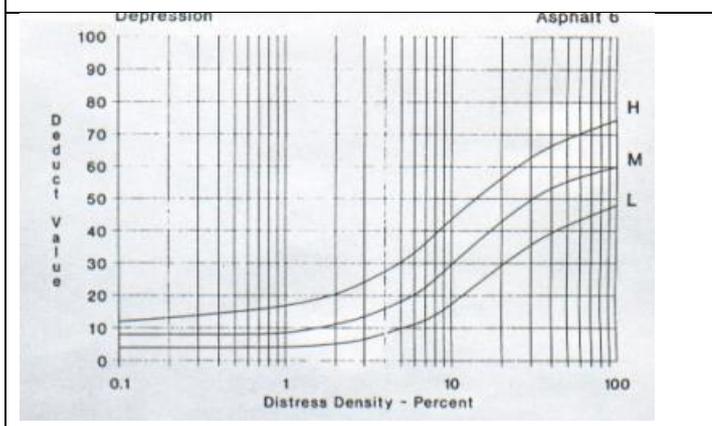
3. Agrietamiento en bloque



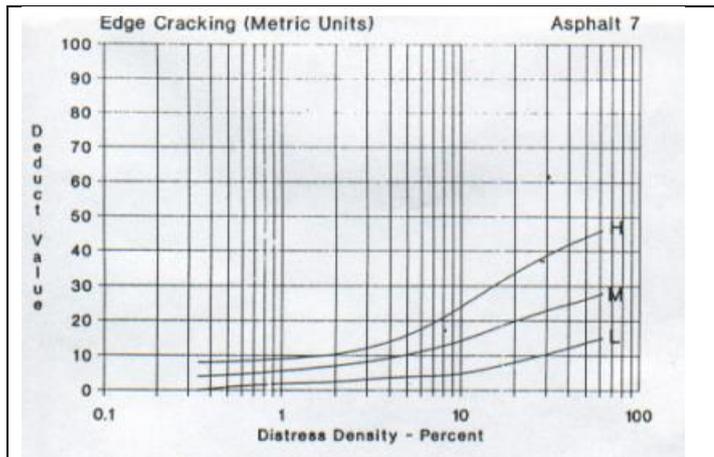
4. Abultamientos y hundimientos



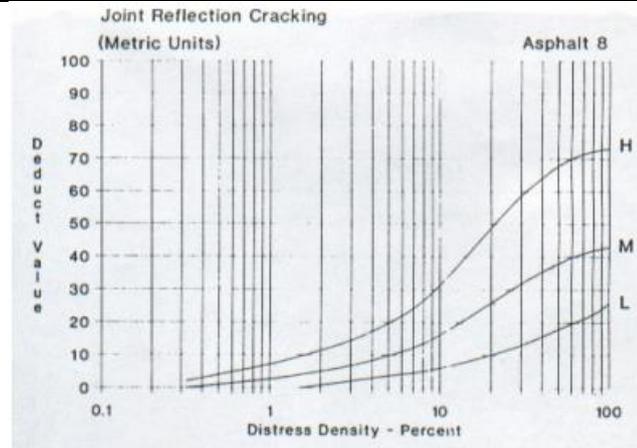
5. Corrugación



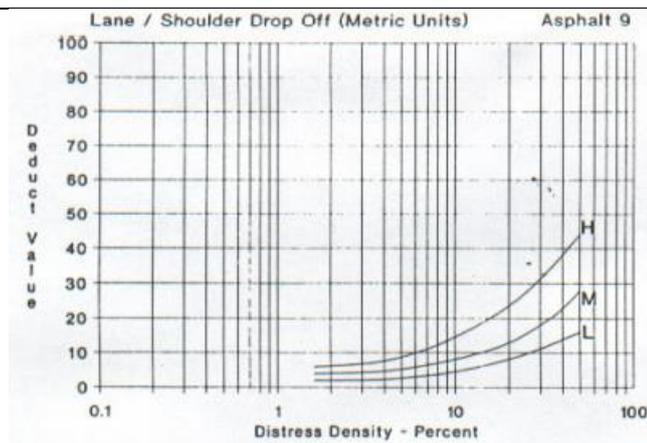
6. Depresión



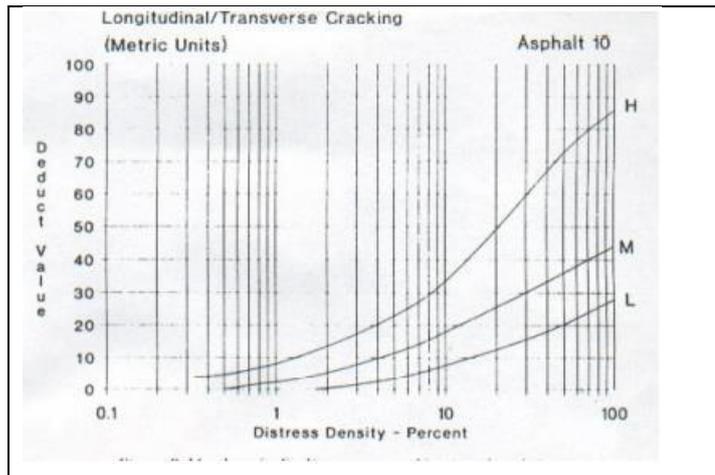
7. Grieta de borde



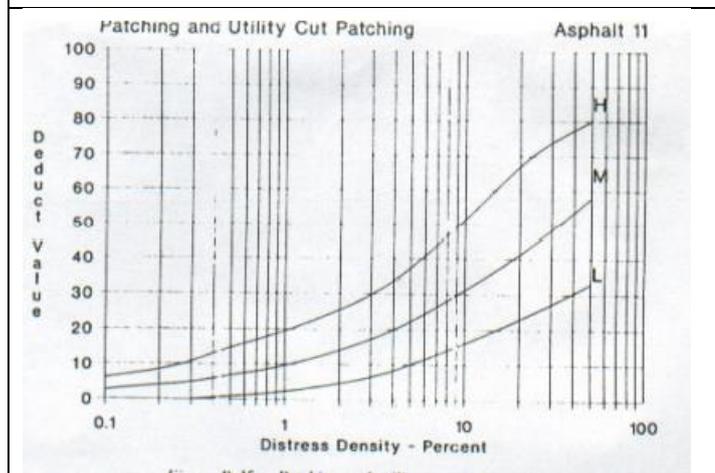
8. Grieta de reflexión de junta



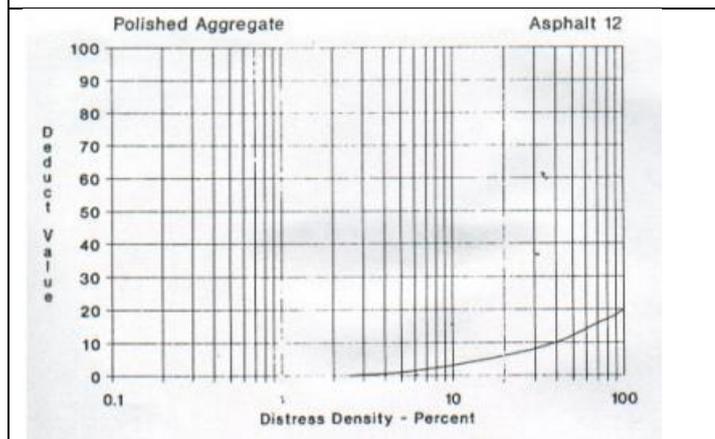
9. Berma



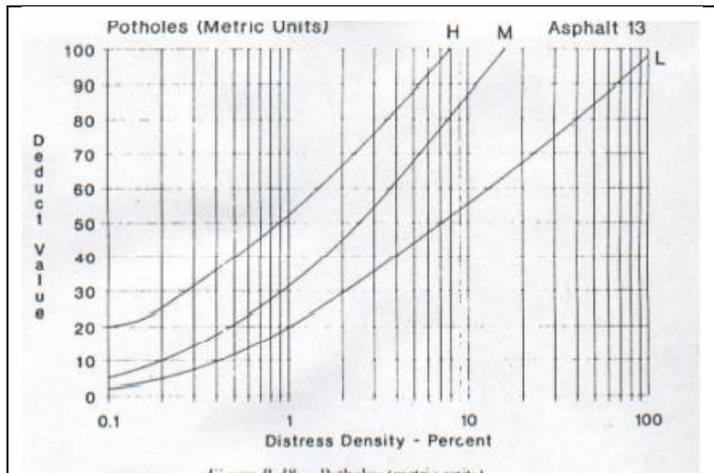
10. Grietas longitudinales y transversales



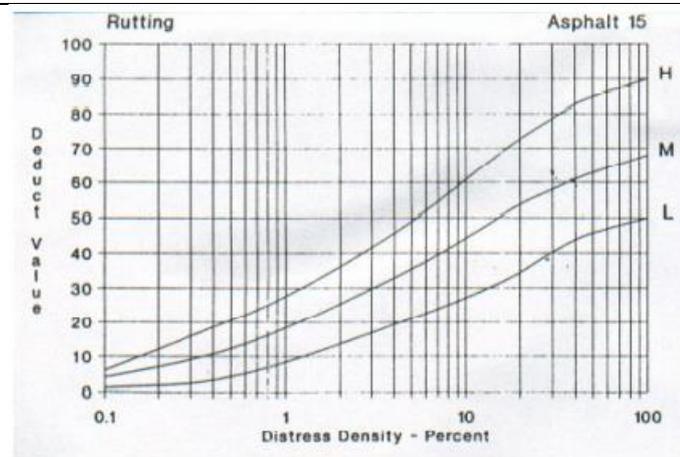
11. Parcheo



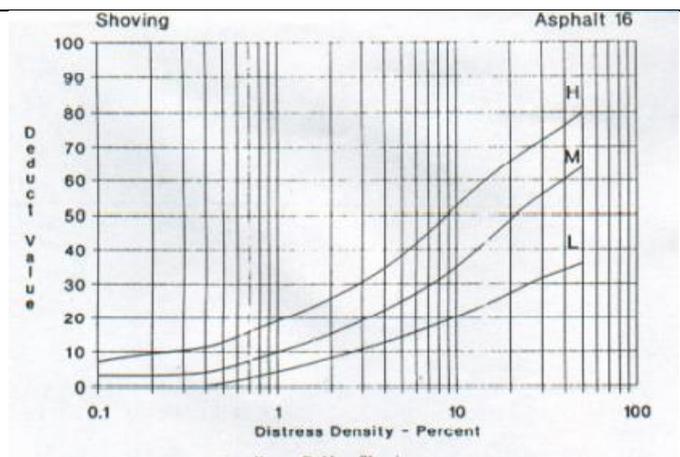
12. Pulimiento de agregados



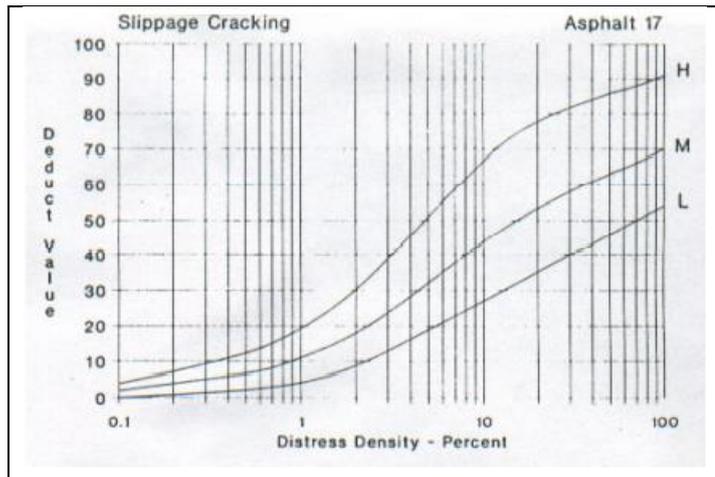
13. Huecos



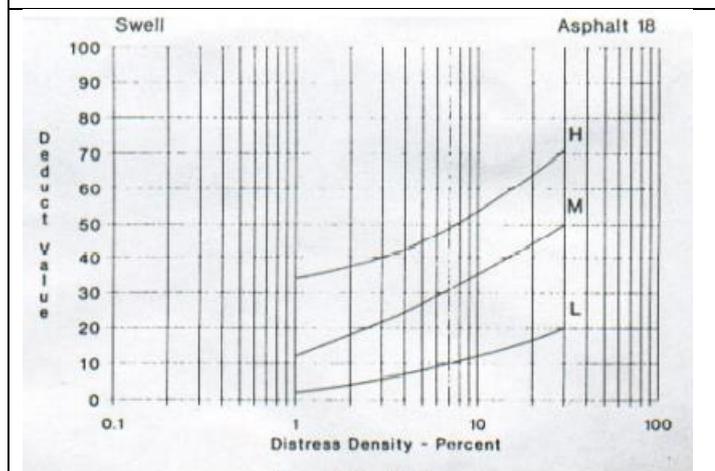
14. Ahuellamientos



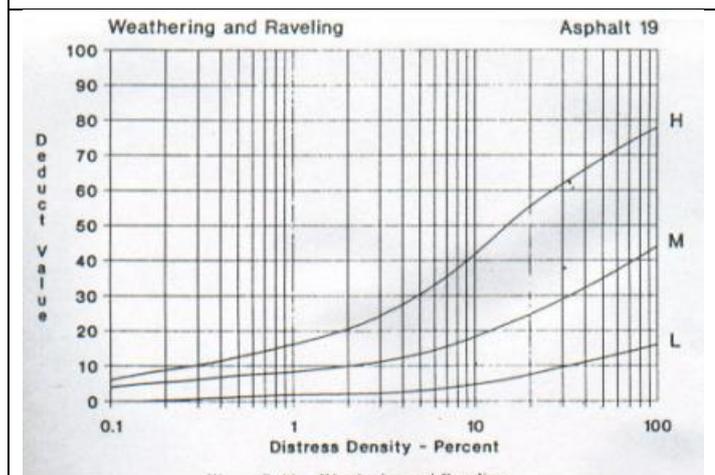
15. Desplazamiento



16. Grieta parabólica



17. Hinchamiento



18. Desprendimiento de agregados

ANEXO C
ESTUDIO DE SUELOS

MUESTRA #1

SUBRASANTE

Ubicación

Abscisa: 0+200 km

Ensayos

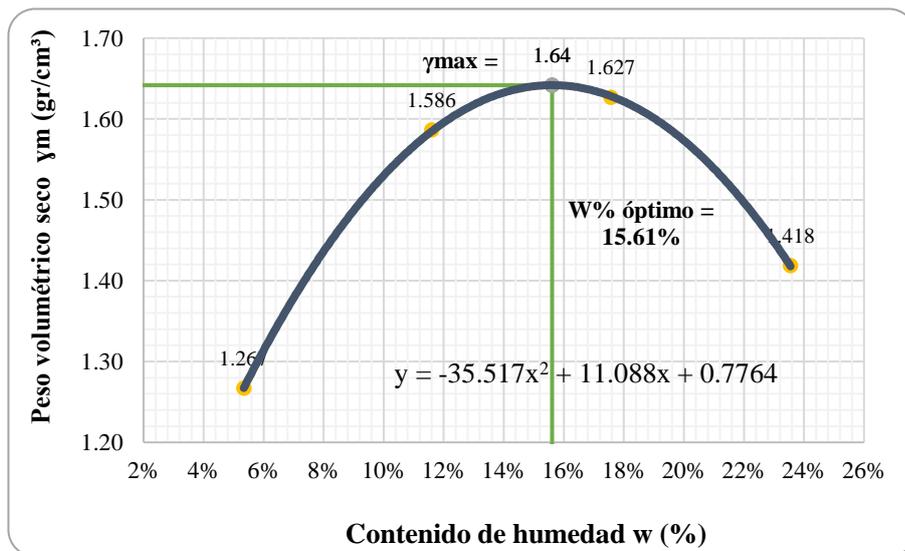
- Granulometría
- Compactación proctor
- CBR

Anexo C-1. Clasificación granulométrica del suelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																			
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS																			
ESPECIFICACIONES																			
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	477.3																
Muestra:	Subrasante	N° de Muestra:	1																
Profundidad:	0.85m - 1.2m	Abscisa:	0+200 km																
GRANULOMETRÍA																			
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación														
2"	50.8	0	0.00	100.00	-														
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-														
1"	25.4	0	0.00	100.00	-														
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-														
#4	4.76	0	0.00	100.00	-														
Pasa #4	477.3		100.00																
#10	2	23	4.82	95.18	-														
#40	0.43	75	15.71	84.29	-														
#100	0.15	104	21.79	78.21	-														
#200	0.08	132	27.66	72.34	-														
Pasa #200	345.3		72.34																
Total muestra		477.3																	
Total - Cuarteo (gr)		477.3																	
CLASIFICACIÓN																			
Grava			0.00%																
Arena(Fina)			27.66%																
Finos			72.34%																
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO																			
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material																	
AASHTO	A-4	Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas, limosas o arcillosas, limos limpios, o limos arcillosos con ligera plasticidad.																	
SUCS	ML																		
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA																			
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica del suelo. El eje vertical representa el 'Porcentaje que pasa (%)' con marcas en 60%, 80% y 100%. El eje horizontal representa el 'Tamaño de las partículas (mm)' en una escala logarítmica, con marcas principales en 10.00, 1.00, 0.10 y 0.01. La curva está formada por los siguientes puntos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño de las partículas (mm)</th> <th>Porcentaje que pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>50.8</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td>95.18</td> </tr> <tr> <td>0.425</td> <td>84.29</td> </tr> <tr> <td>0.15</td> <td>78.21</td> </tr> <tr> <td>0.075</td> <td>72.34</td> </tr> </tbody> </table>						Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)	10.00	100.00	50.8	100.00	2.0	95.18	0.425	84.29	0.15	78.21	0.075	72.34
Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)																		
10.00	100.00																		
50.8	100.00																		
2.0	95.18																		
0.425	84.29																		
0.15	78.21																		
0.075	72.34																		

Anexo C-1. Ensayo de compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			N° de Muestra: 1-Subrasante				
Abscisa: 0+200 km	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	T1	T2	T3	T4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9303	10233	10536	10195				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2846	3776	4079	3738				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.40	12.40	12.40	12.40				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.334	1.770	1.912	1.752				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	3	11	16	4	7	4	15	20
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	102.33	110.34	67.62	90.84	99.82	91.43	99.05	99.65
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	98.00	106.00	62.09	83.23	88.03	80.45	83.76	84.56
Peso del recipiente Wr	20.22	21.08	13.29	19.07	20.04	18.78	19.45	19.88
Peso agua (Ww)	4.33	4.34	5.53	7.61	11.79	10.98	15.29	15.09
Peso de la muestra seca (ws)	77.78	84.92	48.80	64.16	67.99	61.67	64.31	64.68
Contenido de humedad w%	0.06	0.05	0.11	0.12	0.17	0.18	0.24	0.23
Contenido de humedad promedio	5.34%		11.60%		17.57%		23.55%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.267	1.586	1.627	1.627	1.627	1.627	1.418	1.418
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								

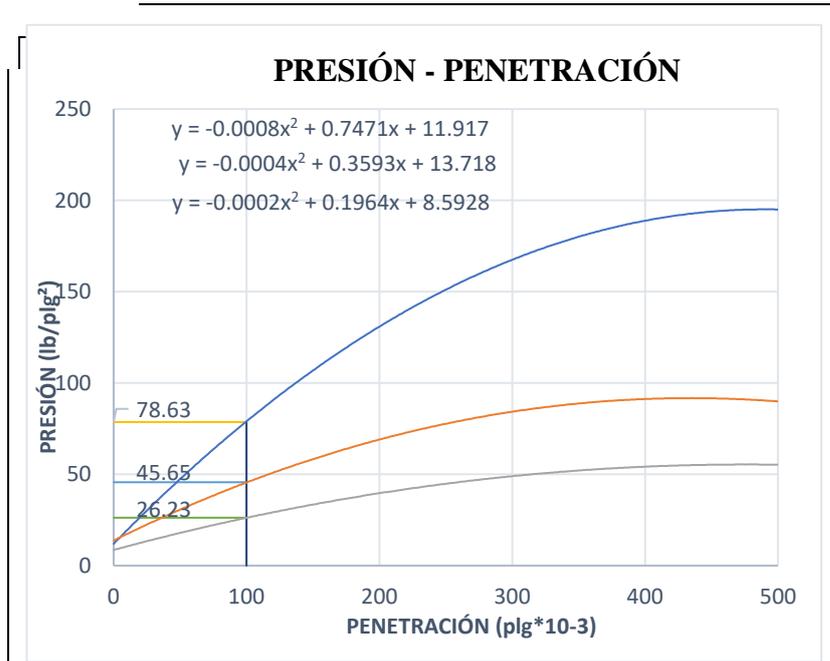


Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d :	1.64
Óptimo Contenido de Humedad w:	15.61%

Anexo C-1. Ensayo CBR

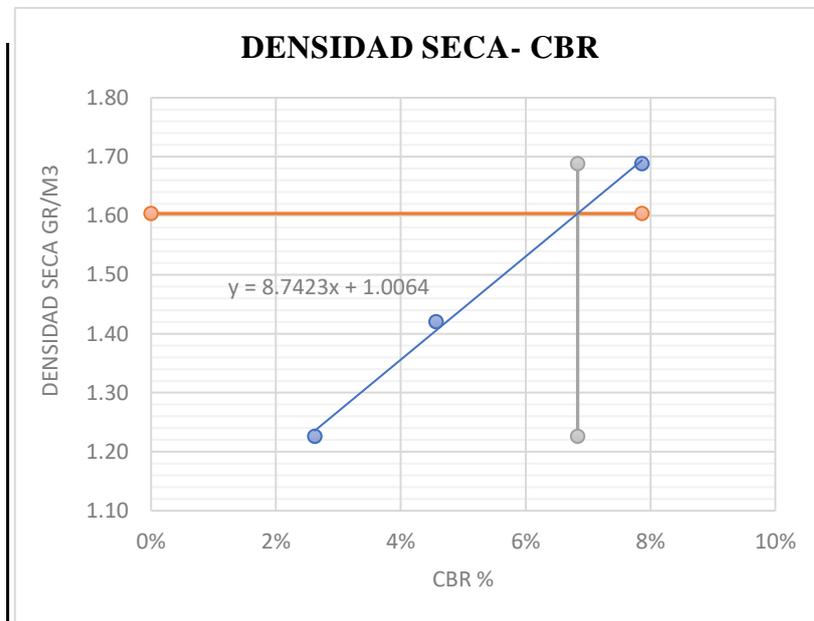
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																	
CBR																	
ESPECIFICACIONES																	
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%):					15.61%					
N° de Muestra: 1-Subrasante							Abscisa: 0+200 km										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																	
MOLDE			T-11				T-32				T-15						
N° de capas			5				5				5						
N° de golpes			56				27				11						
Cond. Muestra			Antes del remojo														
P. húmedo + molde			11234				10788				10332						
Peso molde			6905				7094				6814						
Peso húmedo			4329				3694				3518						
Volumen muestra			2223				2259				2490						
Densidad humeda			1.947				1.635				1.413						
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Recipiente N°			5		12		16		10		7		11				
P. hum. + recipiente			94.98		90.34		90.65		87.82		79.98		57.98				
P. seco + recipiente			85.11		80.88		81.59		78.88		72.17		52.25				
Peso recipiente			20.08		19.94		21.32		20.09		20.4		14.9				
Peso agua			9.87		9.46		9.06		8.94		7.81		5.73				
Peso de sólidos			65.03		60.94		60.27		58.79		51.77		37.35				
Contenido humedad %			15.18%		15.52%		15.03%		15.21%		15.09%		15.34%				
Promedio			15.35%				15.12%				15.21%						
Densidad seca			1.688				1.420				1.226						
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																	
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg ²		Norma: ASTM D 193 - 13		Subrasante		ABSCISA		0+200		
Molde				Molde T-11				Molde T-35				Molde T-15					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR		
Min.	Seg.	mm	plg *10-3		Lb	Leída			Corregida	lb			Leída	Corregida		lb	Leída
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00				
0	0	0.64	25	134	42.77			92	29.36			55	17.55				
1	0	1.27	50	150	47.87			106	33.83			62	19.79				
1	0	1.91	75	188	60.00			132	42.13			75	23.94				
2	0	2.54	100	267	85.21	78.63	7.86	154	49.15	45.65	4.56	95	30.32	26.23	2.62		
3	0	3.81	150	331	105.64			181	57.77			103	32.87				
4	0	5.08	200	407	129.89			234	74.68			128	40.85				
5	0	6.35	250	467	149.04			238	75.96			139	44.36				
6	0	7.62	300	533	170.11			236	75.32			142	45.32				
8	0	10.16	400	576	183.83			279	89.04			161	51.38				
10	0	12.7	500	620	197.87			294	93.83			182	58.09				
CBR Corregido								7.86						4.56		2.62	

Anexo C-1. Graficas CBR



Tipo: Proctor Modificado

Densidad 56	1.688	gr/cm3	CBR 56	7.86%
Densidad 27	1.420	gr/cm4	CBR 27	4.56%
Densidad 11	1.226	gr/cm5	CBR 11	2.62%



DENSIDAD MAX	1.688			
95% DE DM	1.60	1.60	1.226	1.688
	0	7.86%	6.83%	6.83%
	6.83%			

MUESTRA #2

SUBRASANTE

Ubicación

Abscisa: 1+600 km

Ensayos

- Granulometría
- Compactación proctor
- CBR

Anexo C-2. Clasificación granulométrica del suelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS					
ESPECIFICACIONES					
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	511.7		
Muestra:	Subrasante	N° de Muestra:	2		
Profundidad:	0.85m-1.2m	Abscisa:	1+600 km		
GRANULOMETRÍA					
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	0	0.00	100.00	-
Pasa #4	511.7		100.00		
#10	2	31	6.06	93.94	-
#40	0.43	94	18.38	81.62	-
#100	0.15	110	21.51	78.49	-
#200	0.08	126	24.63	75.37	-
Pasa #200	385.5		75.37		
Total muestra		511.7			
Total - Cuarteo (gr)		511.5			
CLASIFICACIÓN					
Grava			0.00%		
Arena(Fina)			24.63%		
Finos			75.37%		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo		Tipo de Material		
AASHTO	A-4		Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas, limosas o arcillosas, limos limpios, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
SUCS	ML				
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica del suelo. El eje horizontal (X) representa el tamaño de las partículas en milímetros (mm) en una escala logarítmica, con valores de 10.00, 1.00, 0.10 y 0.01. El eje vertical (Y) representa el porcentaje que pasa en porcentaje (%), con valores de 60%, 80% y 100%. La curva está formada por puntos amarillos conectados por una línea naranja. Los puntos clave de la curva son: (10.00 mm, 100%), (50.8 mm, 100%), (2.0 mm, 93.94%), (0.425 mm, 81.62%), (0.15 mm, 78.49%) y (0.075 mm, 75.37%).</p>					

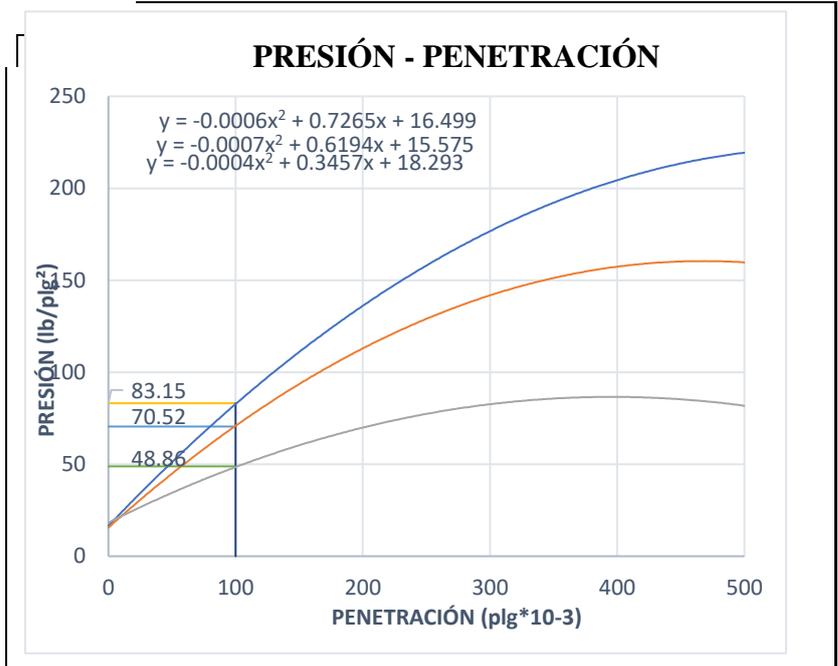
Anexo C-2. Ensayo de compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			N° de Muestra: 2-Subrasante				
Abscisa: 1+600 km	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	T1	T2	T3	T4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9404	10183	10462	9980				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2947	3726	4005	3523				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.40	12.40	12.40	12.40				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.382	1.747	1.878	1.652				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	19	10	35	38	36	15	23	55
Peso húmedo + recipiente (Wm+W _r)	91.78	67.54	63.23	67.54	56.99	72.44	55.44	63.27
Peso seco + recipiente (Ws+W _r)	88.00	64.76	58.63	62.76	51.76	66.23	48.76	55.34
Peso del recipiente W _r	20.10	11.74	10.50	10.70	13.29	19.75	12.31	12.11
Peso agua (W _w)	3.78	2.78	4.60	4.78	5.23	6.21	6.68	7.93
Peso de la muestra seca (w _s)	67.90	53.02	48.13	52.06	38.47	46.48	36.45	43.23
Contenido de humedad w%	0.06	0.05	0.10	0.09	0.14	0.13	0.18	0.18
Contenido de humedad promedio	5.41%		9.37%		13.48%		18.34%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_a = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.311	1.597	1.655	1.655	1.655	1.396		
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
<p> $\gamma_{max} = 1.66$ $W\% \text{ óptimo} = 12.32\%$ $y = -73.779x^2 + 18.18x + 0.5431$ </p>								
Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d :	1.66							
Óptimo Contenido de Humedad w:	12.32%							

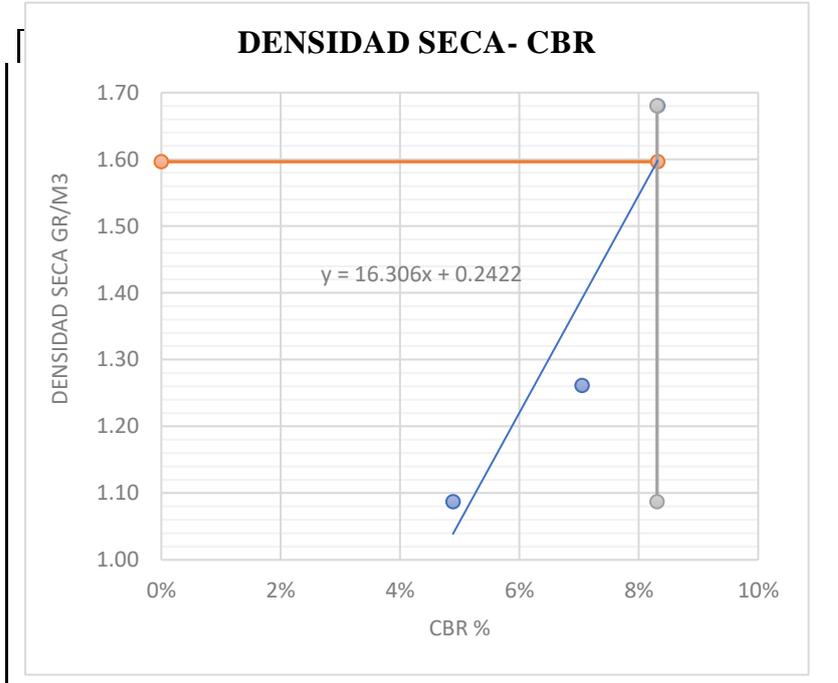
Anexo C-2. Ensayo CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																
CBR																
ESPECIFICACIONES																
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb									
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in									
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%):					12.32%				
N° de Muestra: 2-Subrasante							Abscisa: 1+600 km									
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.																
MOLDE			T-11				T-32				T-15					
N° de capas			5				5				5					
N° de golpes			56				27				11					
Cond. Muestra			Antes del remojo													
P. húmedo + molde			11174				10511				9789					
Peso molde			6896				7136				6996					
Peso húmedo			4278				3375				2793					
Volumen muestra			2205				2317				2226					
Densidad humeda			1.940				1.457				1.255					
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Recipiente N°			17		22		12		5		6		14			
P. hum. + recipiente			94.59		93.37		95.88		93.06		93.96		99.16			
P. seco + recipiente			84.68		83.33		85.92		83.23		84.18		88.43			
Peso recipiente			20.16		18.7		21.13		20.14		20.4		19.2			
Peso agua			9.91		10.04		9.96		9.83		9.78		10.73			
Peso de sólidos			64.52		64.63		64.79		63.09		63.78		69.23			
Contenido humedad %			15.36%		15.53%		15.37%		15.58%		15.33%		15.50%			
Promedio			15.45%				15.48%				15.42%					
Densidad seca			1.681				1.261				1.087					
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN																
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg ²		Norma: ASTM D 193 - 13			Subrasante	ABSCISA		1+600	
Molde			Molde T-11				Molde T-35				Molde T-15					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CBR	
Min	Seg	mm	plg *10-3	Lb	Leída	Corregida	%	lb	Leída	Corregida	%	lb	Leída	Corregida	%	
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00			
0	0	0.64	25	162	51.70			137	43.72			96	30.64			
1	0	1.27	50	145	46.28			154	49.15			138	44.04			
1	0	1.91	75	209	66.70			184	58.72			151	48.19			
2	0	2.54	100	292	93.19	83.15	8.31	248	79.15	70.52	7.05	172	54.89	48.86	4.89	
3	0	3.81	150	344	109.79			265	84.57			194	61.91			
4	0	5.08	200	434	138.51			338	107.87			215	68.62			
5	0	6.35	250	481	153.51			416	132.77			226	72.13			
6	0	7.62	300	545	173.94			448	142.98			247	78.83			
8	0	10.16	400	631	201.38			484	154.47			258	82.34			
10	0	12.7	500	698	222.77			506	161.49			272	86.81			
CBR Corregido							8.31						7.05		4.89	

Anexo C-2. Graficas CBR



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.681	gr/cm3	CBR 56	8.31%
Densidad 27	1.261	gr/cm4	CBR 27	7.05%
Densidad 11	1.087	gr/cm5	CBR 11	4.89%



DENSIDAD MAX	1.681			
95% DE DM	1.60	1.60	1.087	1.681
	0	8.31%	8.31%	8.31%
	8.31%			

MUESTRA #3

SUBRASANTE

Ubicación

Abscisa: 2+800 km

Ensayos

- Granulometría
- Compactación proctor
- CBR

Anexo C-3. Clasificación granulométrica del suelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS					
ESPECIFICACIONES					
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	452.3		
Muestra:	Subrasante	N° de Muestra:	3		
Profundidad:	0.85m - 1.2m	Abscisa:	2+800 km		
GRANULOMETRÍA					
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación
2"	50.8	0	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-
1"	25.4	0	0.00	100.00	-
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-
#4	4.76	0	0.00	100.00	-
Pasa #4	452.3		100.00		
#10	2	43	9.51	90.49	-
#40	0.43	82	18.13	81.87	-
#100	0.15	94	20.78	79.22	-
#200	0.08	105	23.21	76.79	-
Pasa #200	347.3		76.79		
Total muestra		452.3			
Total - Cuarteo (gr)		452.3			
CLASIFICACIÓN					
Grava			0.00%		
Arena(Fina)			23.21%		
Finos			76.79%		
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO					
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material			
AASHTO	A-4	Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas, limosas o arcillosas, limos limpios, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
SUCS	ML				
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					

Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)
10.00	100.00
5.00	100.00
2.00	90.49
0.85	81.87
0.425	79.22
0.25	76.79

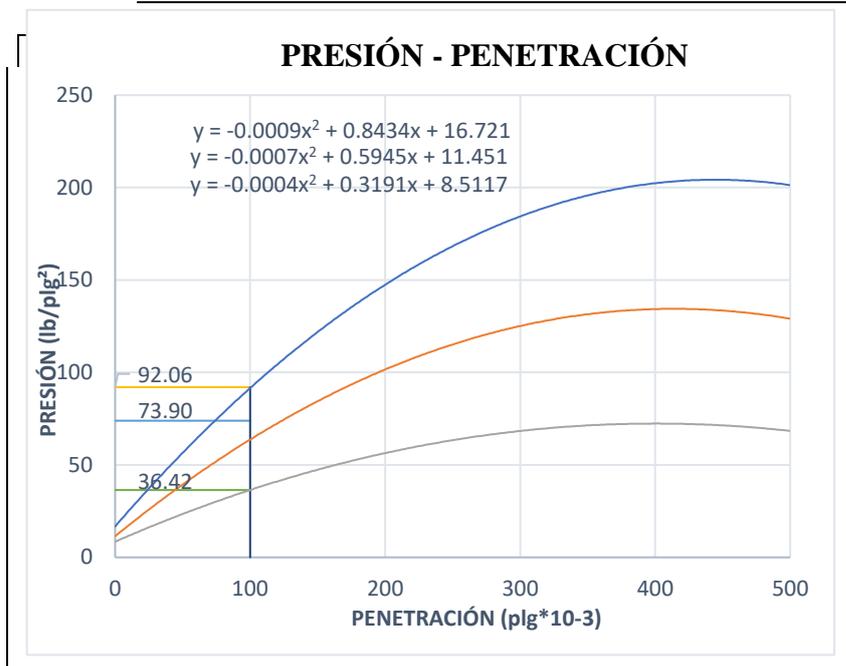
Anexo C-3. Ensayo de compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"			Peso del molde: 6457 gr				
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb			N° de Muestra: 3-Subrasante				
Abscisa: 2+800 km	Norma: AASHTO T-180			Método: B				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	T1	T2	T3	T4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9249	10332	10590	9945				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2792	3875	4133	3488				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.40	12.40	12.40	12.40				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.309	1.817	1.938	1.635				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	4	5	8	46	43	20	21	10
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	76.56	63.29	90.73	99.13	92.90	98.86	77.43	65.87
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	74.55	61.49	83.55	90.98	81.08	85.54	64.09	54.43
Peso del recipiente Wr	12.26	11.70	20.30	20.40	20.14	18.50	14.90	12.11
Peso agua (Ww)	2.01	1.80	7.18	8.15	11.82	13.32	13.34	11.44
Peso de la muestra seca (ws)	62.29	49.79	63.25	70.58	60.94	67.04	49.19	42.32
Contenido de humedad w%	0.03	0.04	0.11	0.12	0.19	0.20	0.27	0.27
Contenido de humedad promedio	3.42%		11.45%		19.63%		27.08%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.266	1.630	1.630	1.620	1.287			
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d :	1.67							
Óptimo Contenido de Humedad w:	15.40%							

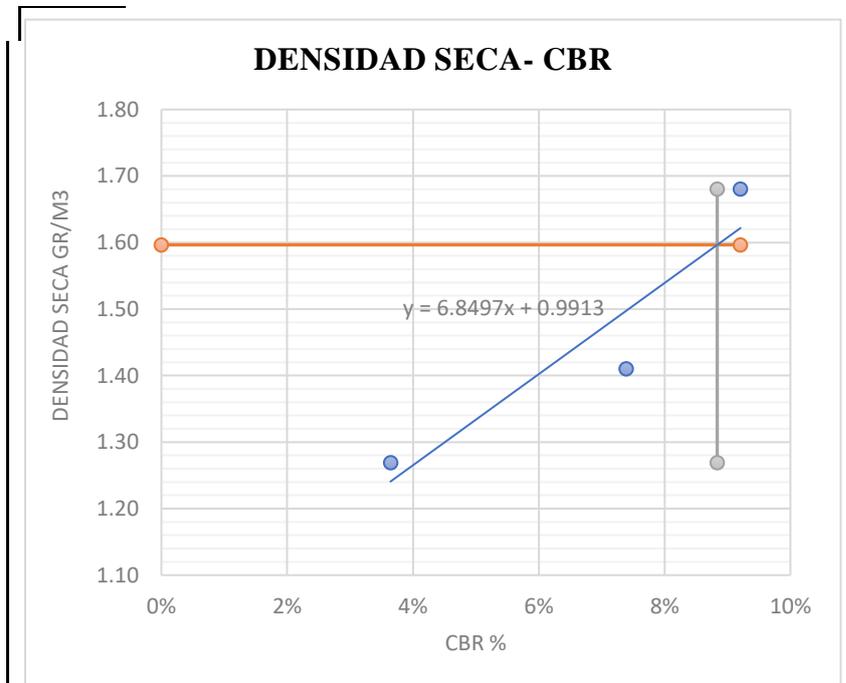
Anexo C-3. Ensayo CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
CBR															
ESPECIFICACIONES															
Tipo: Proctor Modificado					Peso del Martillo: 10 lb										
Norma: AASHTO T-180					Altura de caída: 18 in										
Peso muestra (gr): 6000					Cont. de humedad óptimo (%):					15.40%					
N° de Muestra: 3-Subrasante					Abscisa: 2+800 km										
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.															
MOLDE			T-11			T-32			T-15						
N° de capas			5			5			5						
N° de golpes			56			27			11						
Cond. Muestra			Antes del remojo												
P. húmedo + molde			11505			11123			10156						
Peso molde			7110			7400			6905						
Peso húmedo			4395			3723			3251						
Volumen muestra			2270			2291			2223						
Densidad humeda			1.936			1.625			1.462						
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Recipiente N°		9		7		1		19		4		8			
P. hum. + recipiente		99.08		77.63		83.86		93.02		79.57		93.02			
P. seco + recipiente		88.49		70.17		75.45		83.23		71.69		83.23			
Peso recipiente		18.65		21.24		20.09		19.07		19.81		19.07			
Peso agua		10.59		7.46		8.41		9.79		7.88		9.79			
Peso de sólidos		69.84		48.93		55.36		64.16		51.88		64.16			
Contenido humedad %		15.16%		15.25%		15.19%		15.26%		15.19%		15.26%			
Promedio		15.20%			15.23%			15.22%							
Densidad seca		1.681			1.410			1.269							
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					Área del pistón= 3 plg ²		Norma: ASTM D 193 - 13			Subrasante	ABSCISA		2+800		
Molde			Molde T-11				Molde T-35				Molde T-15				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CB R
Min	Seg	mm	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0	0	0.64	25	143	45.64			106	33.83			63	20.11		
1	0	1.27	50	194	61.91			129	41.17			85	27.13		
1	0	1.91	75	259	82.66			162	51.70			99	31.60		
2	0	2.54	100	316	100.85	92.06	9.21	227	72.45	73.90	7.39	118	37.66	36.42	3.64
3	0	3.81	150	328	104.68			238	75.96			152	48.51		
4	0	5.08	200	475	151.60			339	108.19			183	58.40		
5	0	6.35	250	539	172.02			361	115.21			192	61.28		
6	0	7.62	300	561	179.04			381	121.60			208	66.38		
8	0	10.16	400	626	199.79			404	128.94			215	68.62		
10	0	12.7	500	640	204.26			417	133.09			224	71.49		
CBR Corregido						9.21						7.39		3.64	

Anexo C-3. Gráficas CBR



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.681	gr/cm3	CBR 56	9.21%
Densidad 27	1.410	gr/cm4	CBR 27	7.39%
Densidad 11	1.269	gr/cm5	CBR 11	3.64%



DENSIDAD MAX	1.681			
95% DE DM	1.60	1.60	1.269	1.681
	0	9.21%	8.84%	8.84%
	8.84%			

MUESTRA #4

SUBRASANTE

Ubicación

Abscisa: 2+800 km

Ensayos

- Granulometría
- Compactación proctor
- CBR

Anexo C-4. Clasificación granulométrica del suelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																			
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS																			
ESPECIFICACIONES																			
Norma:	ASTM-C136	Peso muestra (gr):	439.9																
Muestra:	Subrasante	N° de Muestra:	4																
Profundidad:	0.85m - 1.2m	Abscisa:	3+200 km																
GRANULOMETRÍA																			
Tamiz #	mm	Peso Ret / Acum. (gr)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificación														
2"	50.8	0	0.00	100.00	-														
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	-														
1"	25.4	0	0.00	100.00	-														
3/8"	9.53	0	0.00	100.00	-														
#4	4.76	0	0.00	100.00	-														
Pasa #4	439.9		100.00																
#10	2	58	12.15	87.85	-														
#40	0.43	92	19.28	80.72	-														
#100	0.15	112	23.47	76.53	-														
#200	0.08	131	27.45	72.55	-														
Pasa #200	346.3		72.55																
Total muestra		439.9																	
Total - Cuarteo (gr)		477.3																	
CLASIFICACIÓN																			
Grava			0.00%																
Arena(Fina)			27.45%																
Finos			72.55%																
DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO																			
Norma	Clasificación de Grupo	Tipo de Material																	
AASHTO	A-4	Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas, limosas o arcillosas, limos limpios, o limos arcillosos con ligera plasticidad.																	
SUCS	ML																		
GRÁFICO DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA																			
<p>El gráfico muestra una curva granulométrica con el eje vertical etiquetado como 'Porcentaje que pasa (%)' y el eje horizontal etiquetado como 'Tamaño de las partículas (mm)'. El eje horizontal tiene una escala logarítmica con marcas principales en 10.00, 1.00, 0.10 y 0.01 mm. La curva comienza en (10.00, 100%) y permanece en 100% hasta aproximadamente 4.75 mm. Luego, desciende a 87.85% a 2 mm, 80.72% a 0.425 mm, 76.53% a 0.15 mm y finalmente 72.55% a 0.075 mm.</p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de la curva granulométrica</caption> <thead> <tr> <th>Tamaño de las partículas (mm)</th> <th>Porcentaje que pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>4.75</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>87.85</td> </tr> <tr> <td>0.425</td> <td>80.72</td> </tr> <tr> <td>0.15</td> <td>76.53</td> </tr> <tr> <td>0.075</td> <td>72.55</td> </tr> </tbody> </table>						Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)	10.00	100.00	4.75	100.00	2.00	87.85	0.425	80.72	0.15	76.53	0.075	72.55
Tamaño de las partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)																		
10.00	100.00																		
4.75	100.00																		
2.00	87.85																		
0.425	80.72																		
0.15	76.53																		
0.075	72.55																		

Anexo C-4. Ensayo de compactación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
ESPECIFICACIONES								
Número de golpes: 56	Altura de caída: 18"		Peso del molde: 6457 gr					
Número de capas: 5	Peso del martillo: 10 lb		N° de Muestra: 4-Subrasante					
Abscisa: 3+200 km	Norma: AASHTO T-180		Método: B					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
N° Molde	T1	T2	T3	T4				
Humedad inicial añadida	0%	8%	16%	24%				
Peso suelo + recipiente	9417	10046	10378	10233				
Peso del recipiente	6457	6457	6457	6457				
Peso de la masa de suelo (Wm)	2960	3589	3921	3776				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	12.40	12.40	12.40	12.40				
Diámetro de la muestra (cm)	14.80	14.80	14.80	14.80				
Volumen de la muestra (Vm)	2133.00	2133.00	2133.00	2133.00				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm ³)	1.388	1.683	1.838	1.838				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
N° Recipiente	20	12	33	37	28	7	41	15
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	52.31	55.09	89.93	92.12	98.75	103.22	75.43	78.97
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	50.43	53.11	82.63	84.00	86.73	90.87	64.02	65.99
Peso del recipiente Wr	18.50	20.32	18.95	12.13	16.79	21.80	15.20	12.31
Peso agua (Ww)	1.88	1.98	7.30	8.12	12.02	12.35	11.41	12.98
Peso de la muestra seca (ws)	31.93	32.79	63.68	71.87	69.94	69.07	48.82	53.68
Contenido de humedad w%	0.06	0.06	0.11	0.11	0.17	0.18	0.23	0.24
Contenido de humedad promedio	5.96%		11.38%		17.53%		23.78%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm ³)	1.310	1.511	1.571	1.564				
GRÁFICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								

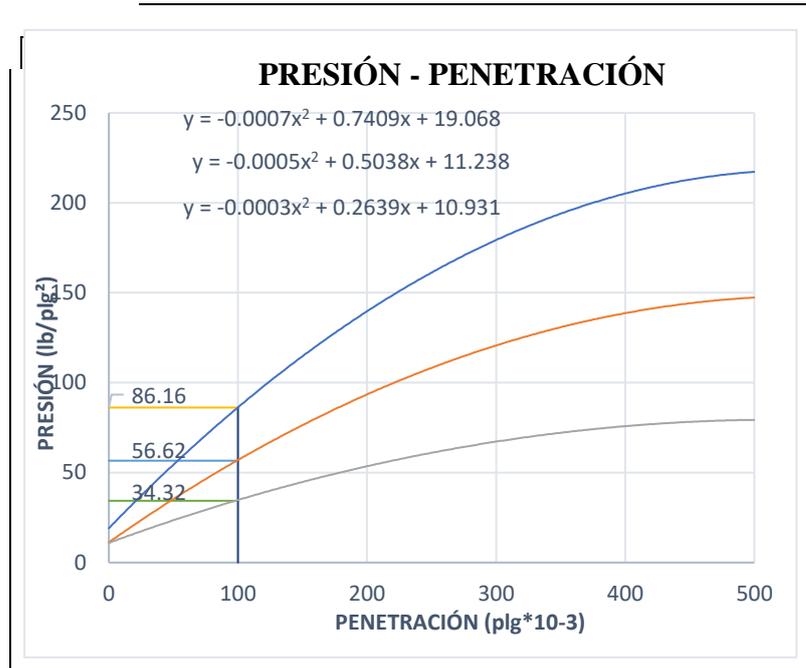
Contenido de humedad w (%)

Peso Volumétrico Seco Máximo γ_d :	1.57
Óptimo Contenido de Humedad w:	16.25%

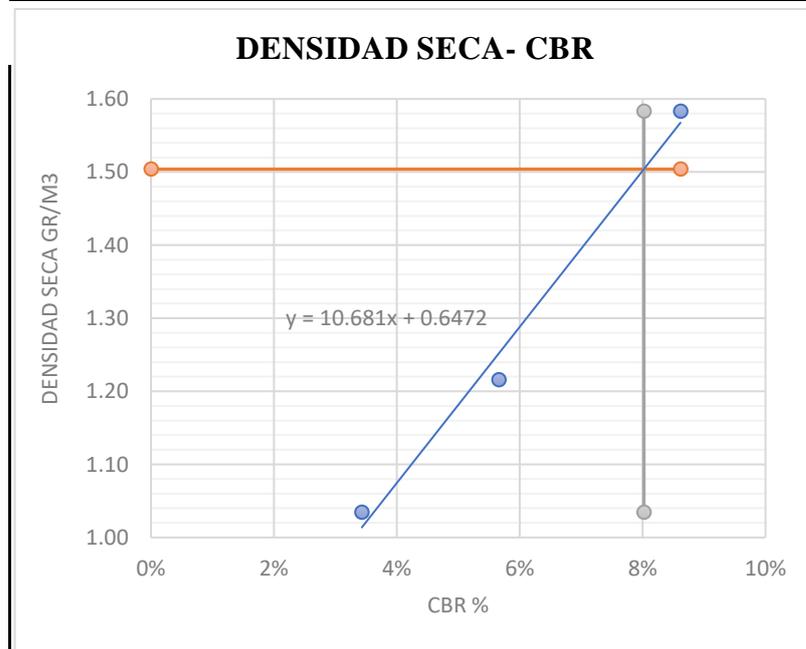
Anexo C-4. Ensayo CBR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
CBR															
ESPECIFICACIONES															
Tipo: Proctor Modificado							Peso del Martillo: 10 lb								
Norma: AASHTO T-180							Altura de caída: 18 in								
Peso muestra (gr): 6000							Cont. de humedad óptimo (%):				16.25%				
N° de Muestra: 4-Subrasante							Abscisa: 3+200 km								
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.															
MOLDE			T-11				T-32				T-15				
N° de capas			5				5				5				
N° de golpes			56				27				11				
Cond. Muestra			Antes del remojo												
P. húmedo + molde			10909				10422				9809				
Peso molde			7177				7136				7112				
Peso húmedo			3732				3286				2697				
Volumen muestra			2020				2317				2234				
Densidad humeda			1.848				1.418				1.207				
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Recipiente N°			4		8		6		2		9		13		
P. hum. + recipiente			106.46		111.05		102.87		108.62		105.9		102.88		
P. seco + recipiente			93.98		98.01		91.23		95.69		93.43		90.8		
Peso recipiente			19.07		20.12		20.87		18.65		18.41		18.78		
Peso agua			12.48		13.04		11.64		12.93		12.47		12.08		
Peso de sólidos			74.91		77.89		70.36		77.04		75.02		72.02		
Contenido humedad %			16.66%		16.74%		16.54%		16.78%		16.62%		16.77%		
Promedio			16.70%				16.66%				16.70%				
Densidad seca			1.583				1.216				1.035				
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)							Área del pistón= 3 plg ²		Norma: ASTM D 193 - 13			Subrasante	ABSCISA		3+200
Molde			Molde T-11				Molde T-35				Molde T-15				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CB R	Q Carga	Presiones		CB R
Min	Seg	mm	plg *10 ⁻³		Lb	Leída			Corregida	lb			Leída	Corregida	
		0	0	0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0	0	0.64	25	148	47.23			98	31.28			62	19.79		
1	0	1.27	50	201	64.15			121	38.62			93	29.68		
1	0	1.91	75	243	77.55			139	44.36			108	34.47		
2	0	2.54	100	291	92.87	86.16	8.62	201	64.15	56.62	5.66	120	38.30	34.32	3.43
3	0	3.81	150	333	106.28			243	77.55			139	44.36		
4	0	5.08	200	405	129.26			287	91.60			158	50.43		
5	0	6.35	250	515	164.36			329	105.00			183	58.40		
6	0	7.62	300	561	179.04			362	115.53			205	65.43		
8	0	10.16	400	648	206.81			448	142.98			238	75.96		
10	0	12.7	500	681	217.34			461	147.13			253	80.74		
CBR Corregido							8.62					5.66		3.43	

Anexo C-4. Graficas CBR



Tipo: Proctor Modificado				
Densidad 56	1.583	gr/cm3	CBR 56	8.62%
Densidad 27	1.216	gr/cm4	CBR 27	5.66%
Densidad 11	1.035	gr/cm5	CBR 11	3.43%



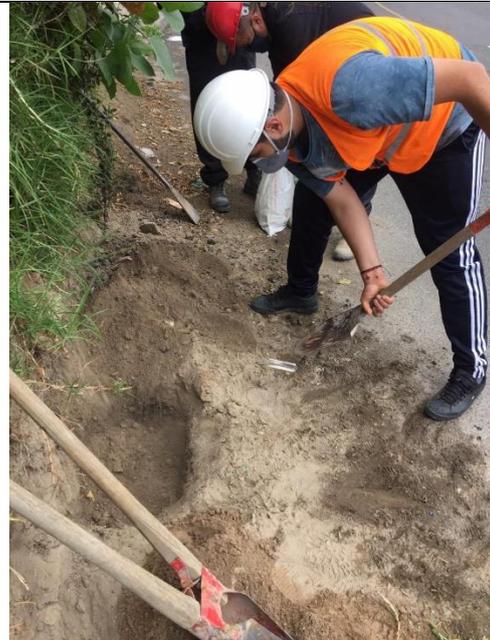
DENSIDAD MAX	1.583			
95% DE DM	1.50	1.50	1.035	1.583
	0	8.62%	8.02%	8.02%
	8.02%			

ANEXO D
FOTOGRAFÍAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANEXO D. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1: Abscisado de la vía Ambato – Quisapincha desde la abscisa 0+000 hasta 3+200 km.



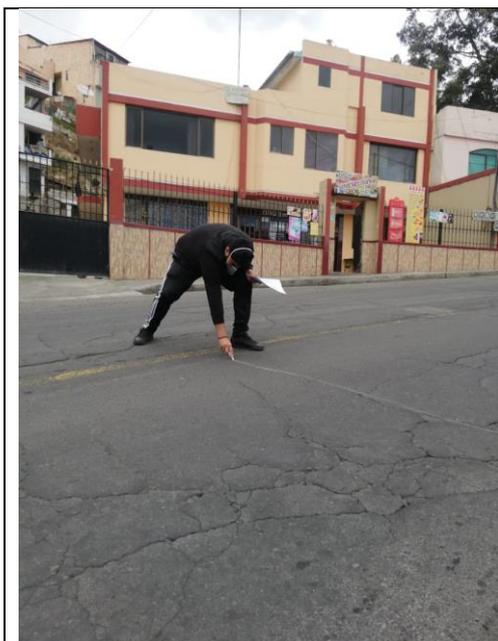
Fotografía 2: Ejecución de calicata para la obtención de la muestra de suelo.



Fotografía 3: Obtención de la muestra de suelo para la ejecución de sus respectivos ensayos.



Fotografía 4: Medición de la longitud de las unidades de muestreo para el PCI.



Fotografía 5: Medición de la falla piel de cocodrilo existente en la capa de rodadura de la vía.



Fotografía 6: Calibración del dial de la viga Benkelman.



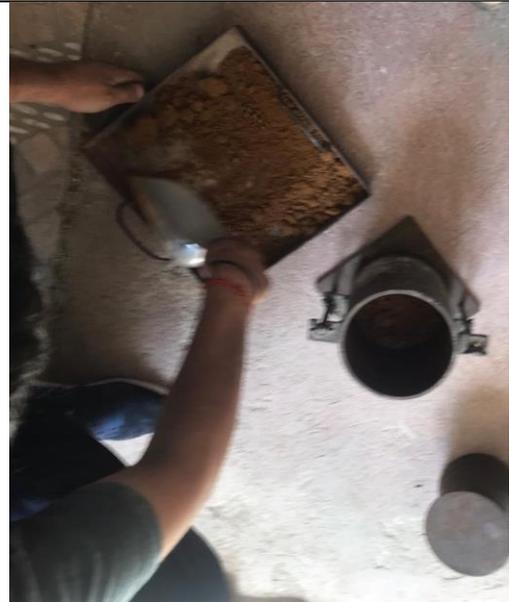
Fotografía 7: Medición de la temperatura en la capa de rodadura.



Fotografía 8: Preparación de la muestra de suelo para realizar sus respectivos ensayos.



Fotografía 9: Preparación de la muestra de suelo para realizar su tamizado.



Fotografía 10: Colocación del suelo a ser ensayado en los moldes para el ensayo de compactación.



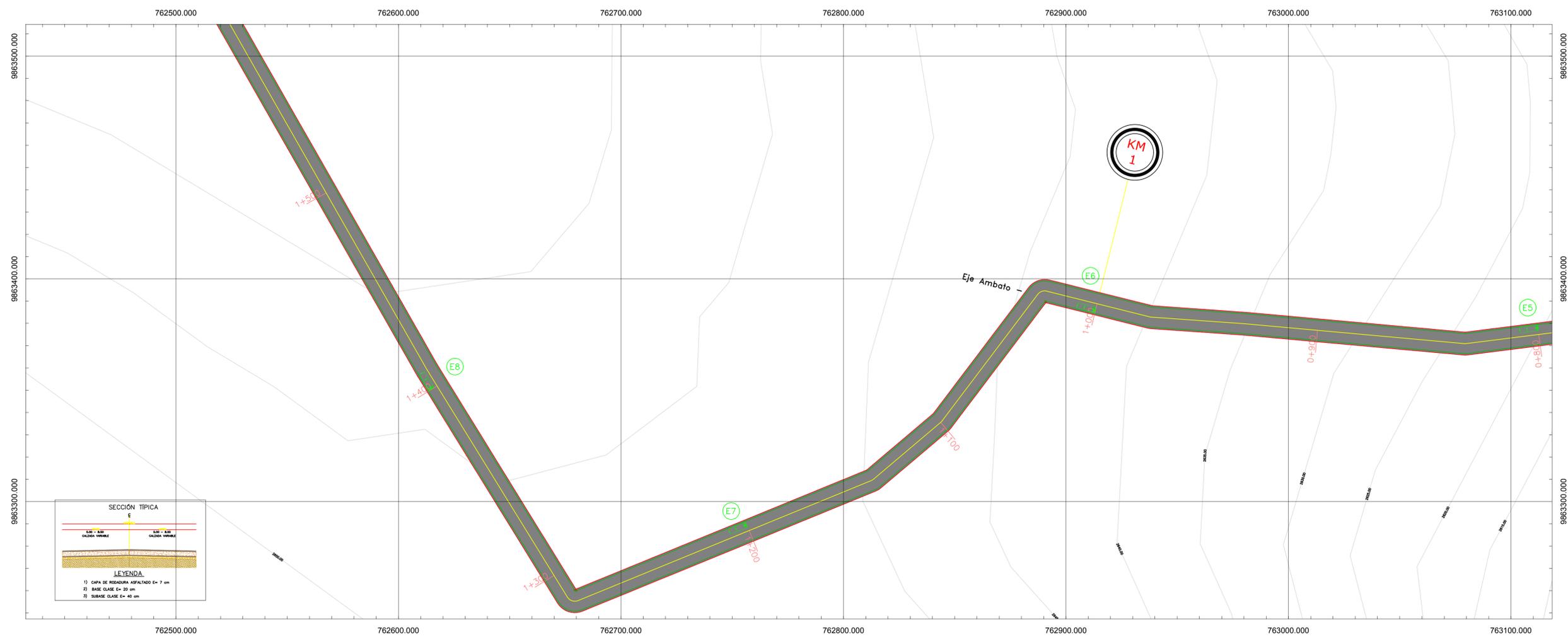
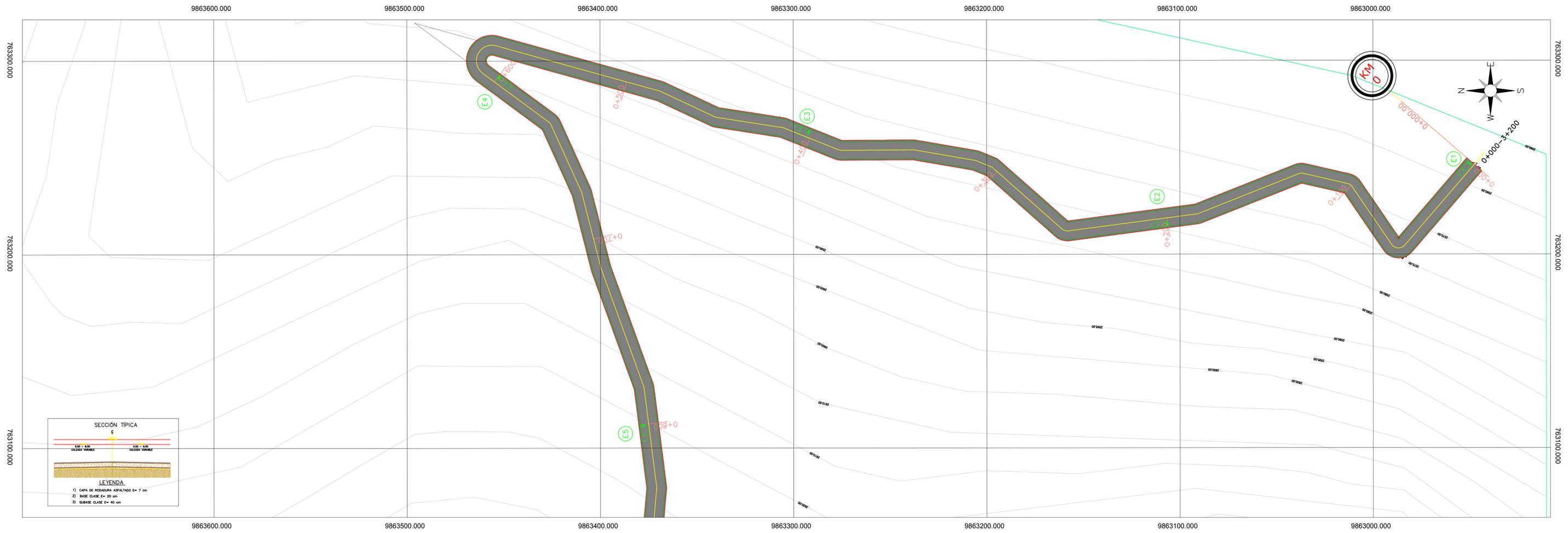
Fotografía 11: Compactación del suelo.



Fotografía 12: Realización del ensayo CBR.

ANEXO E

PLANOS





FICM
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Y MECÁNICA

UBICACIÓN:



COORDENADAS:
NORTE: 9862947.63 m ESTE: 763246.25 m WGS84 ZONA 17S
DESCRIPCIÓN: INICIO (0+000)
NORTE: 8864054.83 m ESTE: 761880.36 m WGS84 ZONA 17S
DESCRIPCIÓN: FIN (3+200)

PROYECTO:
IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

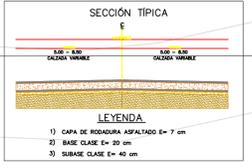
UBICACIÓN:
QUISAPINCHA, AMBATO, TUNGURAHUA, ECUADOR

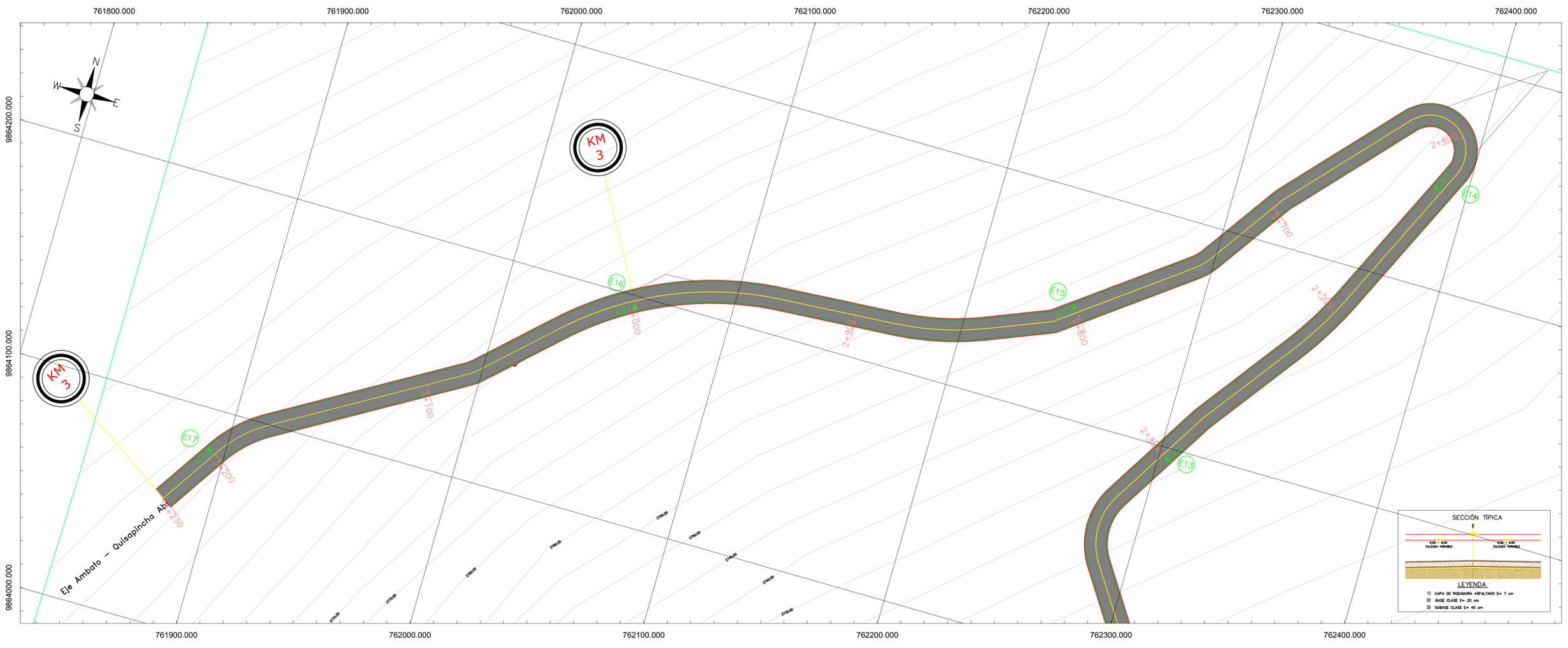
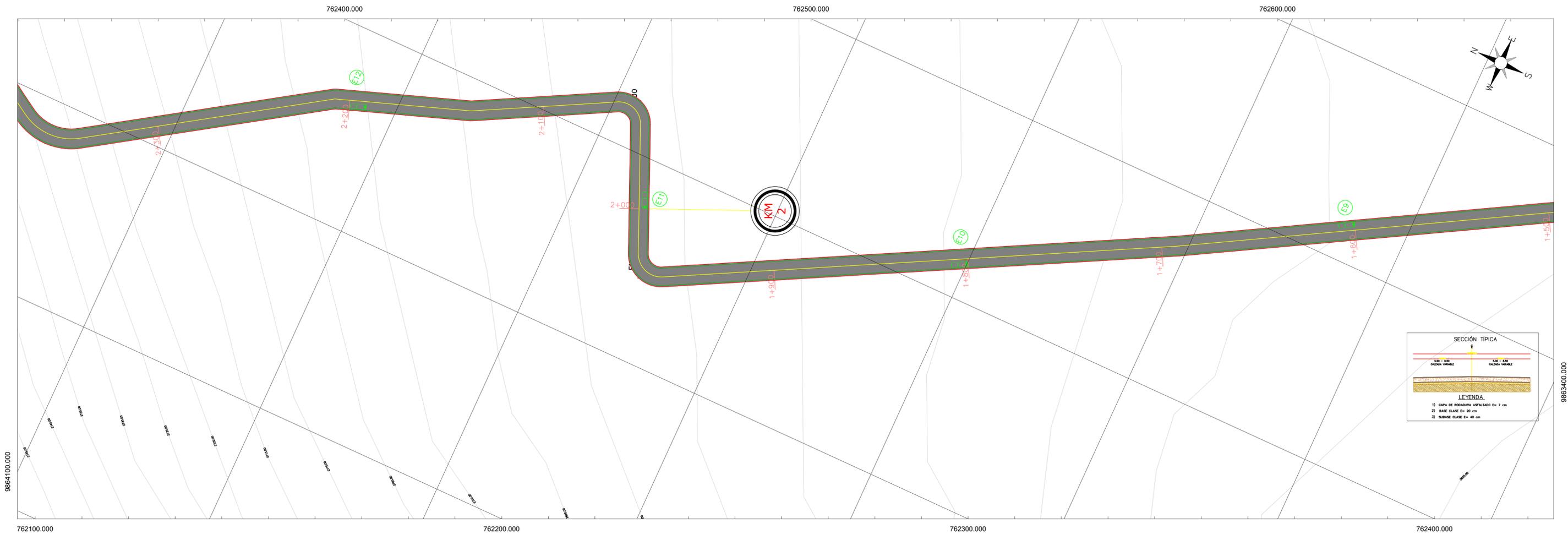
Dibujista: Ronald Cervantes Egresado	APROBÓ: Ing. Mac. Alex López Tutor
--	--

CONTIENE:
Planimetría de la vía Ambato – Quisapincha
Abscisas: 0+000 – 1+500
Localización de Puntos a Cielo Abierto (PCA)
Ubicación de las unidades de muestreo evaluadas (PC)
Ubicación de ensayo con la Viga Benetton (Deflexiones)

ESCALA: 1:1000	FECHA: Enero 2021	TRAMO: 1	LÁMINA: V 1/2
-------------------	----------------------	-------------	------------------

SELLOS:







**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Y MECÁNICA**

UBICACIÓN:



COORDENADAS:
 NORTE: 9862947.63 m ESTE: 763246.25 m WGS84 ZONA 17S
 DESCRIPCIÓN: INICIO (0+000)
 NORTE: 9864054.83 m ESTE: 761880.36 m WGS84 ZONA 17S
 DESCRIPCIÓN: FIN (3+200)

PROYECTO:
 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSISCA 0+000 HASTA LA ABSISCA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

UBICACIÓN:
 QUISAPINCHA, AMBATO, TUNGURAHUA, ECUADOR

Dibujo por: Ronald Cervantes Egresado	APROBÓ: Ing. Msc. Alex Lopez Tutor
---	--

CONTIENE:
 Planimetría de la vía Ambato – Quisapincha
 Absiscas: 1+500 – 3+200
 Localización de Tramos a Cielo Abierto (PCA)
 Ubicación de las unidades de muestreo evaluadas (PC)
 Ubicación de ensayo con la Viga Benkelman (Deflecciones)

ESCALA: 1:1000	FECHA: Enero 2021	TRAMO: 1	LÁMINA: V 2/2
-------------------	----------------------	-------------	------------------

SELLOS: