



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL 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 PATATE -
PÍLLARO EN EL TRAMO KM 3+800 AL KM 7+600 DE LA PROVINCIA
DE TUNGURAHUA.**

AUTOR:

JAIME EDUARDO SEGOVIA TIPANTASIG

TUTOR:

ING. MG. MARISOL BAYAS

Ambato-Ecuador

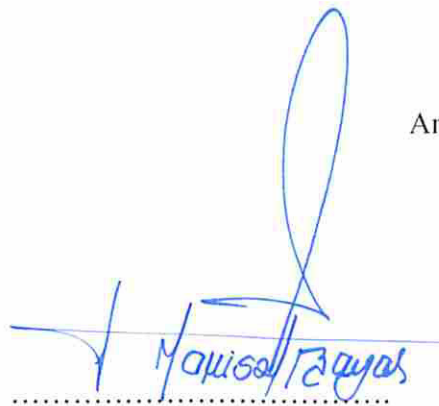
2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Marisol Bayas, certifico que el presente trabajo bajo el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA PATATE - PÍLLARO EN EL TRAMO KM 3+800 AL KM 7+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** es de autoría del, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Diciembre del 2019



Ing. Mg. Marisol Bayas

TUTOR

AUTORÍA

Yo, con C.I: 050338372-1, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el Trabajo Experimental con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA PATATE - PÍLLARO EN EL TRAMO KM 3+800 AL KM 7+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, es de mi completa autoría.

Ambato, Diciembre del 2019



Jaime Eduardo Segovia Tipantasig.

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental 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 Trabajo Experimental 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, Diciembre del 2019



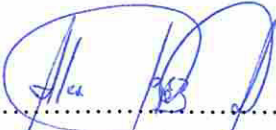
Jaime Eduardo Segovia Tipantasig.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO


Los miembros del tribunal calificador después de haber revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **‘IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA PATATE – PÍLLARO EN EL TRAMO KM 3+800 AL KM 7+600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA’**, del egresado Segovia Tipantasig Jaime Eduardo, de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el mismo que cumple con las disposiciones reglamentarias emitidas por el centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Diciembre del 2019

Para constancia firman



.....
Ing. Mg. Alex López



.....
Ing. Mg. Milton Aldas

DEDICATORIA

Como ser humano la humildad, la sencillez y la dedicación son valores que el TODO PODEROSO puso en mí en toda mi carrera estudiantil y universitaria, en especial este trabajo les dedico a mis abuelitos maternos Luis y Rosario que desde el cielo me guían, a mi madre Rosita y a mi hermano Luis, a mi tío Rodrigo y mi prima Paulina, que con su ejemplo y sacrificio han sido un pilar fundamental para poder culminar una etapa más de mi vida. Como también a la persona que más amo en esta vida Evelyn, mi compañera en buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Como no agradecer al TODO PODEROSO por permitirme estar en este mundo, las bendiciones que el derrama sobre mí han sido y serán la fuerza para que mi vida profesional sea todo un éxito.

Al Ing. Dylon Moya con sus conocimientos y paciencia logro hacer de mí un ser de servicio a la sociedad, como a mi Tutora de este trabajo Ing. Mg. Marisol Bayas una profesional a carta cabal que compartió sus conocimientos y sabiduría.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
CAPITULO I	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II	4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1.1 Georreferenciación	4
2.1.2 Defenición de Pavimentos	4
2.1.2.1 Clasificación de pavimentos.....	5
2.1.2.1.1 Pavimentos Flexibles.....	6
2.1.2.1.2 Capa de Rodadura.....	6
2.1.2.1.3 Base	7

2.1.2.1.5 Material de mejoramiento.....	7
2.1.2.2 Pavimentos Rígidos	8
2.1.2.2.1 Materiales empleados en la estructura del pavimento	8
2.1.2.3 Pavimentos semi rígidos o semi flexibles	9
2.1.2.4 Condiciones que debe satisfacer los materiales de afirmado	9
2.1.2.5 Ensayo de los materiales	10
2.1.2.6 Estudio de suelos	11
2.1.2.7 Pruebas de laboratorio	11
2.1.2.8 Drenaje	12
2.1.2.8.1 Tipos de drenaje.....	13
2.1.2.9 Índice de condición del pavimento.....	15
2.1.3 Fallas en los pavimentos flexibles.....	21
2.1.4 Generalidades	22
2.1.4.1 Características de la viga benkelman.....	22
2.1.4.2 Procedimiento del ensayo de la viga benkelman.....	23
2.1.5 Tráfico	43
2.1.5.1 Características del tráfico	44
2.2 HIPÓTESIS	45
2.2.1 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	46
2.2.1 Variable independiente	46
2.2.2 Variable dependiente	46
CAPITULO III	47
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1.1 Investigación bibliográfica	47
3.1.1.2 Investigación exploratoria	47

3.1.1.3 Investigación de campo	47
3.1.2 Niveles de investigación.....	48
3.1.2.1 Investigación descriptiva	48
3.1.2.2 Investigación experimental.....	48
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.2.1 Población	48
3.2.2 Muestra	49
3.3 Operacionalización de variables.....	50
3.3.1 Variable independiente	50
3.3.2 Variable dependiente	51
3.4 Plan de recolección de información.....	52
3.5 Plan de procesamiento y análisis	52
CAPITULO IV	53
4.1 Recolección de datos	53
4.1.1 Ubicación del proyecto.....	53
4.1.2 Levantamiento de la vía.....	55
4.1.3 Estudio de tránsito vehicular	56
4.1.3.1 Conteo vehicular.....	56
4.1.3.2 Factor de hora pico	57
4.1.3.3 Tráfico promedio diario anual	57
4.1.3.4 Tránsito actual	58
4.1.3.5 Tránsito futuro	59
4.1.4 Clasificación vial en función del TPDA.....	60
4.1.5 Cálculo de ejes equivalentes.....	61
4.2. Estudio de suelos	64

4.2.1 Clasificación del suelo según el SUCS	64
4.2.2 Análisis granulométrico.....	66
4.2.3 Límites atterberg.....	68
4.2.4 Ensayo de compactación	69
4.2.5 Ensayo índice de soporte california CBR.....	70
4.2.6 Ensayo de compactación	72
4.3 Índice de condición del pavimento.....	75
4.3.1 Unidades de muestreo.....	75
4.3.2 Cálculo de la densidad.....	77
4.3.3 Cálculo del número máximo de valores deducidos	78
4.3.4 Cálculo del máximo valor deducido corregido.....	78
4.4 Medición de deflexiones del pavimento mediante la viga benkelman.....	78
4.4.1 Procedimiento de inspección.....	82
4.4.2 Cálculo de deflexions mediante viga benkelman	84
4.4.3 Cálculo de la deflexión característica, admisible y crítica.	89
4.4.4 Radio de curvatura.....	90
4.5 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	93
CAPITULO V	94
5.1 Conclusiones.....	94
5.2 Recomendaciones	95
5.3 Bibliografía.....	96-97
ANEXOS	98
ANEXO A: CONTEO VEHICULAR	98
ANEXO B: GRANULOMETRÍA Y LÍMITE ATTERBERG	105
ANEXO C: PROCTOR MODIFICADO Y CBR	122

ANEXO D: ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	139
ANEXO E: ARCHIVO FOTOGRÁFICO	153
ANEXO F: PLANOS (PUNTOS COORDENADAS, ABSCISADO VÍA).....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Ensayo para los materiales.....	10
Tabla N°2: Clase de carreteras	15
Tabla N°3: Rangos de calificación metodología PCI.....	16
Tabla N°4: Hoja de registro PCI	17
Tabla N°5: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	18
Tabla N°6: Formato para la obtención del máximo deducido corregido	22
Tabla N°7: Fallas en los pavimentos flexibles	22
Tabla N°8: Factor de corrección por estacionalidad	38
Tabla N°9: Formato para la deflexión ensayo viga benkelman	38
Tabla N°10: Factores de corrección	39
Tabla N°11: Formato para la deflexión corregida viga benkelman	40
Tabla N°12: Factores de daño según tipo de vehículo	41
Tabla N°13: Criterios para analizar la calidad estructural.....	42
Tabla N°14: Criterios para analizar la calidad estructural.....	42
Tabla N°15: Clases de carreteras según su función.....	44
Tabla N°16: Tasa de crecimiento	45
Tabla N°17: Operacionalización de variable independiente	50
Tabla N°18: Operacionalización de variable dependiente.....	51
Tabla N°19: Plan de recolección de información.....	52
Tabla N°20: Ubicación geográfica del tramo de la vía patate - pillaro	53
Tabla N°21: Conteo vehicular	55
Tabla N°22: Número de vehículos que transitan por la vía.....	56
Tabla N°23: Volumen vehicular durante la hora pico	56
Tabla N°24: Cálculo del TPDA actual	58
Tabla N°25: Tráfico promedio diario anual	58

Tabla N°26: Tasa de crecimiento anual del tráfico	59
Tabla N°27: Tránsito promedio diario anual total.....	59-60
Tabla N°28: Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	60
Tabla N°29: Factores de daño según el tipo de vehículo.....	61
Tabla N°30: Factores de distribución direccional	61
Tabla N°31: Porcentaje de W18 en el carril D1.....	61
Tabla N°32: TPDA para ejes equivalentes	62
Tabla N°33: Cálculo de ejes equivalentes	63
Tabla N°34: Clasificación de suelos.....	65
Tabla N°35: Análisis granulométrico del suelo de fundación.....	66
Tabla N°36: Análisis granulométrico de la base	67
Tabla N°37: Determinación del límite líquido	68
Tabla N°38: Determinación de la densidad máxima y humedad óptima	69
Tabla N°39: Determinación del CBR y penetración estándar	70
Tabla N°40: Granulometría y límites atterberg (suelo de fundación)	71
Tabla N°41: Resultados de granulometría y límites atterberg (base).....	72
Tabla N°42: Resultados de compactación (suelo de fundación)	72
Tabla N°43: Resultados de compactación (base)	73
Tabla N°44: Capacidad de soporte CBR	73
Tabla N°45: Resultado CBR puntual (suelo de fundación).....	74
Tabla N°46: Resultado CBR puntual (base).....	74
Tabla N°47: Cálculo del número total de muestras.....	75
Tabla N°48: Cálculo de unidades de muestreo a evaluar	76
Tabla N°49: Unidades de muestreo en el tramo de la vía	77
Tabla N°50: Determinación del valor de PCI.....	79
Tabla N°51: Rangos de calificación del PCI.....	81
Tabla N°52: Datos de las deflexiones	83
Tabla N°53: Lectura realizada en el punto 1	84
Tabla N°54: Deflexiones corregidas por relación de brazos	85
Tabla N°55: Deflexiones corregidas por temperatura	87
Tabla N°56: Factor de corrección por estacionalidad	88

Tabla N°57: Deflexiones corregidas por estacionalidad	88-89
Tabla N°58: Resultados de deflexiones y radio de curvatura.....	91
Tabla N°59: Criterios para analizar la calidad estructural.....	92
Tabla N°60: Criterios para analizar la calidad estructural.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición del pavimento flexible	6
Figura 2: Condiciones de los materiales de afirmado.....	9
Figura 3: Esquema y principio de la viga benkelman	33
Figura 4: Configuración geométrica del sistema de la carga en la viga benkelman	34
Figura 5: Esquema de la viga Benkelman	35
Figura 6: Deflexiones	36
Figura 7: Ubicación del proyecto	53
Figura 8: Ubicación de la estación de conteo	54
Figura 9: Abaco daño grietas longitudinales y transversales	80
Figura 10: Abaco del cálculo del valor deducido corregido.....	81
Figura 11: Deflectograma de la sección	91

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO A. CONTEO VEHICULAR.....	98
Anexo A-1. Conteo vehicular jueves 4 de julio del 2019.....	99
Anexo A-2. Conteo vehicular viernes 5 de julio del 2019	100
Anexo A-3. Conteo vehicular sábado 6 de julio del 2019.....	101
Anexo A-4. Conteo vehicular domingo 7 de julio del 2019.....	102
Anexo A-5. Conteo vehicular lunes 8 de julio del 2019	103
Anexo A-6. Conteo vehicular martes 9 de julio del 2019	104
 ANEXO B. GRANULOMETRÍA Y LÍMITES ATTERBERG	 105
Anexo B-1. Granulometría de la base en el km 4+800	106
Anexo B-2. Granulometría de la base en el km 5+800	107
Anexo B-3. Granulometría de la base en el km 6+800	108

Anexo B-4. Granulometría de la base en el km 7+600	109
Anexo B-5. Granulometría del suelo de fundación en el km 4+800	110
Anexo B-6. Granulometría del suelo de fundación en el km 5+800	111
Anexo B-7. Granulometría del suelo de fundación en el km 6+800	112
Anexo B-8. Granulometría del suelo de fundación en el km 7+600	112
Anexo B-9. Límite líquido y plástico de la base en el km 4+800	114
Anexo B-10. Límite líquido y plástico de la base en el km 5+800	115
Anexo B-11. Límite líquido y plástico de la base en el km 6+800	116
Anexo B-12. Límite líquido y plástico de la base en el km 7+600	117
Anexo B-13. Límite líquido y plástico del suelo de fundación en el km 4+800	118
Anexo B-14. Límite líquido y plástico del suelo de fundación en el km 5+800	119
Anexo B-15. Límite líquido y plástico del suelo de fundación en el km 6+800	120
Anexo B-16. Límite líquido y plástico del suelo de fundación en el km 7+600	121

ANEXO C. PRÓCTOR MODIFICADO Y CBR	122
Anexo C-1. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 4+800	123
Anexo C-2. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 5+800	124
Anexo C-3. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 6+800	125
Anexo C-4. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 7+600	126
Anexo C-5. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 4+800.....	127
Anexo C-6. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 5+800.....	128
Anexo C-7. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 6+800.....	129
Anexo C-8. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 7+600.....	130
Anexo C-9. CBR y penetración de la base en el km 4+800	131
Anexo C-10. CBR y penetración de la base en el km 5+800	132
Anexo C-11. CBR y penetración de la base en el km 6+800	132
Anexo C-12. CBR y penetración de la base en el km 7+600	134

Anexo C-13. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 4+800.....	135
Anexo C-14. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 5+800.....	136
Anexo C-15. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 6+800.....	137
Anexo C-16. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 7+600.....	138
ANEXO D. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.....	139
Anexo D-1. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 1	140
Anexo D-2. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 17	141
Anexo D-3. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 25	142
Anexo D-4. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 33	143
Anexo D-5. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 57	144
Anexo D-6. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 65	145
Anexo D-7. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 89	146
Anexo D-8. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 97	147
Anexo D-9. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 105	148
Anexo D-10. Abaco piel de cocodrilo	149
Anexo D-11. Abaco exudación	149
Anexo D-12. Ábaco agrietamiento en bloque	150
Anexo D-13. Ábaco abultamientos y hundimientos.....	150
Anexo D-14. Ábaco grietas de borde	151
Anexo D-15. Ábaco grietas longitudinales y transversales	151
Anexo D-16. Ábaco hueco y baches	152
Anexo D-17. Ábaco desprendimiento de agregados	152
ANEXO E. ARCHIVO FOTOGRÁFICO	152- 157

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA PATATE – PÍLLARO EN EL TRAMO 2 EN EL KM 3 + 800 AL KM 7 + 600 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Jaime Eduardo Segovia Tipantasig.

TUTOR: Ing. Mg. Marisol Bayas Altamirano.

Resumen Ejecutivo.

El estudio del TPDA actual de la vía es de 1240 vehículos/día obteniendo como resultado de acuerdo a la clasificación del MTOP 2003 es considerada como una vía de Clase II.

Mediante la obtención de calicatas se realizó el estudio de suelos, donde se verifico las propiedades que tiene la base de la estructura del pavimento las mismas que no cumplió de acuerdo con las especificaciones por MTOP.

Se utilizó el método del PCI que nos permitió obtener un valor de 70.67% con una calificación de bueno, lo cual nos indica que el estado superficial de la vía se encuentra en buenas condiciones para el tránsito vehicular de la sección analizada.

Se realizó el ensayo deflectometrico de la viga Benkelman donde se determinó, que l tipo de deflexión corresponde a un Tipo III, debido a que la deflexión característica es menor que le deflexión admisible.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

SUBJECT: IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF CONSERVATION OF THE STRUCTURE OF THE BEARING COAT OF THE PATATE – PILLARO ROAD IN SECTION 2 IN KM 3 + 800 TO KM 7 + 600 OF THE PROVINCE OF TUNGURAHUA.

AUTHOR: Jaime Eduardo Segovia Tipantasig.

TUTOR: Ing. Mg. Marisol Bayas Altamirano

Executive Summary.

In the study of the current TPDA of the road is 1240 vehicles / day, obtaining as a result according to the classification of the MTOP 2003 is considered a Class II road.

The PCI method allowed us to obtain a value of 70.67 with a rating of good, which indicates that the surface state of the road is in good condition for vehicular traffic in the analyzed section

From the deflectometric test of the Benkelman beam, it was determined that the type of deflection corresponds to a Type III, because the characteristic deflection is less than the admissible deflection

When comparing the results of the methods used PCI and Beam Benkelman, it was determined that the road should be intervened with a reinforcement in the pavement structure as indicated in the maintenance plan.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.

Implementación del proceso de conservación de la Estructura de la Capa de Rodadura de la vía Patate - Píllaro en el tramo km 3+800 hasta km 7+600 de la provincia de Tungurahua.

1.2 ANTECEDENTES.

Desde la antigüedad el afán expansionista de los pueblos para buscar terrenos más productivos, así como la necesidad de intercambiar el fruto de sus cultivos, despertaron el interés de trasladarse de un lugar a otro por senderos primitivos que salvando accidentes geográficos se constituyeron en las primeras vías de comunicación.

No se tiene un claro indicio de la época donde se empezó a utilizar una estructuración vial, así como la utilización de materiales en dichas obras. Pero se puede decir que en la Edad Antigua donde se contaba con el sistema más avanzado de red de caminos rápidos y seguros es en Roma, ya que muchos de ellos aún existen todavía después de 2000 años.[8]

Con la aparición del automóvil, los factores geográficos que hasta ese entonces eran adecuados a las exigencias de transporte animal, tuvieron que ser cambiados para dar cabida a las exigencias de velocidad y capacidad de carga de los vehículos del moderno parque automotor, mejorándose de esta manera el alineamiento, pendientes y superficie de rodadura existentes.[1]

En este siglo de gran avance tecnológico y modernización en toda América latina, y en nuestro país, el tráfico por carretera se ha incrementado considerablemente en los últimos años por tal motivo es indispensable la dotación de vías terrestres que promuevan el desarrollo de los centros poblados. El gran reto del profesional especializado en vías

terrestres es de diseñar, construir, ampliar, mejorar el sistemas de redes viales, estableciendo las características geométricas y las condiciones de la vía tomando en cuenta el tráfico y las condiciones socioeconómicas de los centros poblados beneficiados directa e indirectamente.

A nivel nacional el transporte por carreteras ha jugado un papel preponderante en el desarrollo socio-económico, debido a las condiciones topográficas que presenta nuestro país y las distancias relativamente cortas. Que separan los centros de producción con los centros de consumo y exportación. [6]

La realización del mejoramiento de esta vía permitirá el adelanto social, económico y cultural de la población de la parroquia de San Andrés así como también los demás sectores implicados en dicho proyecto, evitando el rápido deterioro de vehículos, brindando seguridad a las personas que hacen uso de las mismas.[2]

1.3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, tanto en Ecuador como en otros países suramericanos como Colombia, Argentina, Bolivia y Perú, se han venido realizando estudios e investigaciones sobre métodos y alternativas para rehabilitación y mantenimiento de vías terciarias y de bajos volúmenes de tránsito, que permitan un uso y aprovechamiento de recursos naturales y nuevos materiales a menores costos, de forma que se logre un equilibrio económico, técnico y ambiental; llegando a proponer soluciones que favorezcan el desarrollo de las regiones donde se aplican tales soluciones, en forma sostenible. [3]

El objetivo fundamental del proyecto es mejorar las condiciones de vida de la población que se encuentra en el área de influencia del proyecto, además beneficia con nuevos destinos turísticos a los visitantes, además evaluar las condiciones actuales de la calzada y características de la vía actual así también facilitar la transportación de productos agropecuarios, desde las zonas rurales a los centros de acopio y comercialización a bajos costos de operación.

Un pavimento es una estructura construida por el hombre, con el fin de mejorar la calidad de un terreno existente para que el transito sea más rápido, confortable, seguro y económico. Además permite conservar una vida de comunicación en buen estado, lo que redunda en beneficios sociales y económicos. [4]

Capa de rodadura o superficie: Capa superior de la calzada, de material especificado, designada para dar comodidad al tránsito. Debe tener características antideslizantes, ser impermeable y resistir la abrasión que produce el tráfico y los efectos desintegrantes del clima, a veces se la llama Capa de Desgaste. [7]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características físicas de la vía Patate – Píllaro en el tramo Km 3+800 hasta Km 7+600 de la provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1.- Disponer de un levantamiento georeferenciado de la vía Patate – Pillaro en el tramo Km 3+800 hasta Km 7+600.
- 2.- Conocer la movilidad vehicular en la vía Patate – Pillaro en el tramo Km 3+800 hasta Km 7+600.
- 3.- Evaluar cada uno de los componentes físicos de la vía Patate – Pillaro en el tramo Km 3+800 hasta Km 7+600.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Georreferenciación

La georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específica, que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como el SIG.

(Sistema de Información Geográfica)

Los mapas representan ubicaciones en la superficie de la Tierra que utilizan cuadrículas, gráficas y marcas de graduación con etiquetas de diversas ubicaciones terrestres (tanto en medidas de latitud-longitud como en sistemas de coordenadas proyectadas.)

2.1.2. Definición de pavimentos.

Se considera como una estructura constituida por varias capas de materiales seleccionados, diseñado y constituido técnicamente con el objetivo de brindar el tránsito de vehículos de una manera rápida, cómoda, segura, eficiente y económica, cuya función es la de soportar las cargas generadas por el tráfico, transmitiendo los esfuerzos al terreno de fundación, distribuyéndolos de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales y brindando una superficie lisa y resistente al efecto del tránsito.

Entre las características funcionales o superficiales se tiene:

- a) La resistencia al deslizamiento, que dependerá de la textura superficial de la capa de rodadura.

- b) La regularidad superficial tanto en sentido transversal como longitudinal, que dependiendo de la magnitud de las longitudes de onda afecta la comodidad de los usuarios.
- c) El nivel de ruido que ocasionan los vehículos al transitar, el cual afecta a los pasajeros y al medio exterior a ello.
- d) Las propiedades de reflexión luminosa, muy importantes durante la conducción en las horas de la noche, así como para el correcto diseño de los elementos de iluminación.
- e) La facilidad de drenaje con el fin de disminuir la posibilidad de salpicaduras que disminuyen la seguridad en la operación.
- f) Factores que afectan el diseño, construcción y comportamiento de los pavimentos.
- g) Localización de la estructura de pavimento.
- h) El clima que influye directamente en el programa de construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento.
- i) Las cargas que producen van a inducir deformaciones en las capas que conforman la estructura de pavimento.
- j) Otro factores como: el medio ambiente, los materiales utilizados, la deformabilidad de las distintas capas, el periodo de diseño, el costo, de iluminación de la vía, las dimensiones de la obra, el equipo disponible.

2.1.2.1. Clasificación de pavimentos.

El pavimento es una estructura de cimentación que sirve para distribuir las cargas que le son impuestas por los cálculos tales como la subrasante que los vehículos circulen con comodidad, confort y seguridad, etc. El pavimento es una estructura de cimentación que toma por objeto:

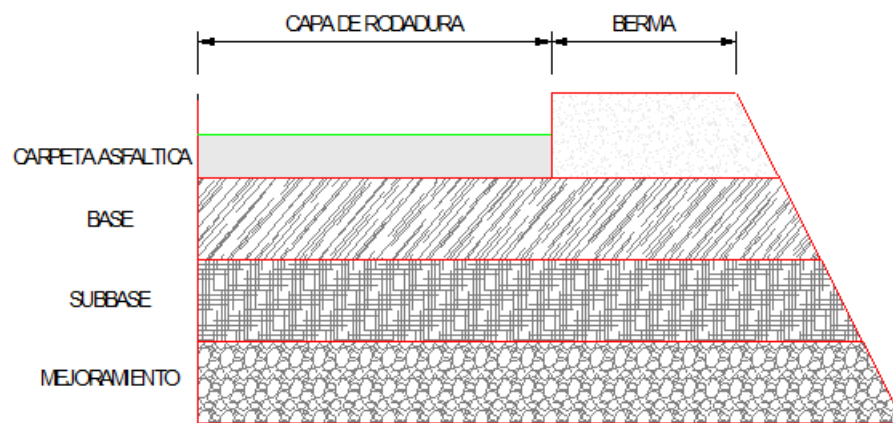
- a) Distribuir los esfuerzos a la subrasante.
- b) Proveer una superficie de rodadura que permita circular a los vehículos con comodidad y confort.
- c) Impermeabilizar.

Existen generalmente diferentes tipos de pavimentos que se citan a continuación:

2.1.2.1.1. Pavimentos Flexibles.- (Carpeta Bituminoso) que está conformado en varios mantos, se denominan así porque la estructura acompaña a las deformaciones de la subrasante y están compuestas de las siguientes capas.

- a) Carpeta de rodadura
- b) Base
- c) Subbase
- d) Mejoramiento.

Figura.1: Composición del Pavimento Flexible.



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

2.1.2.1.2. Capa de rodadura

Según MTOP -0.01-F 2003, establece a la capa de rodadura como la capa superior de la calzada, de material especificado, designado para dar comodidad al tránsito. También llamada capa de desgaste o superficie.

Se conoce con este nombre al conjunto formado por: sub base, base, capa de rodadura.

Esta estructura vial está formada por una o varias capas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante y que es capaz de resistir:

- a) Las cargas impuestas por el tránsito (función estructural).
- b) La acción del medio ambiente (T° y agua).
- c) Transmite al suelo de fundación esfuerzo y deformaciones tolerables.
- d) Proporcionar la circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía.

2.1.2.1.3. Base: Capa (o capas), de espesor definido, de materiales de buena resistencia sujetos a determinadas especificaciones colocada sobre la sub- base o la subrasante para soportar las cargas que son impuestas por los vehículos.

2.1.2.1.4. Subbase: Capa de material destinado a romper la capilaridad del agua de la subrasante.

2.1.2.1.5. Material de Mejoramiento: Capa de material granular que se coloca cuando el material de la subrasante es muy débil o está saturado. Los requerimientos de espesor dependen de algunos factores tales como:

- a) Cantidad y clase de tráfico.
- b) Condiciones Climáticas.
- c) Resistencia de suelo de la subrasante.
- d) Materiales de construcción existentes.

En otras características que podemos mencionar a sus ventajas y desventajas:

Ventajas:

- a) Bajo de construcción
- b) Comodidad para el usuario.
- c) Utilización inmediata después de su construcción.
- d) Facilidad de construcción.

Desventajas:

- a) Alto costo de mantenimiento.
- b) Estructura soportante compleja
- c) Mayor consumo de combustible al circular.

2.1.2.2. Pavimentos Rígidos- (Cemento Portland), que se denomina así porque trabajan a flexión y su capa de rodadura no acompaña a las deformaciones de la subrasante.

- a) Capa de rodadura de concreto hidráulico.
- b) Subbase o Base.

Al igual que en los pavimentos flexibles tenemos sus ventajas y desventajas en los pavimentos rígidos.

Ventajas:

- a) Costo de mantenimiento muy reducido.
- b) Superficie de rodadura con texturizado seguro.
- c) Mayor durabilidad.
- d) Estructura soportante sencilla.
- e) Reducción de consumo en combustible fósil hasta un 20%
- f) Menor distancia de frenado.

Desventajas:

- a) Elevado costo de construcción
- b) Tiempo de espera por fraguado del hormigón.
- c) Superficie incomoda y ruidosa por texturizado.

2.1.2.2.1. Materiales empleados en la estructura de pavimento.

- a) Suelos granulares seleccionados.
- b) Agregados naturales, cantos rodados o producto de la trituración parcial o total.
- c) Agregados artificiales.
- d) Ligantes bituminosos: cemento asfáltico de refinería, asfalto líquido industrial, asfalto líquido natural, asfaltos naturales y emulsiones asfálticas.

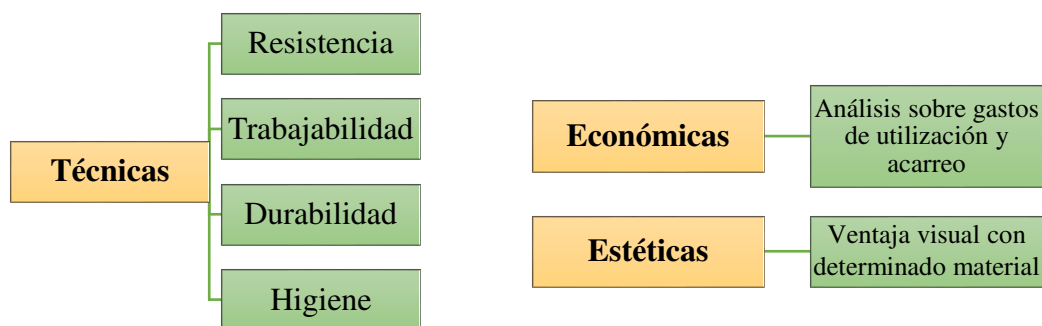
- e) Cales aéreas.
- f) Agua.
- g) Conglomerantes hidráulicos y puzolánicos: cemento, escorias de alto horno, cenizas volantes, etc.

2.1.2.3. Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles.- La superficie de rodadura está conformada por dos capas, los semirrígidos la inferior está formada por agregados estabilizados con asfalto y la superior con concreto hidráulico; en cambio en los semiflexibles la capa inferior está formada de concreto y la capa superior por agregados estabilizados con asfalto

2.1.2.4. Condiciones que debe satisfacer los materiales de afirmado

Estudiar los materiales para conocerlos y utilizarlos de forma adecuada es muy importante antes de seleccionarlo para conformar la estructura de un pavimento.

Figura 2: Condiciones de los materiales de afirmado



Fuente: Ing. Fricson Moreira, Material para la asignatura de pavimentos

2.1.2.4.1. Especificación de los materiales de afirmado

Los materiales que se utilizan para construir la estructura del pavimento deben en su mayor parte ser de buena calidad, se debe cuidar que este sea de suelo granular, material rocoso o una combinación de ambos, libre de material orgánico y escombros.

Este material deberá cumplir con las especificaciones AASHTO T-11, que indica una granulometría tal en la que todas las partículas pasarán por un tamiz de 4”(100 mm) con una abertura cuadrada y no más del 20% pasará el tamiz #200(0.075 mm)

La parte del material que pase el tamiz #40(0.425 mm) deberá tener un índice de plasticidad no mayor que 9, máximo 35% en límite líquido y siempre que el valor del CBR sea mayor al 20% tal como lo indica lo especificado en la norma AASHTO T-11.

2.1.2.5. Ensayo de los materiales

Para la realización de los ensayos, se debe considerar la finalidad o el uso que va a tener el material, en el cuadro que sigue, se indican los diferentes ensayos para cada caso.

Tabla 1. Ensayos para los materiales

Ensayos	Obras	Especificaciones
Granulometría	Sub-bases	MTOP. Tabla 403-1.1
	Bases	MTOP. Tabla 404-1.1 a 1.4
	Capa de rodadura	MTOP. Tabla 405-3.1
	Hormigones	MTOP. Tabla 404.5.1 o 405.5.1
Límites de Attemberg	Sub-bases	Límite líquido ≤ 25 Índice plástico ≤ 6
	Bases	Límite líquido ≤ 25 Índice plástico ≤ 6
	Capa de rodadura	Límite líquido ≤ 35 Índice plástico ≤ 4 INEN 691 Y 692
CBR	Sub-bases	CBR ≥ 30
	Bases	CBR ≥ 80
Abrasión	Sub-bases	$\leq 50\%$ INEN 860 y 861
	Bases	$\leq 40\%$ INEN 860 y 861
	Capas de rodadura	$\leq 40\%$ INEN 860
	Hormigones	$\leq 40\%$ INEN 860
Desgaste por acción de sulfatos	Bases	$\leq 12\%$ INEN 863
	Capa de rodadura	$\leq 12\%$ INEN 863
	Hormigones	$\leq 12\%$ INEN 863
Adherencia al asfalto o porcentaje de peladura	Capas de rodadura	Adherencia 95% Peladura 5% AASHTOT-182

Fuente: Moreira Fricson, Material para la asignatura de pavimentos

2.1.2.6. Estudio de suelos

Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben efectuarse investigaciones, de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Un estudio de suelos debe comprender:

1. Selección de las unidades típicas de diseño.
2. Determinación del perfil de suelos.
3. Muestreo de las diferentes capas de suelos.
4. Ensayos de laboratorio con las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la subrasante:
 - 4.1 Determinación del contenido de humedad
 - 4.2 Análisis granulométrico
 - 4.3 Determinación de los límites de plasticidad de los suelos.
 - 4.4 Ensayos de compactación del suelo.
 - 4.5 Determinación de la resistencia del suelo (C.B.R).
5. Determinación del suelo típico de subrasante para una unidad de diseño.
6. Medida y selección del valor de resistencia de un suelo típico de subrasante.
7. En el caso de diseño vial este estudio es muy importante debido a que orienta al ingeniero a determinar el espesor de capa de rodadura, mediante la adecuada interpretación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

2.1.2.7. Pruebas de laboratorio

Determinación del contenido de humedad: Es un ensayo que permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en términos de su peso en seco. El conocimiento de la humedad natural de un suelo no solo permite definir a priori el tratamiento a darle, durante la construcción, sino que también permite estimar su posible comportamiento.

NORMA: AASHTO T- 180

Análisis granulométrico: Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

NORMAS: AASHTO T-87-80, ASSTM D-421-58

Determinación del límite plástico de los suelos: El límite plástico se define como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad. En este estado el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento.

NORMAS: AASHTO T-90-70, ASSTM D-421-71, INEN 691

Ensayos de compactación del suelo: Se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo. Es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

Determinación de la resistencia del suelo (C.B.R): El ensayo de C.B.R. (Relación de Soporte de California) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles. El C.B.R se expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.

NORMAS: AASHTO T-99, ASSTM D-1883-73

2.1.2.8. Drenaje

El objeto fundamental del drenaje es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar al camino; esto se logra evitando que el agua llegue a él o bien dando salida a la que inevitablemente le llega.

2.1.2.8.1. Tipos de drenaje

El drenaje se divide en drenaje superficial y subterráneo, de acuerdo con el funcionamiento del escurrimiento.

2.1.2.8.1.1. Drenaje superficial: Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

Las principales obras para la protección del camino son las siguientes:

a) **Bombeo de la superficie:** Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

b) **Cunetas:** Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

c) **Contra cunetas:** Son canales destinados a evitar que llegue al camino un exceso de agua o humedad, cuando éstas tienen una menor capacidad para el gasto, así como para evitar deslaves en los cortes.

d) **Canales:** Son obras de protección localizadas a las orillas del camino con el objeto de impedir que el agua llegue al camino y lo dañe.

e) **Bordos:** En algunos casos, como en terrenos desérticos, es necesario encauzar el agua para no construir un gran número de alcantarillas de escaso gasto o bien porque la lámina de agua es muy extensa sin causas definidas.

f) **Zampeados:** Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

- g) Lavaderos: Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaría la velocidad del agua.

2.1.2.8.1.2. Drenaje subterráneo: El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

El drenaje de las vías: Se define como el proceso de control y evacuación del exceso de aguas superficiales y subterráneas localizadas dentro de los parámetros de la vía y los terrenos adyacentes, para proteger la estructura de la misma.

La importancia de un drenaje adecuadamente diseñado desde el punto de vista económico, de seguridad, análisis hidráulico debe estar relacionado con:

- a) El tamaño y forma de cajón para satisfacer las condiciones de campo
- b) La necesidad de cunetas
- c) El espaciamiento de las tomas

De una manera general se puede decir también que las funciones principales son:

- a) Resistir y distribuir a las capas inferiores los esfuerzos verticales provenientes del tráfico.
- b) Mejorar las condiciones de rodadura de la vía con el objeto de dar seguridad y confort.
- c) Resistir los esfuerzos horizontales a través de la capa de rodadura.
- d) Propiciar una resistencia adecuada al desgaste de la base, protegiendo de lluvias y heladas.

Tabla 2. Clase de Carreteras.

CLASE DE CARRETERAS	TIPOS DE SUPERFICIE
R o RII más de 8000 TPDA	Alto grado estructural, capa asfáltica u hormigón
I 3000-8000 TPDA	Alto grado estructural, capa asfáltica u hormigón
II 1000-3000 TPDA	Grado estructural intermedio; capa asfáltica o triple tratamiento
III 300 - 1000 TPDA	Bajo grado estructural; doble tratamiento superficial bituminoso
VI 100-300 TPDA	Grava
V menos de 100 TPDA	Grava, empedrado, tierra

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras MTOP 2003

Las superficies de rodadura de la calzada se clasifican según el tipo estructural, correspondiente a las cinco clases de carreteras clasificadas así por el MTOP.

El diseño la capa de rodadura es determinar las capas componentes del pavimento (base, sub base) cuyos espesores depende del tráfico que circule por la vía.

La calzada o capa de rodadura corresponde a la sección transversal del camino destinado a la circulación de los vehículos. Su función es proteger a la base impermeabilizándola, para evitar las filtraciones de agua de lluvia.

También evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos. Su espesor está en función del CBR. El diseño de la sub rasante y del tráfico promedio diario anual que tenga la vía. El siguiente cuadro muestra el ancho mínimo de calzada según la importancia de la vía.

2.1.2.9. Índice de condición del pavimento (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad.

La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. A continuación se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 3. Rangos de calificación metodología 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: ASTM D633-07. 2017

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño que presenta

2.1.2.9.1.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las Figuras 1 y 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente.

Tabla 4. Hoja de Registro PCI

 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil								
NOMBRE LA VÍA:								
TRAMO:								
SECCIÓN TRAMO:								
UNIDAD DE MUESTRA:								
ÁREA DE MUESTRA m2:								
ABSCISA INICIAL								
ABSCISA FINAL								
TIPOS DE DAÑOS								
1. Piel de cocodrilo (m2)	11. Parcheo (m2)	ESQUEMA						
2. Exudación (m2)	12. Pulimento de agregados (m2)							
3. Fisuras en bloque (m2)	13. Huecos (cantidad)							
4. Abultamientos y hundimientos (m)	14. Cruce de vía férrea (m2)							
5. Corrugaciones (m2)	15. Ahuellamiento (m2)							
6. Depresión (m2)	16. Desplazamiento (m2)							
7. Fisura de borde (m)	17. Grieta parabólica (m2)							
8. Fisura de reflexión de junta (m)	18. Hinchamiento (m2)							
9. Desnivel/carril/berma (m)	19. Desprendimiento de agregados (m2)							
10. Fisuras longitudinales y transversal (m)								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
Valor Total de Deducción (VTD)								
Número de Deducidos > 2(q):								
Mayor Valor Deducido (HDVi):								
Número Admisible de Deducidos (mi):								
CÁLCULO DEL PCI								
No.					Valores Deducidos	Total	mi	VDC
Max (VDC)								
PCI=100-Máx (VDC) PCI=								

Fuente: Manual (PCI)

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.

Tabla 5. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (Valor máximo)	31.5

Fuente: Manual (PCI).

2.1.2.9.1.2. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuacion 2.1}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de

35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

2.1.2.9.1.3. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuacion 2.2}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

2.1.2.9.1.4. Selección de unidades de muestreo adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad

de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

2.1.2.9.1.5. Evaluación de la condición del pavimento

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños.

Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

2.1.2.9.1.6. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos

- a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
- b) Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta

es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

- c) Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- a) Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.
- b) Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c) Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV) \quad \text{Ecuacion 2.3}$$

Dónde:

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

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

- d) El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a) Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- b) Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

- c) Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d) Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
- e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Tabla 6. Formato para la obtención del máximo deducido corregido

Nº	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV


Fuente: Manual PCI

2.1.3 Fallas en los Pavimentos Flexibles


La clasificación de fallas para pavimentos asfálticos únicamente son las 19, tomando como referencia el Manual PCI de Vásquez Varela, el cual es una traducción de la norma ASTM D6433-07.

Tabla 7. Fallas en los pavimentos flexibles.


PIEL DE COCODRILO

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es una serie de grietas interconectadas por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. Las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a la piel de cocodrilo.</p>	<p>L: Grietas finas longitudinales que se desarrollan de forma paralela.</p> <p>M: Patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.</p> <p>H: Grietas de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes.</p>	<p>Metros</p> <p>cuadrados</p>


EXUDACIÓN

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa.</p> <p>La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire.</p>	<p>L: Es detectable durante unos pocos días. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.</p> <p>M: El asfalto se pega a los zapatos y vehículos durante unas pocas semanas.</p> <p>H: Gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas.</p>	<p>Metros cuadrados</p>

FISURAS EN BLOQUE

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares.</p> <p>Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.</p>	<p>L: define para grietas longitudinales y transversales.</p> <p>M: definidos por grietas de severidad media</p> <p>H: definidos por grietas de alta severidad</p>	<p>Metros cuadrados</p>

ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.</p> <p>Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos de la superficie del pavimento.</p>	<p>L: se originan una calidad de tránsito de baja severidad.</p> <p>M: se originan una calidad de tránsito de severidad media.</p> <p>H: se originan una calidad de tránsito de severidad alta</p>	Metros


CORRUGACIÓN

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es una serie de depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito.</p> <p>Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables</p>	<p>L: producen una calidad de tránsito de baja severidad.</p> <p>M: producen una calidad de tránsito de mediana severidad.</p> <p>H: producen una calidad de tránsito de alta severidad</p>	Metros cuadrados


DEPRESIÓN.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>En áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada.</p>	<p>Máxima profundidad de la depresión:</p> <p>L: 13.0 a 25.0mm.</p> <p>M: 25.0 a 51.0mm.</p> <p>H: Más de 51.0mm.</p>	<p>Metros cuadrados</p>


FISURA DE BORDE.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Las grietas son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.</p>	<p>L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.</p> <p>M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.</p> <p>H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.</p>	<p>Metros</p>


FISURA DE REFLEXIÓN DE JUNTA.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico.</p>	<p>L: grieta sin relleno de ancho > 10 mm o grieta rellena de cualquier ancho.</p> <p>M: grieta sin relleno con ancho entre (10–76mm) o grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76mm.</p> <p>H: grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento de alta severidad, Grietas sin relleno de más de 76.0 mm o grieta de cualquier ancho está severamente fracturada.</p>	Metros


DESNIVEL CARRIL/ BERMA

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.</p>	<p>L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0mm.</p> <p>M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0mm.</p> <p>H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00mm</p>	Metros


GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: Una junta de carril del pavimento pobremente construida.</p> <p>Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base.</p> <p>Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción.</p>	<p>L: grieta sin relleno de ancho > 10mm. O grieta rellena de cualquier ancho.</p> <p>M: grieta sin relleno de ancho entre (10 - 76mm). O grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas pequeñas.</p> <p>H: grieta rellena o no, rodeada de grietas pequeñas de severidad media o alta.</p> <p>Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.</p>	Metros.


PARCHEO.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente.</p> <p>Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento).</p>	<p>L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio.</p> <p>M: El parche está moderadamente deteriorado.</p> <p>H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad.</p>	Metros Cuadrados.


PULIMIENTO DE AGREGADOS.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente.</p>	<p>No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.</p>	<p>Metros Cuadrados.</p>

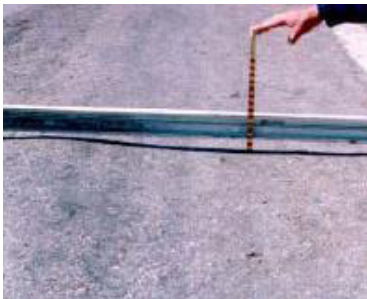
HUECOS.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.</p>	<p>Los huecos de diámetro < 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos. Si el diámetro del hueco es > que 762 mm, debe medirse el área en m² y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad <= 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es > 25.0 mm la severidad se considera como alta.</p>	<p>Unidad</p>


CRUCE DE LA VÍA FÉRREA.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles</p>	<p>L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.</p> <p>M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.</p> <p>H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.</p>	<p>Metros cuadrados</p>


AHUELLAMIENTO.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la Subrasante.</p>	<p>Profundidad media del ahuellamiento:</p> <p>L: 6.0 a 13.0mm.</p> <p>M: >13.0 mm a 25.0mm.</p> <p>H: > 25.0mm.</p>	<p>Metros cuadrados</p>


DESPLAZAMIENTO.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es un corrimiento longitudinal y Permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie.</p>	<p>L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.</p> <p>M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.</p> <p>H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.</p>	<p>Metros cuadrados</p>


GRIETAS PARABÓLICAS

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Son grietas en forma de media luna. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento.</p>	<p>L: Ancho promedio de la grieta > 10.0 mm.</p> <p>M: Ancho promedio de la grieta entre (10 - 38 mm). O área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.</p> <p>H: Ancho promedio de la grieta < 38mm. O el área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles</p>	<p>Metros cuadrados</p>

HINCHAMIENTO.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.</p>	<p>L: causa calidad de tránsito de baja severidad. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.</p> <p>M: causa calidad de tránsito de severidad media.</p> <p>H: causa calidad de tránsito de alta severidad.</p>	<p>Metros cuadrados.</p>

DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.

Figura y Descripción	Niveles de Severidad	Medida
 <p>Es la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.</p>	<p>L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse.</p> <p>M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada.</p> <p>H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros < que 10.0 mm y profundidades < que 13.0 mm.</p>	<p>Metros cuadrados</p>

Fuente: Vasquez Luis Ricardo, Pavement Condition Index (PCI), Manizales 2002.

2.1.4. Generalidades

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de deflectómetros tales como el denominado ‘Viga Benkelman’. Llamado así en honor al Ing. A.C Benkelman, quien la desarrolló en 1953 como parte del programa de ensayos viales de ASSHTO Road Test.

Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

2.1.4.1. Características de la Viga Benkelman

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza la viga consta de dos partes:

- a) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos “A” y uno trasero regulable “B”).
- b) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote “C”, uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto “D”) y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un micrómetro de movimiento vertical (punto “E”).

Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo “D” o “punta de la viga” es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción, el brazo DE gira en torno al punto fijo “C”, con respecto al cuerpo AB, determinado que el extremo “E” produzca un movimiento vertical en el vástago del micrómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto “D” se

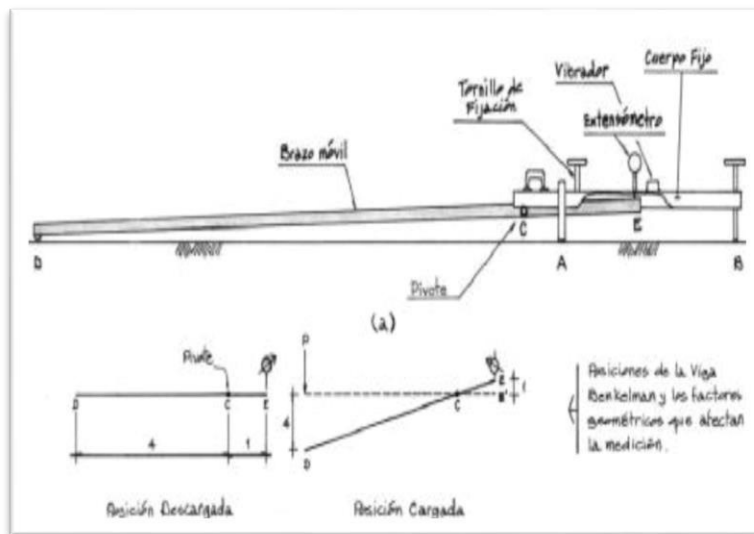
recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del micrómetro.

La operación realizada representa el “principio de medición” con la Viga Benkelman.

Lo que se hace después son solo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar la deflexión del pavimento en el lugar subyacente al punto “D” de la viga, durante el procedimiento descrito.

Es de anotar que en realidad de lo que se mide es la recuperación del punto “D” al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar esta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el micrómetro (EE’) no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes, tal como se ve en la siguiente figura.

Figura 3. Esquema y principio de la viga benkelman.



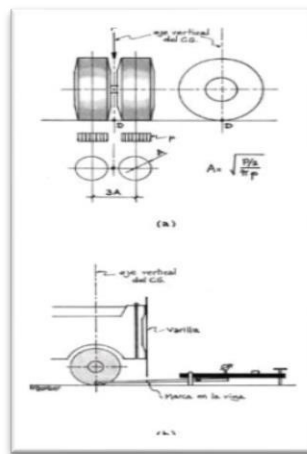
Fuente: Meza Harol, 2017

2.1.4.2. Procedimiento del ensayo de la Viga Benkelman.

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 18.000 libras (8.20 Ton) a través de la guía de diseño AASHTO en la normativa T256-01 Apartado 6 (aparatos), proporcionando 9000 libras por cada una de las

llantas duales del eje trasero de un camión C2, con una presión de las llantas de 0.48 a 0.55 Mpa (70 a 80 Psi). Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumplan estas condiciones (por medio de basculas fijas o móviles), así como la presión de las llantas sea la requerida. Una vez localizado el lugar donde se realizara el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en el lado exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que este coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto.

Figura 4. Configuración geométrica del sistema de la carga en la viga benkelman.



Fuente: Meza Harol, 2017

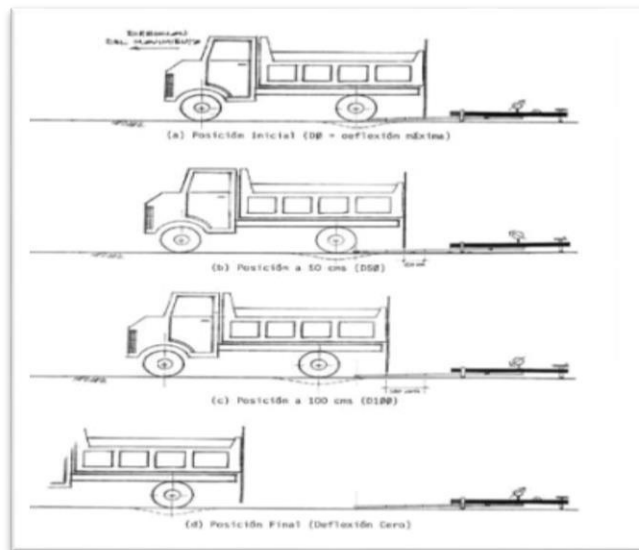
Las mediciones se han realizado colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo la deflexión cuando el vehículo se aleja. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador.

Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión, se efectúa una marca en la viga de manera tal que, basta con hacerlas coincidir para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de gravedad del conjunto.

De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales (puede ser a 30, 40 y 50 cm). Para la metodología de análisis se requiere de por lo menos tres lecturas, pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

Se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida en la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinaran específicamente por cada proyecto de evaluación que se emprenda. Esto deberá hacerse por medio de ensayos previos, antes de comenzar la recolección masiva de datos. Es común que se observen variaciones durante la realización de los ensayos, no deberá hacerse modificaciones, si las deflexiones tomadas en la primera marca adicional están en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

Figura 5. Esquema de la viga benkelman.



Fuente: Meza Harol, 2017

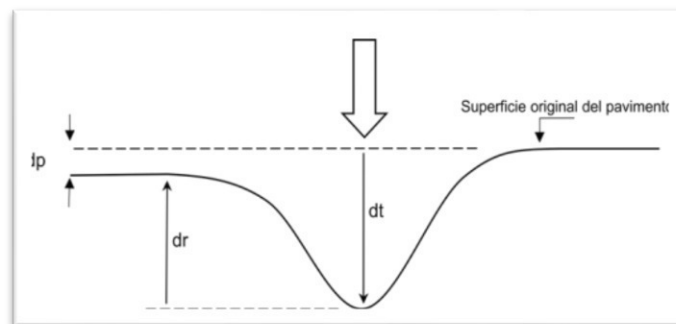
Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial, se verificara que esta se encuentra alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión.

Se coloca el dial del micrómetro en cero, se activara el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales y una lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no

tenga movimiento (aproximadamente 8 m según norma AASHTO T256-01 Apartado 8.4.2.3.), registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.

Es importante tomar la temperatura del pavimento según la norma AASHTO 93 T256-01 apartado 8.1.6 de la siguiente manera, se realiza una perforación en el pavimento, se llena este agujero con un líquido como agua, glicerina u otro producto a base de aceite, y luego se introduce el termómetro hasta el fondo del agujero para obtener la temperatura, si la prueba se extiende por un periodo de tiempo mayor a una hora se tomara la temperatura cada hora para establecer una correlación directa entre el aire, la superficie del pavimento y la medición de la misma temperatura. Si no es posible tomar la temperatura algunos procedimientos (Report No. FHWA-RD- 98-085, “Predicciones de temperatura y factores de ajuste para pavimentos de asfalto”) existen para estimar la temperatura de los pavimentos en función de la profundidad usando las temperaturas máximas y mínimas del día anterior.

Figura 6. Deflexiones



Fuente: Meza Harol, 2017

En la figura se aprecia que bajo la acción de la carga se produce una línea de deflexión cuya magnitud de su curvatura se la denomina “radio de curvatura”, este valor depende principalmente de los módulos de elasticidad de las capas superiores del pavimento y muy poco de las capas inferiores.

Teniendo en cuenta las características y espesor de las capas asfálticas, se podrían diferenciar dos casos límites:

- a) Si la mayor parte de la deflexión se produce en la subrasante, se obtendrán grandes radios d curvatura (en relación con la magnitud de la deflexión).
- b) Si la mayor parte ocurre en las capas superiores, situación indicativa de la deficiente calidad de estas, se obtendrán pequeños radios de curvatura aun a veces con deflexiones tolerables.

El método de cálculo de radio de curvatura, se basa en la hipótesis de que la línea de deflexiones de la distancia hasta el eje de carga se aproxima a una parábola hasta una distancia superior a 25 cm, sufriendo luego una inflexión hasta tener asintóticamente a la horizontal. La parábola en la zona máxima curvatura se confunde con el radio en dicho punto, es decir debajo de la acción de la carga que esta flexionando el pavimento.

El radio de curvatura se expresa de la siguiente manera:

$$Rc = \frac{10 * (25)^2}{2 * (D_0 - D_{25})} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

$Rc =$ Radio de curvatura (m)

$D_0 =$ Deflexión recuperable máxima corregida (0.01mm)

$D_{25} =$ Deflexión recuperable a 25 cm corregida (0.01mm)

10 = Coeficiente de cambio de unidades.

a) **Corrección por relación de brazos (Viga Benkelman):** Es la corrección debido a la acción del factor de relación de brazos que tiene la viga benkelman, este factor se mide directamente del instrumento y dicho multiplica a la deflexión recuperable para corregirla.

b) **Corrección por temperatura:** La temperatura del pavimento afecta las deflexiones recuperables, de tal forma que los datos tomados en un mismo punto a diferentes temperaturas indicaran resultados diferentes, la magnitud de la deflexión aumenta con el incremento de la temperatura de las capas asfálticas, debido a la disminución de la rigidez de las mezclas bituminosas.

De esta manera para poder comparar entre deflexiones de un mismo tramo obtenidas a diferentes temperaturas, las deflexiones son corregidas y llevadas a una temperatura estándar o de referencia de 20°C para lo cual se utilizara la siguiente formula:

$$D_{20} = \frac{D_t}{K * (T - 20^{\circ}C) * e + 1} \quad \text{Ecuacion 2.5}$$

Donde:

D_{20} = Deflexion recuperable la temperatura estandar de 20°C

D_t = Deflexion en centesimas de milimetro a la temperatura t

K = Coeficiente igual a $1 * 10^{-3} \left(\frac{1}{cm * ^{\circ}C} \right)$

T = Temperatura del asfalto medida por cada ensayo.

e = Espesor de la carpeta asfaltica en cm.

c) **Corrección por estacionalidad:** Para una apropiada evaluación de las deflexiones se considera evaluar las deflexiones en el periodo más desfavorable del año, para tener en cuenta esta circunstancia existe la alternativa de establecer el factor de corrección en la forma subjetiva con conocimiento del clima, de región y del comportamiento de pavimentos flexibles en ella.

El estudio asume criterio de que las condiciones más críticas deben limitarse al régimen de lluvias, distinguiendo básicamente entre estación seca y lluviosa según el periodo en el que se lleven a cabo las mediciones:

Tabla 8: Factor de corrección por estacionalidad.

Tipo de suelo subrasante	Estación Lluviosa	Estación Seca
Arenosa - Permeable	1.00	1.1 a 1.3
Arcillosa- Sensible al agua	1.00	1.2 a 1.4

Fuente: Harol Meza, 2017

Tabla 9. Formato para la deflexión ensayo viga benkelman

N ^a	Km	Deflexiones (x-10-2) mm						Deflexiones reales (x-10-2) mm						Temperatura °C	Espesor Asfalto
		d0	d25	d50	d100	d300	Dfinal	d0	d25	d50	d100	d300	Dfinal		

Fuente: Tesis Javier Balarezo, 2017

En pavimentos flexibles mayores a 5 cm, sus deflexiones son afectadas por la temperatura, ya que se produce un incremento cuando esta sube, por lo que es necesario hacer una corrección con la siguiente ecuación:

$$D_c = \frac{\text{Deflexiones de campo}}{\left[1 * 10^{-3} * \frac{1}{\text{cm } ^\circ\text{C}} * E * (T - 20^\circ\text{C}) \right] + 1} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde:

D_c = Deflexión corregida por temperatura.

e = Espesor teórico de la carpeta asfáltica en cms.

T = Temperatura del pavimento en °C.

La acción climática también juega un papel importante sobre la carpeta asfáltica, por lo que es necesario corregir las deflexiones por estacionalidad, con la siguiente ecuación:

$$DT = DC * \text{factor de corrección por estacionalidad (Ecuación 7)}$$

Para la corrección por estacionalidad existen varios factores que son directamente relacionados con la estación, que puede ser lluviosa o seca y el tipo de suelo de la subrasante; en el caso de la vía estudiada se encuentra en estación seca y tipo de suelo arenoso – permeable.

Tabla 10. Factores de corrección.

TIPO DE SUELO DE LA SUBRASANTE	ESTACIÓN	
	LLUVIA	SECA
Arenosa – Permeable	1	1.1-1.3
Arcillosa – Sensible al agua	1	1.2-1.4

Fuente: Tesis Javier Balarezo, 2017

Luego se procede a realizar las deflexiones corregidas por temperatura y estacionalidad.

Tabla 11. Formato para la deflexión corregida viga benkelman

N ^a	Km	Deflexiones corregidas (x-10-2) mm						Deflexiones por estacionalidad (x-10-2) mm						Temperatura °c	Espesor Asfalto
		d0	d25	d50	d100	d300	Dfinal	d0	d25	d50	d100	d300	Dfinal		

Fuente: Tesis Javier Balarezo, 2017

Luego de corregir las deflexiones, se calculó la deflexión estándar, característica, admisible y crítica.

Se calcula la deflexión característica con la siguiente ecuación:

$$DC = DP + f * \gamma \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

DC = Deflexión característica.

f = Factor igual a 1.645.

γ = Desviación estándar, se calcula con los valores de deflexiones iniciales (do) por estacionalidad

El cálculo de la deflexión admisible se realiza con la siguiente ecuación:

$$D_a = \left(\frac{1.15}{W_{18}} \right)^{1/4} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

Da = Deflexión Admisible

W18 = Número de ejes equivalentes.

Para conocer el número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas que transitan por la vía, se toma en cuenta el factor de daño del tipo de vehículo por el tráfico promedio diario anual.

Tabla 12. Factores de daño según tipo de vehículo

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TÁNDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	TONS	(P/6,6)^4	TONS	(P/8,2)^4	TONS	(P/15)^4	TONS	(P/23)^4	
BUS									
C2-P									
C2-G									
C-3									
C-4									
C-5									
C-6									

Fuente: Tesis Javier Balarezo, 2017

$$W18 = \Sigma TPDAVEHÍCULOS PESADOS * FD * 365 \text{ (Ecuación 2.9)}$$

Donde:

$W18 =$ Número de ejes equivalentes

$TPDA =$ Tránsito Promedio Diario Anual

$FD =$ Factor de daño

La deflexión crítica fue hallada mediante la siguiente ecuación:

$$D_a = \left(\frac{1.90}{W_{18}} \right)^{1/5.3} \text{ Ecuación 2.10}$$

Donde:

$D_a =$ Deflexion Admisible

$W18 =$ Numero de ejes equivalentes

El radio de curvatura es importante para conocer el estado de la estructura, y se obtiene de la siguiente manera.

$$R = \left(\frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)} \right) \text{ Ecuación 2.11}$$

Donde:

$R =$ Radio de curvatura.

$D0 =$ Promedio de la deflexión por estacionalidad.

$D25 =$ Promedio de la deflexión por estacionalidad a los 25 cm.

Tabla 13. Criterios para analizar la calidad estructural.

HIPÓTESIS	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE		COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO	
I	$D < D_{adm}$,	BUENA	$D < D_{adm}$,	BUENO
II	$D > D_{adm}$,	MALA	$D < D_{adm}$,	BUENO
III	$D < D_{adm}$,	BUENA	$D < D_{adm}$,	INSUFICIENTE
IV	$D > D_{adm}$,	MALA	$D < D_{adm}$,	MALO

Fuente: Criterios para la evaluación estructural DNER PRO 11-79

Tabla 14. Criterios para analizar la calidad estructural.

HIPÓTESIS	DAÑOS DEFLECTOMETRICOS OBTENIDOS	CALIDAD ESTRUCTURAL	NECESIDAD DE ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS	CRITERIOS PARA EL CALCULO DE REFUERZO	MEDIDAS CORRECTIVAS
I	$D_p \leq D_{adm}$, $R \geq 100m$	BUENA	NO	-	Solo corrección de superficie
II	$D_p > D_{adm}$, $R \geq 100m$	Si $D_p \leq 3D_{adm}$ Regular	NO	Deflectométrico	Refuerzo
III	$D_p \leq D_{adm}$, $R < 100m$	Si $D_p \leq 3D_{adm}$ Regular	NO	Resistencia	Refuerzo estructura del pavimento
IV	$D_p > D_{adm}$, $R \geq 100m$	Si $D_p > 3D_{adm}$, malo	SI	Deflectométrico y resistencia	Refuerzo y reconstrucción
V	$D_p > D_{adm}$, $R < 100m$	REGULAR PARA MALO	SI	Deflectométrico y resistencia	Refuerzo y reconstrucción
VI	$D_p > D_{adm}$, $R < 100m$	MALO	SI	Resistencia	Refuerzo y reconstrucción
VII	-	Malo, pavimento con deformación Permanente y rotura plástica	SI	Resistencia	Reconstrucción

Fuente: Criterios para la evaluación estructural DNER PRO 11-79

2.1.5. Tráfico

El diseño de una carretera o de un tramo de la misma debe basarse entre otras informaciones en los datos sobre tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad o sea con el volumen máximo de vehículos que una carretera puede absorber. El tráfico, en consecuencia, afecta directamente a las características del diseño geométrico.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos.

En los proyectos viales, cuando se trata de mejoramiento de carreteras existentes (rectificación de trazado, ensanchamiento, pavimentación, etc.) o de construcción de carreteras alternas entre puntos ya conectados por vías de comunicación, es relativamente fácil cuantificar el tráfico actual y pronosticar la demanda futura.

2.1.5.1. Características del Tráfico.

Las características del tránsito que es necesario conocer para efectuar el diseño de los pavimentos son:

- a) Tráfico promedio diario anual (TPDA).
- b) Tráfico en el carril de diseño.
- c) Composición del tráfico por tipos de vehículos.
- d) Número de posición de ejes y llantas.
- e) Incremento anual del tráfico.
- f) Número de vehículos o de ejes que transitarán por el camino durante su vida útil.

Tabla 15.Clase de carretera según su función

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO
Corredor Arterial	RI O RII (Autopista)	> 8000 TPDA
	I	8000 - 3000
	II	3000 - 1000
Colectoras	I	8000 - 3000
	II	3000 - 1000
	III	1000 - 300
	IV	300 - 100
Caminos Vecinales	IV	300 - 100
	V	< 100

Fuente: Manual MTOP 2003

Para una carretera que va a ser mejorada el tráfico actual está compuesto por:

2.1.5.1.1. Tráfico Existente: Es aquel que se usa en la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico.

2.1.5.1.2. Tráfico Desviado: Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transportes una vez que entre en servicio la vía mejorada en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo.

2.1.5.1.3. Tráfico Futuro: El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 10 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. Las proyecciones del tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad y de los demás datos geométricos del proyecto.

2.1.5.1.4. Tráfico Atraído: Es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes.

2.1.5.1.5. Tráfico Generado: En una vía nueva o mejorada es el volumen de tráfico que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.

2.1.5.1.6. Tráfico Inducido: Es la suma del tráfico atraído y generado.

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera.

Tabla 16.Tasa de Crecimiento

TASA DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO		
TIPO DE VEHÍCULOS	PERÍODO	
	1990-2000	2000-2010
Livianos	5%	4%
Buses	4%	3.50%
Pesados	6%	5%

Fuente: MTOP 2003

Establecida la tasa de crecimiento para el período de estudio se aplica al tráfico actual que está expresado en TPDA la siguiente fórmula:

$$Tp = Ta(1 + i)^n \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde:

Tp = Tráfico Proyectado

Ta = Tráfico Actual

i = Tasa de crecimiento

n = Numero de años de proyección .

2.1.6 CONSERVACIÓN VIAL

Se denomina por conservación vial a las actividades técnicas de naturaleza periódica o rutinaria, que son realizadas por entidades públicas o privadas que se encuentren a cargo de la gestión vial y mantenimiento correctivo de las vías. Brindando como propósito inmediato

fluidez a los usuarios que se trasladan en sus vehículos de un lugar a otro con seguridad, comodidad y a un menor costo.

2.1.6.1. CONSERVACIÓN RUTINARIA

El objetivo primordial de conservación rutinaria es la limpieza y el funcionamiento adecuado de una obra en forma física, normalmente estos trabajos se realizan cada año, ya que requieren un periodo mínimo para su realización y sin especificar una fecha. A diferencia de la conservación periódica que mantiene un cronograma de fechas estipulado.

2.1.6.2. CONSERVACIÓN PERIÓDICA

Se denomina conservación periódica a las actividades que se realizan en una vía cada cierto periodo de tiempo, y la misma se mantenga en óptimas condiciones. Estas intervenciones pueden ser de tipo manual o mecánicas, refiriéndose principalmente a actividades como reposición de las capas de rodadura, reparación o reconstrucción de capas inferiores, instalación de elemento de seguridad vial y señalética, reconstrucción o reparación de obras de drenaje, entre otras actividades que se encuentren ya planificadas.

2.1.6.3 MEJORAMIENTO SUPERFICIAL

Tiene como objetivo principal identificar las fallas superficiales que disminuyen la capacidad funcional de una carretera. Es decir, todo tipo de fallas que afecten la capa de rodadura y solicite de trabajos superficiales para ser corregidas, proporcionando una mejor funcionalidad a la carretera.

2.1.6.4 REHABILITACIÓN

Rehabilitación es esencialmente corregir las fallas de tipo estructural existentes en la capa de rodadura y devolver la infraestructura vial a sus condiciones originales, para proporcionar a la vía un nuevo periodo de servicio. Algunas de estas correcciones pueden

ser la recuperación de las obras de drenaje, en algunas ocasiones el movimiento de tierras, entre otras actividades que ayuden a preservar la vida útil de la estructura.

2.1.6.5 BACHEO SUPERFICIAL

El Bacheo superficial consiste en la reparación de baches. Es decir, de las desintegraciones parciales del pavimento que forman huecos. Generalmente tienen su origen en mezclas mal dosificadas o con compactación insuficiente. Esta actividad es una de las más difundidas técnicamente en la conservación de pavimentos flexibles. El bacheo superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la capa de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y las demás capas de suelos.

2.2. HIPÓTESIS.

La implementación del proceso de conservación vial ayudará a determinar el estado vial en la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía Patate-Píllaro en el tramo Km 3+800 al Km 7+600 de la provincia de Tungurahua.

2.2.1. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.

2.2.1.1 Variable Independiente.

La capa de rodadura.

- a) Condición funcional: Método del índice de condición del pavimento (PCI)
- b) Condición estructural: Medición de las deflexiones
- c) Calidad de los materiales: Ensayos

2.1.1.2 Variable Dependiente.

Implementación del proceso de conservación vial en función de las características físicas de la vía.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE TRABAJO EXPERIMENTAL

3.1.1. Tipos de Investigación.

3.1.1.1 Investigación Bibliográfica.

Se aplica la investigación bibliográfica debido a que es necesaria la información de varios autores como libros, artículos técnicos, investigaciones que se hayan realizado para tener una clara idea de los tipos de fallas que existen o se generan en los pavimentos.

3.1.1.2 Investigación Exploratoria

Se refiere al tipo de investigación que se realiza principalmente cuando el tema seleccionado ha sido poco explorado y reconocido, y más aún, cuando al respecto, no es fácil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad.

La implementación de procesos de conservación de la estructura de la capa de rodadura de una vía es un tema poco explorado, por lo que se consideró necesario explorar las condiciones para elaborar una propuesta de mantenimiento de la vía mediante la formulación de una hipótesis de la que se deriva una variable independiente y una dependiente.

3.1.1.3 Investigación de Campo.

La investigación de campo se relaciona con la evaluación del estado de la vía Patate – Pillaro de la Provincia de Tungurahua, donde se realizarán las siguientes acciones tales como: reconocimiento de la vía, el levantamiento topográfico, conteo diario del tráfico en general, realizar las calicatas en cada uno de los tramos, con el fin de obtener las muestras, ejecutar el ensayo de la Viga Benkelman, y a su vez evaluaremos visualmente la condición del pavimento en función del método PCI.

3.1.2 Niveles de Investigación.

3.1.2.1 Investigación Descriptiva.

La investigación es de nivel descriptivo, por el hecho, de visualizar y reconocer la realidad del problema hallado en la vía Patate – Pillaro de la provincia de Tungurahua.

Con la inspección visual, que se realiza a la capa de rodadura realizamos una descripción de los tipos de fallas que se encontraran en la superficie de pavimento en base a la lista de fallas existentes según el método PCI.

Por otro lado para una mejor visualización del área de investigación se ha especificado el campo de la Ingeniería Civil con el objeto de ampliar el conocimiento respecto de la vía.

3.1.2.2 Investigación Experimental.

El presente proyecto está clasificado como experimental porque pretende establecer las causas de los diferentes casos, acontecimientos o fenómenos que se va a estudiar, para lo cual se aplicara ensayos de mecánica de suelos tales como: granulometría, límites de consistencia, y CBR de la muestra húmeda.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate – Pillaro en el tramo Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua cuenta con una extensión de 3.800 m.

3.2.2. Muestra.

Para conocer las características de la vía se realiza diferentes evaluaciones aplicando metodologías en las que en cada una se tiene diferentes tipos de muestras que unas son procesadas en laboratorio y otras en computadora.

Para obtener la planimetría del tramo correspondiente de la va y efectuar la experimentación se tomaran puntos con el GPS. A continuación se realizara el análisis de suelo a través de un ensayo de CBR el mismo que se efectuara con muestras tomadas cada 1000 m.

Tabla 48. Cálculo de unidades de muestreo a evaluar.

Sección del Tramo	Abscisa (Km)	Unidades de Muestreo	Desviación Estándar	Error Admisible	Unidades a Evaluar	Intervalo
		N	σ	e	n	i
1	3+800 Al 7+600	118.00	10.00	5.00	14	8

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Se determinó 14 unidades de muestreo con un intervalo de 8 unidades.

Se realizó la inspección identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas cuantificando, llenando la información obtenida en las hojas de registro

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1. Variable Independiente.

Implementación del proceso de conservación vial.

Tabla 17. Operacionalización de Variable Independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores.	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La conservación vial fusiona un conjunto de procesos para preservar la vía, consiguiendo que la capacidad de soporte del suelo se mantenga con valores que garanticen la seguridad y comodidad en la movilización vehicular.	Capacidad de soporte del suelo.	Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	¿Cuál es la capacidad de soporte del suelo de la vía?	Experimental Bibliográfica
	Movilidad Vehicular.	Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)	¿Cuál es el TPDA de la vía?	Experimental Bibliográfica

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

3.3.2. Variable Dependiente

Estructura de la capa de rodadura.

Tabla 18. Operacionalización de Variable Dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores.	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Es un proceso de mejoramiento superficial o estructural dependiendo de la severidad de daño, que permite la reconstrucción de pavimentos envejecidos y/o deteriorados para brindar seguridad a los usuarios de la vía.	Rehabilitación superficial.	Sellos bituminosos	¿Cuándo se realiza la rehabilitación superficial?	Identificación y apreciación directa método PCI
		Bacheo mayor o menor		
		Fresado y/o texturización localizada		
		Recapeo		
		Reciclado de capa asfáltica		
	Rehabilitación estructural.	Refuerzo de las capas de la estructura del pavimento	¿Cuándo se realiza la rehabilitación superficial?	Ensayo con la Viga Benkelman, determinación de deflexiones y radio de curvatura del pavimento
		Reconstrucción de las capas de la estructura del pavimento		
		Reciclaje de las capas de la estructura del pavimento.		

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

3.4. Plan de recolección de información

Tabla 19. Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
¿Qué?	Implementar un proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate – Pillaro en el tramo Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.
¿De qué persona u objeto?	De la capa de rodadura de la vía Patate – Pillaro.
¿Sobre qué aspecto?	Plan de conservación vial.
¿Quién evalúa?	Jaime Eduardo Segovia Tipantasig
¿A qué se evalúa?	A la vía Patate – Pillaro
¿Dónde se evalúa?	En el tramo 2 Km 3+800 al Km 7+600
¿Cómo se evalúa?	Exploración bibliográfica Ensayos de laboratorio.

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

3.5. Plan de Procesamiento y Análisis

Con la finalidad de implementar un proceso de conservación vial en función de las características físicas de la vía Patate – Pillaro de la Provincia de Tungurahua se realizara el siguiente procedimiento:

- a) Realizar el levantamiento topográfico del tramo de la vía Patate – Pillaro.
- b) Conteo de tráfico para priorización y clasificación vial en función del TPDA.
- c) Realizar los respectivos ensayos de suelos de las capas que conforman la estructura de vía.
- d) Para la evaluación de las características físicas del tramo de la vía Patate – Pillaro se utilizará un inventario visual en base al método de evaluación PCI (Índice de Condición del Pavimento).
- e) Con el equipo mecánico Viga Benkelman se determinará la capacidad de soporte mediante la medición de la deflectometría del pavimento.

CAPITULO IV

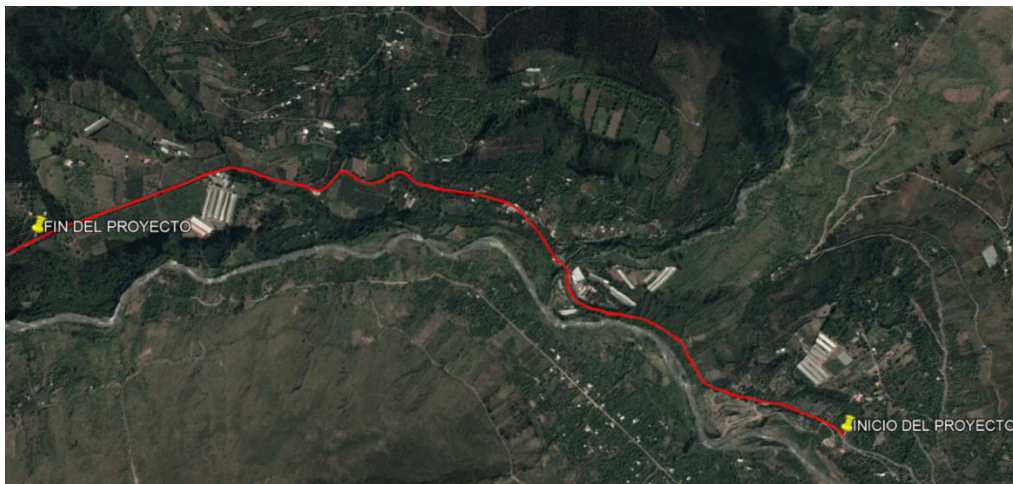
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto en estudio está ubicado en la provincia de Tungurahua, red vial Patate – Pillaro en el tramo 2 desde el Km 3+800 al Km7+600 parroquia San Miguelito, el tramo tiene una longitud de 3.8 Km con las siguientes coordenadas geográficas.

Figura 7. Ubicación del Proyecto.



Fuente: Google Earth.

Tabla 20. Ubicación geográfica del tramo de la vía Patate – Pillaro.

Abscisa	Norte	Este
Km 3+800	9860392.91	776845.78
Km 7+600	9860392.91	776845.78

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.1.2 Levantamiento de la Vía

En la vía Patate – Pillaro en el tramo 2 Km 3+800 hasta el Km7+600 se realizó un levantamiento planímetro con la ayuda de un GPS. Los datos resultantes se exportaron al programa AutoCAD Civil 3D, para realizar el trazado de la vía, en donde se identifica la longitud, curvas y secciones del tramo en estudio.

El tramo en estudio cuenta con un ancho aproximado de 7.60 m, el abscisado se lo realizó a cada 10 m en tramos rectos y en curvos se realizó cada 5m.

4.1.3 Estudio de Tránsito Vehicular

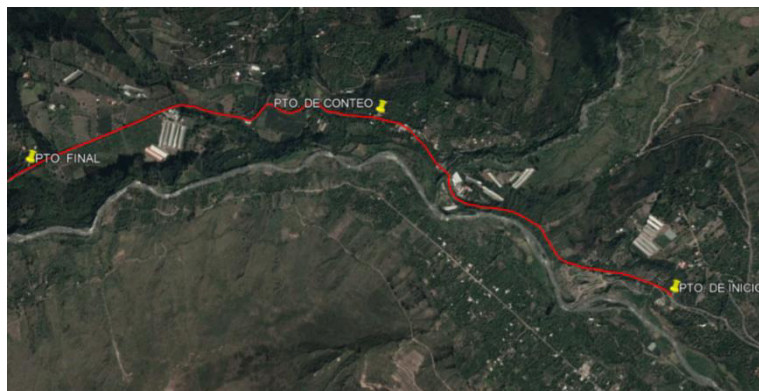
4.1.3.1 Conteo Vehicular

El conteo vehicular se realizó mediante el método manual durante 7 días de la semana, desde el día miércoles 3 de Julio del 2019 hasta el día martes 9 de julio del 2019, en horario de 7am a 7pm correspondiente a 12 horas diarias con intervalos de 15 minutos.

El tránsito fue clasificado en: livianos, buses y camiones livianos y pesados (2 Ejes, 3 Ejes).

La estación de conteo se desarrolló en la entrada a la parroquia de San Miguelito, localizado en la abscisa Km 4+000. Representados en el Anexo .. (Conteo Vehicular).

Figura 8. Ubicación de la Estación de conteo.



Fuente: Google Earth.

Tabla 21. Conteo vehicular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO																
PROYECTO:	Via Patate - Pillaro		ESTACIÓN N°	UBICACIÓN:				Pillaro	SENTIDO:	Norte - Sur		HOJA N°	1			
FECHA:	03 de Julio del 2019		DÍA:	Miercoles				ESTADO DEL TIEMPO:	Soleado	RESPONSABLE:	Jaime Segovia					
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL			
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES						
							LIVANOS	PESADOS								
07H00	07H15	18	20	2	2	1	0	1	1	0	0	0	45	150		
07H15	07H30	15	18	0	1	1	0	0	0	0	0	0	35		150	
07H30	07H45	15	15	1	1	1	0	1	1	0	0	0	35			150
07H45	08H00	16	15	0	2	1	0	1		0	0	0	35			
08H00	08H15	17	18	1	0	1	0	2	1	0	0	0	40	136		
08H15	08H30	18	14	1	1	0	0	3	1	0	0	0	38		136	
08H30	08H45	10	14	1	2	1	0	1	2	0	0	0	31			136
08H45	09H00	10	15	0	0	1	0	0	1	0	0	0	27			
09H00	09H15	18	15	2	1	1	0	1	3	0	0	0	41	136		
09H15	09H30	9	15	0	2	1	0	1	2	0	0	0	30		136	
09H30	09H45	13	11	1	1	1	0	0	2	0	0	0	29			133
09H45	10H00	14	18	0	1	1	0	1	1	0	0	0	36			
10H00	10H15	15	12	2	0	1	0	1	3	0	0	0	34	133		
10H15	10H30	12	13	2	2	1	0	3	0	0	0	0	33		133	
10H30	10H45	15	14	0	2	0	0	0	1	0	0	0	32			133
10H45	11H00	14	15	0	1	1	0	1	2	0	0	0	34			
11H00	11H15	18	12	0	1	1	0	1	2	0	0	0	35	136		
11H15	11H30	14	13	0	1	1	0	0	1	0	0	0	30		136	
11H30	11H45	16	15	0	0	0	0	1	2	0	0	0	34			136
11H45	12H00	18	16	0	0	1	0	2	0	0	0	0	37			
12H00	12H15	15	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	28	117		
12H15	12H30	15	12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	29		117	
12H30	12H45	15	11	2	0	1	0	0	0	0	0	0	29			117
12H45	13H00	17	10	1	0		0	2	1	0	0	0	31			
13H00	13H15	15	14	1	2	1	0	1	1	0	0	0	35	122		
13H15	13H30	10	14	0	1	0	0	1	1	0	0	0	27		122	
13H30	13H45	14	9	0	0	1	0	1	2	0	0	0	27			122
13H45	14H00	15	11	1	2	1	0	3	0	0	0	0	33			
14H00	14H15	9	11	1	1	0	0	1	1	0	0	0	24	113		
14H15	14H30	10	15	1	1	1	0	2	1	0	0	0	31		113	
14H30	14H45	12	16	0	1	1	0	1	6	0	0	0	37			122
14H45	15H00	11	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	21			
15H00	15H15	13	15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	31	122		
15H15	15H30	14	14	0	1	1	0	1	1	0	0	0	32		122	
15H30	15H45	15	10	1	0	1	0	1	1	0	0	0	29			117
15H45	16H00	16	10	0	1	1	0	1	1	0	0	0	30			
16H00	16H15	12	14	1	1	1	0	1	1	0	0	0	31	117		
16H15	16H30	11	15	1	1	1	0	1	0	0	0	0	30		117	
16H30	16H45	10	14	1	0	1	0	1	1	0	0	0	28			125
16H45	17H00	13	13	0	0	1	0	1	0	0	0	0	28			
17H00	17H15	14	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	31	125		
17H15	17H30	15	16	0	0	1	0	2	0	0	0	0	34		125	
17H30	17H45	12	15	1	0	1	0	1	1	0	0	0	31			118
17H45	18H00	11	15	0	0	1	0	2	0	0	0	0	29			
18H00	18H15	10	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	26	118		
18H15	18H30	12	10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	24		118	
18H30	18H45	13	18	1	0	1	0	2	0	0	0	0	35			118
18H45	19H00	12	15	2	0	1	0	2	1	0	0	0	33			
TOTAL													1525			

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Tabla 22. Número de Vehículos que transitan por la vía (tramo 2).

FECHA	DÍA	NÚMERO DE VEHÍCULOS
03/07/2019	MIÉRCOLES	1525
04/07/2019	JUEVES	1987
05/07/2019	VIERNES	1393
06/07/2019	SÁBADO	1520
07/07/2019	DOMINGO	1567
08/07/2019	LUNES	1415
09/07/2019	MARTES	1290

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Tabla 23. Volumen vehicular durante hora pico.

HORA C/ 15min	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS NO EJES	SUBTOTAL
	Autos	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES		
							Livianos	Medianos				
10:00 - 10:15	20	19	2	1	1	0	1	2	0	0	0	46
10:15 - 10:30	20	24	1	2	1	0	2	0	0	0	0	50
10:30 - 10:45	19	18	1	2	0	0	0	1	0	0	0	41
10:45 - 11:00	23	21	1	1	1	0	1	1	0	0	0	49
Sumatoria	82	82	5	6	3	0	4	4	0	0	0	186
TOTAL (VHP)	169			9			8				0	
Porcentaje	90.28%			5.14%			4.57%					

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

En la tabla se puede observar la hora con un mayor volumen vehicular, determinando la hora pico (10:00 a 11:00) el día Jueves 04 de Julio del 2019.

Dando un total de 186 vehículos, distribuyéndose el 90.29% para vehículos livianos, el 5.14% para buses y el 4.57% para camiones. Los formatos de conteo se encuentran en el anexo C en la página 156.

4.1.3.2 Factor de hora pico (FHP).

$$FHP = \frac{Q}{4 * Q_{max}}$$

Dónde:

Q = Total de vehículos en la hora pico.

Q_{max} = Flujo máximo en los 15 minutos de la hora pico.

$$FHP = \frac{186}{4 * 50} = 0.90$$

Nota: Por la falta de homogeneidad en el conteo de la hora pico y para tener un tránsito uniforme el FHP=1

4.1.3.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

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

Dónde:

VHP = Volumen horario durante la hora pico.

FHP = Factor horario durante la hora pico.

k = TPDA proyectado para 1 año en función de la 30va hora de diseño, representado en porcentaje.

- $k = 8\% - 12\%$ (10%) Para zona urbana.
- $k = 12\% - 18\%$ (15%) Para zona rural.

Para el cálculo de trigésima hora, el factor de hora pico FHP se asume un valor de 1, para obtener un tránsito uniforme.

Tabla 24. Cálculo del TPDA Actual

Tipo de Vehículo	VHP	TPDA Actual
Liviano	161	1073
Buses	13	87
Camiones	12	80
Otros	0	0
Total	186	1240

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.1.3.4 Tránsito Actual (TA): Es el volumen de tránsito que usara la nueva vía o mejorada, en el momento de quedar completamente en servicio.

$$TA = TE + Tat$$

Donde:

$TE = \text{Tránsito Existente (igual tránsito actual)}$

$Tat = \text{Tránsito Atraído (Tat) = } 10\% * TE$

$$TA = 1240 \text{ veh/día} + 0.1 * 1240 \text{ veh/día}$$

$$TA = 1364 \text{ veh/día}$$

Tabla 25. Tráfico promedio diario anual.

Tipo de Vehículo	TPDA ACTUAL	i=Índice de crecimiento (1 año)	TPDA (1 AÑO)	TG=20% TPDA (1 año)	Tat = 10% TPDA Actual	TD = 5% TPDA Actual	Transito Actual "TA" Transito actual + Tat
Liviano	1073	3.97%	1116	223	107	53.65	1180
Buses	87	1.97%	89	18	9	4.35	96
Camiones	80	1.94%	82	16	8	4	88
Otros	0	0.00%	0	0	0	0	0
Total	1240	Vehículos/ día					1364 veh/día

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.1.3.5 Tránsito Futuro (TF).

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera o la existente. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años.

$$TF = TA(1 + i)^n$$

Donde:

TF = Tráfico futuro o proyectado.

TA = Tráfico actual

i = Tasa de crecimiento del tránsito.

n = Número de años proyectados.

Tabla 26. Tasa de crecimiento anual del tráfico “i” (%).

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2010- 2014	4.47	2.22	2.18
2015-2019	3.97	1.97	1.94
2020-2024	3.57	1.78	1.74
2025-2030	3.25	1.62	1.58

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Tabla 27. Tránsito promedio diario anual total.

n	Año	% Tasa de Crecimiento			Tráfico Promedio Diario Anual por tipo de Vehículos.					TPDA TOTAL
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camión Liviano 2 Ejes	Camión Pesado 2 Ejes	Camión 3 Ejes	
0	2019	3.97	1.97	1.94	1073	87	80	43	8	1291
1	2020	3.97	1.97	1.94	1115	88	82	44	8	1337
2	2021	3.57	1.78	1.74	1150	90	83	45	8	1376
3	2022	3.57	1.78	1.74	1192	92	84	46	8	1422
4	2023	3.57	1.78	1.74	1234	93	86	47	9	1469

5	2024	3.57	1.78	1.74	1278	95	87	48	9	1517
6	2025	3.57	1.78	1.74	1324	96	89	49	9	1567
7	2026	3.25	1.62	1.58	1342	97	89	49	9	1586
8	2027	3.25	1.62	1.58	1385	99	91	50	9	1634
9	2028	3.25	1.62	1.58	1430	100	92	51	9	1682
10	2029	3.25	1.62	1.58	1477	102	94	52	9	1734
11	2030	3.25	1.62	1.58	1525	103	95	53	10	1786
12	2031	3.25	1.62	1.58	1574	105	97	54	10	1840
13	2032	3.25	1.62	1.58	1626	106	99	55	10	1896
14	2033	3.25	1.62	1.58	1679	108	100	56	10	1953
15	2034	3.25	1.62	1.58	1734	109	101	57	10	2011
16	2035	3.25	1.62	1.58	1790	111	103	58	10	2072
17	2036	3.25	1.62	1.58	1848	113	104	59	10	2134
18	2037	3.25	1.62	1.58	1908	115	106	60	11	2200
19	2038	3.25	1.62	1.58	1970	117	108	61	11	2267
20	2039	3.25	1.62	1.58	2034	119	110	62	11	2336

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.1.4. Clasificación vial en función del TPDA.

De acuerdo a la clasificación del MTOP 2003, el tráfico proyectado a 20 años será mayor a 1000 y menor a 3000, entonces se considera una colectoras clase II, puesto que el TPDA esperado es de 1291 vehículos/día.

Tabla 28. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRAFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO
I	8000 - 3000
II	3000 - 1000
I	8000 - 3000
II	3000 - 1000
III	1000 - 300
IV	300 - 100
IV	300 - 100
V	< 100

Fuente: Norma de diseño geométrico de carreteras 2003

4.1.5. Cálculo de ejes equivalentes.

Para determinar la deflexión admisible y crítica, es necesario cuantificar el número de ejes simples equivalentes de 8.2 Ton que circula por el carril.

Se utilizará el criterio simplificado de la metodología AASHTO.

Tabla 29. Factores de daño según el tipo de vehículo.

FACTORES DE DAÑO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO									
Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Tridem		Factor de daño
	Tons	$(P/6.6)^4$	Tons	$(P/8.2)^4$	Tons	$(P/15)^4$	Tons	$(P/23)^4$	
Bus	4	0,13	8	0,91	-	-	-	-	1,04
C2-P	2,5	0,02	-	-	-	-	-	-	1,29
	7	1,27	-	-	-	-	-	-	
C2-G	6	0,68	11	3,24	-	-	-	-	3,92
C-3	6	0,68	-	-	18	2,07	-	-	2,76
C-4	6	0,68	-	-	-	-	25	1,40	2,08
C-5	6	0,68	-	-	18	4,15	-	-	2,76
C-6	6	0,68	-	-	18	2,07	25	1,40	4,15

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

La vía en estudio presenta dos carriles uno en cada dirección, por tal razón se considera el 50% del tránsito para cada carril.

Tabla 30. Factores de distribución direccional.

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de vehículos en el carril
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: AASHTO 93

Tabla 31. Porcentaje de W18 en el carril DI

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de W18 en el carril DI
1	100
2	80 - 100
3	60 -80

Fuente: AASHTO 93

El número de ejes simples equivalentes se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W18 = ((\Sigma FD * TPDA) * 365)$$

Donde:

TPDA = Tráfico promedio diario anual de la vía en estudio.

FD = Factor de daño.

Fd = Factor direccional.

DI = Porcentaje de W18 en el carril DI.

Tabla 32. TPDA para ejes equivalentes.

	Buses	Camión Liviano 2 Ejes	Camión Pesado 2 Ejes	Camión 3 Ejes
TPDA	87	80	43	8

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

$$W18 = ((\Sigma FD * TPDA) * 365)$$

$$W18 = ((87 * 1.04 + 80 * 1.29 + 43 * 3.29 + 8 * 2.75) * 365)$$

$$W18 = 130360 \text{ ejes equivalentes.}$$

Tabla 33. Cálculo de ejes equivalentes.

n	Año	% Tasa de Crecimiento			Tráfico Promedio Diario Anual por tipo de Vehículos.					TPDA TOTAL	W18 Por Carril	W18 Por Dirección	W18 Acumulado
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camión Liviano 2 Ejes	Camión Pesado 2 Ejes	Camión 3 Ejes				
0	2019	3.97	1.97	1.94	1073	87	80	43	8	1291	130360	130360	260720
1	2020	3.97	1.97	1.94	1115	88	82	44	8	1337	132882	132882	265764
2	2021	3.57	1.78	1.74	1150	90	83	45	8	1376	135313	135313	270626
3	2022	3.57	1.78	1.74	1192	92	84	46	8	1422	137744	137744	275487
4	2023	3.57	1.78	1.74	1234	93	86	47	9	1469	141270	141270	282539
5	2024	3.57	1.78	1.74	1278	95	87	48	9	1517	143701	143701	287401
6	2025	3.57	1.78	1.74	1324	96	89	49	9	1567	146223	146223	292445
7	2026	3.25	1.62	1.58	1342	97	89	49	9	1586	146602	146602	293205
8	2027	3.25	1.62	1.58	1385	99	91	50	9	1634	149504	149504	299008
9	2028	3.25	1.62	1.58	1430	100	92	51	9	1682	151555	151555	303111
10	2029	3.25	1.62	1.58	1477	102	94	52	9	1734	154457	154457	308914
11	2030	3.25	1.62	1.58	1525	103	95	53	10	1786	157512	157512	315024
12	2031	3.25	1.62	1.58	1574	105	97	54	10	1840	160414	160414	320828
13	2032	3.25	1.62	1.58	1626	106	99	55	10	1896	162936	162936	325872
14	2033	3.25	1.62	1.58	1679	108	100	56	10	1953	165367	165367	330734
15	2034	3.25	1.62	1.58	1734	109	101	57	10	2011	167418	167418	334836
16	2035	3.25	1.62	1.58	1790	111	103	58	10	2072	170320	170320	340640
17	2036	3.25	1.62	1.58	1848	113	104	59	10	2134	172751	172751	345502
18	2037	3.25	1.62	1.58	1908	115	106	60	11	2200	176656	176656	353313
19	2038	3.25	1.62	1.58	1970	117	108	61	11	2267	179558	179558	359116
20	2039	3.25	1.62	1.58	2034	119	110	62	11	2336	182460	182460	364920

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2. Estudio de Suelos.

El estudio de suelo es fundamental, ya que permitió determinar las posibles falencias, la capacidad de carga y la densidad del suelo. Los datos obtenidos adecuadamente nos permitieron identificar las características de la vía.

Para tomar las muestras del sitio, motivo de estudio, se lo hizo previo a un reconocimiento del lugar. A través de excavación manual, se obtuvo las muestras de las calicatas en las abscisas Km 4 + 800, Km 5 + 800, Km 6 + 800, Km 7 + 600.

Cada calicata tuvo una profundidad de 1 m a 1.20 m. Antes de ser llevadas al laboratorio, para realizar los ensayos correspondientes, las muestras se secaron a temperatura ambiente. Los resultados se visualizan en el anexo B en la página 126.

4.2.1. Clasificación del suelo según el SUCS.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos fue presentado por Arthur Casagrande con una modificación y adaptación a su sistema de clasificación propuesto en 1942, los suelos de partículas gruesas y lo de partículas finas se distinguen mediante el cernido del material por el tamiz N° 200, el suelo grueso es el que se retiene en dicha malla y fino el que pasa, así un suelo se define grueso si más el 50% es retenido en tamiz fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Tabla 34. Clasificación de suelos.

Tipo	Sub-Tipos	Identificación		Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 7.5 cm)	<p style="text-align: center;">SUELOS GRUESOS</p> <p style="text-align: center;">Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0,075 mm)</p>	GRAVA	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco a nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u), mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3.	Menos de 5% en masa pasa la malla N°200	GW
				Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos de 5% en masa pasa la malla N°200	GP
			Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véase abajo los grupos ML y MH)	GM	
			Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véase abajo los grupos CL y CH)	GC	
		ARENA	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4.	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con un poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200.	SW
		Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.		Menos del 5% en masa pasa la malla N°200.	SP	
		Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véase abajo los grupos ML y MH)	SM	
		Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véase abajo los grupos CL y CH)	SC	
	SUELOS FINOS	LIMO Y ARCILLA	Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML
					Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de la plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL	
				Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH
					Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH	
ALTAMENTE ORGÁNICOS	Turbas fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	Pt				



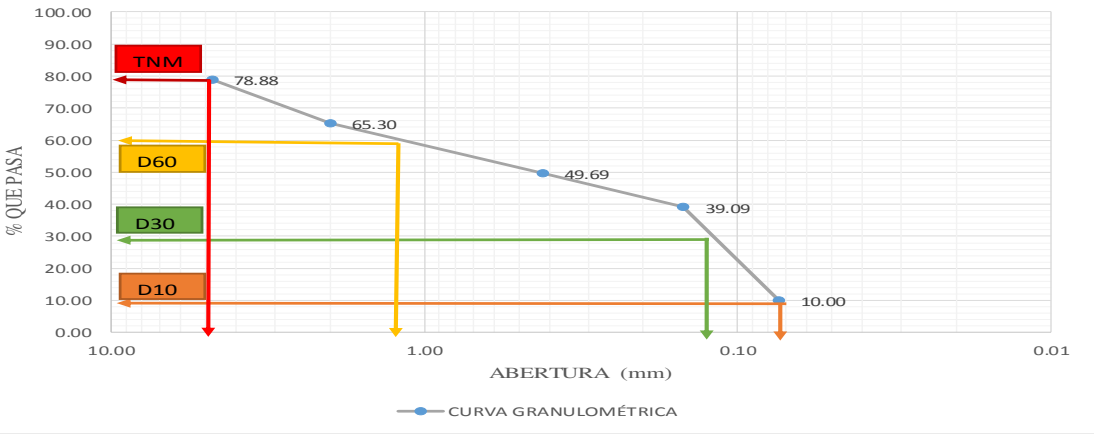
Fuente: SUCS.

4.2.2 Análisis Granulométrico.

Para realizar el ensayo se aplicó la norma AASHTO T-87-70 / ASSTM D 421-58.

Las muestras de suelo obtenidas se procedieron a realizar el ensayo de granulometría y determinar el tipo de suelo en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



Tabla 35. Análisis Granulométrico del Suelo de Fundación. (Calicata 1)

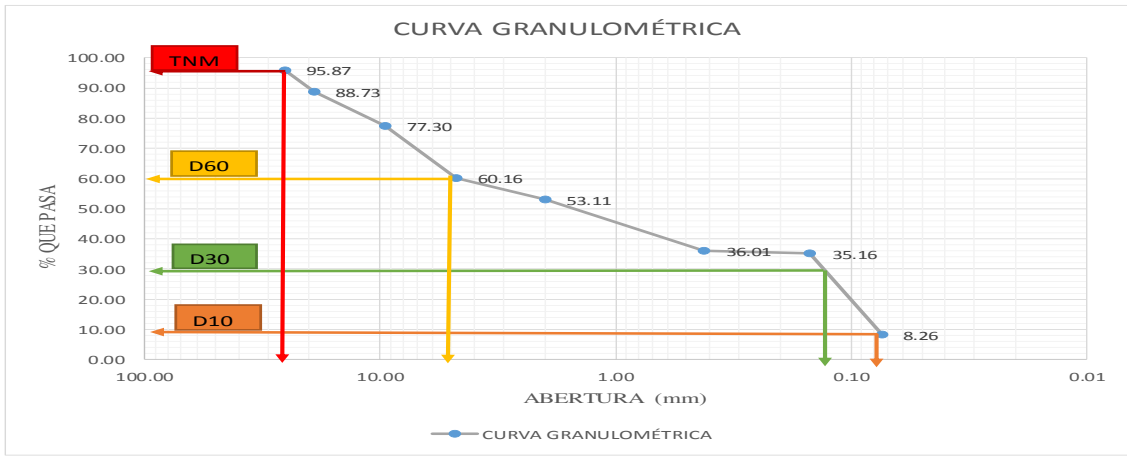
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO				
Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
ABSCISA:	4+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	0.00	0.00	100.00	25.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
3/8"	0.00	0.00	100.00	9.52
#4	1267.00	21.12	78.88	4.76
FUENTE	4733.00	78.88	-	-
TOTAL	6000.00	-	-	-
#10	269.00	13.58	65.30	2.00
#40	578.00	29.19	49.69	0.42
#100	788.00	39.79	39.09	0.15
#200	1364.00	68.88	10.00	0.07
FONDO	198.00	10.00	-	-
TOTAL	1562.00	-	-	-
PARÁMETROS DE GRANULOMETRÍA				
PESO DEL CUARTEO (gr)			1562.00	
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)			4.76	
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)			0.07	
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)			0.11	
DIÁMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)			2.00	
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu			28.57	
COEFICIENTE DE CURVATURA CE			0.09	
CURVA GRANULOMÉTRICA				
				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Con los valores obtenidos en el ensayo granulométrico y en base a la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, se pudo determinar que más del 50% del material se retiene en la malla N°200 indicando que es un suelo grueso y más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla N°4, por lo que se concluye que el tipo de suelo obtenido es arena limosa de baja plasticidad.

Tabla 36. Análisis Granulométrico de la Base. (Calicata 1)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL 				
Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
ABSCISA:	4 +800		CAPA:	BASE
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	289.00	4.13	95.87	25.40
3/4"	789.00	11.27	88.73	19.10
3/8"	1589.00	22.70	77.30	9.52
#4	2789.00	39.84	60.16	4.76
FUENTE	4211.00	60.16	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	198.00	7.05	53.11	2.00
#40	678.00	24.15	36.01	0.42
#100	702.00	25.00	35.16	0.15
#200	1457.00	51.90	8.26	0.07
FONDO	232.00	8.26	-	-
TOTAL	1689.00	-	-	-
PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA				
PESO DEL CUARTEO (gr)				1689.00
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)				19.40
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)				0.09
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)				0.12
DIÁMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)				8.00
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu				88.89
COEFICIENTE DE CURVATURA Ce				0.02





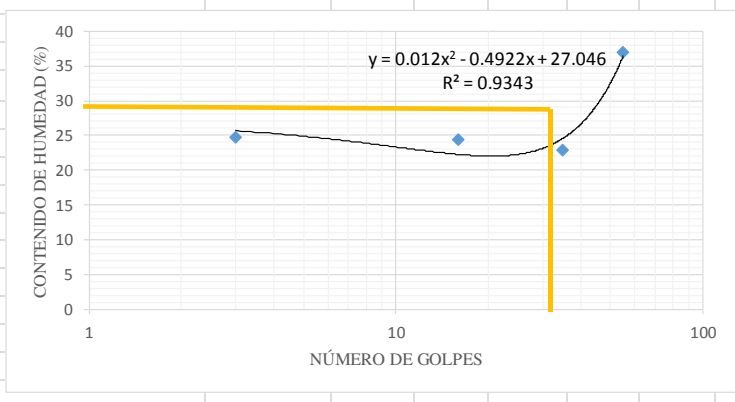
CURVA GRANULOMÉTRICA

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2.3. Límites de Atterberg.

Para realizar el ensayo se aplicó la Norma: ASTM D – 424 – 71 / AASHTO T – 90 -70/ INEM 691.

Tabla 37. Determinación del Límite Líquido (Calicata 1)



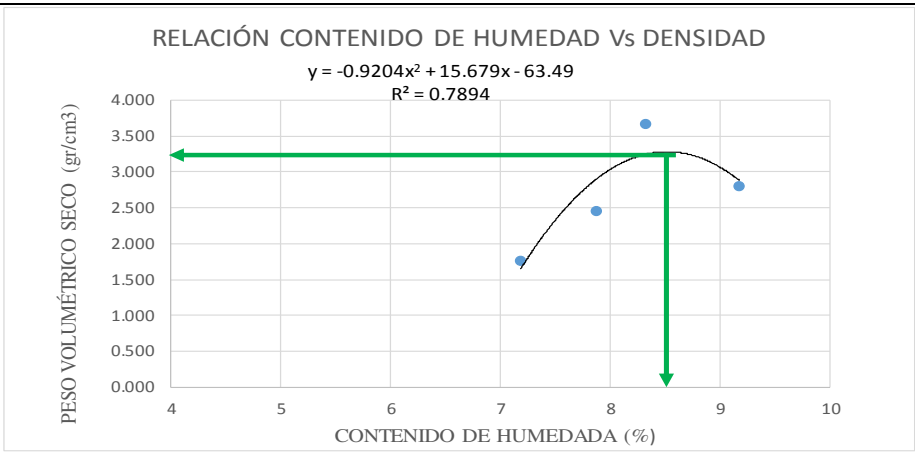
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS 									
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
LÍMITE LÍQUIDO									
ABSCISA:	4+800					CAPA	BASE		
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente	12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes	0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes	3		16		35		55		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	38.20	29.80	38.90	45.10	27.60	38.60	28.30	39.30	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)	32.50	26.30	33.60	38.30	24.60	33.60	25.10	29.90	
Peso Recipiente (gr) WR	10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW	5.70	3.50	5.30	6.80	3.00	5.00	3.20	9.40	
Peso Muestra Seca (gr) WS	22.50	14.50	22.70	26.80	13.30	21.50	13.90	18.50	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100	25.33	24.14	23.35	25.37	22.56	23.26	23.02	50.81	
Promedio Contenido de Humedad %	24.74		24.36		22.91		36.92		
Promedio Límite Líquido LL (%)	28.17								
									
LÍMITE PLÁSTICO									
Recipiente	3	4	12	13	18				
P. M. Húmeda + Recipiente	26.30	17.60	23.90	20.25	23.60				
P.M. Seca + Recipiente (Gr)	23.00	16.60	21.00	19.50	21.30				
Peso Recipiente (gr) WR	10.60	10.90	10.60	10.60	10.70				
Peso del Agua (gr) WW	3.30	1.00	2.90	0.75	2.30				
Peso Muestra Seca (gr) WS	7.30	9.90	7.70	9.85	8.40				
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%	45.21	10.10	37.66	7.61	27.38				
Promedio Límite Plastico LP (%)	25.59								
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)	2.58								

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2.4. Ensayo de Compactación.

Para realizar el ensayo se aplicó la Norma: Compactación AASHTO T – 180 / ASTM D1557.

Tabla 38. Determinación de la densidad máxima y humedad óptima (Calicata 1)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO 								
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>								
PROCTOR MODIFICADO D								
ABSCISA:	4+800 CAPA: SUELO DE FUNDACIÓN							
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
NORMA:	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"	PESO DEL MOLDE	15540	gr		
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb	VOLUMEN MOLDE	2358.67	cm ³		
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000	6000			
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
ENSAYO NÚMERO	1	2	3	4				
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%	12.00%				
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	20000.00	21800.00	22750.00	24900.00				
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	4460.00	6260.00	7210.00	9360.00				
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	1.891	2.650	3.060	3.970				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD								
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67	56	32	35	51	60
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80	30.60	26.40	24.80	30.80	30.70
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	101.63	106.33	99.87	127.66	106.11	108.99	106.33	107.65
REC + SUELO SECO WS+WM	97.50	100.60	95.00	120.33	101.07	100.24	99.64	102.66
PESO SOLIDO WS	66.90	69.90	64.20	89.73	74.67	75.44	68.84	71.96
PESO DEL AGUA WW	4.13	5.73	4.87	7.33	5.04	8.75	6.69	4.99
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	6.17	8.20	7.59	8.17	6.75	11.60	9.72	6.93
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	7.19	7.88	9.17	8.33				
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	1.764	2.456	2.803	3.665				
DENSIDAD MÁXIMA Gmax				3.500				
HUMEDAD ÓPTIMA				8.50%				
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;">$y = -0.9204x^2 + 15.679x - 63.49$</p> <p style="text-align: center;">$R^2 = 0.7894$</p>								

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2.5. Ensayo Índice de Soporte California (CBR).

Para realizar el ensayo se aplicó la norma: ASTM D- 1883. Valor de Soporte California, es un dato fundamental para determinar la estructura del pavimento, en la siguiente tabla se muestran los valores resultantes del CBR.

Tabla 39. Determinación del CBR y Penetración Estándar (Calicata 1).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	4+800			CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN				
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES		27 GOLPES					
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	18750.00		21500.00					
PESO DEL MOLDE	gr	14100.00		14807.00					
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	4650.00		6693.00					
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO	cm	15.30		15.30					
ALTURA	cm	12.60		12.60					
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49		2316.49					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81				
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70				
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	97.30	89.30	166.77	178.60				
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	94.60	86.66	122.30	132.50				
PESO SOLIDO WS	gr	63.60	60.06	91.10	101.80				
PESO DEL AGUA WW	gr	2.70	2.64	44.47	46.10				
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	4.25	4.40	48.81	45.28				
CONTENIDO DE HUMEDAD FROM W%	%	4.32		47.05					
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.007		2.889					
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	(gr/cm ³)	1.92		1.96					
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Número de Golpes	56			27			11		
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
25	302.00	32.68		125.00	13.53		257.00	27.81	
50	578.00	62.54		254.00	27.48		459.00	49.67	
75	678.00	73.36		458.00	49.56		789.00	85.37	
100	987.00	106.80	10.68	759.00	82.13	8.21	821.00	88.84	8.88
150	1265.00	136.88		874.00	94.57		978.00	105.83	
200	1578.00	170.75	17.07	954.00	103.23	10.32	1036.00	112.10	11.21
250	1896.00	205.16		987.00	106.80		1265.00	136.88	
300	2489.00	269.33		1036.00	112.10		1368.00	148.03	
400	2987.00	323.21		1147.00	124.11		1487.00	160.90	
500	3058.00	330.90		1369.00	148.13		1697.00	183.63	

Gmax gr/cm ³	1.96
95% Gmax gr/cm ³	1.86
CBR	10.50%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Las muestras de suelo obtenidas se procedieron a realizar el ensayo de granulometría y determinar el tipo de suelo en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCCS)

Tabla 40. Granulometría y Límites de Atterberg (Suelo de Fundación)

GRANULOMETRÍA Y LÍMITES ATTERBERG					
SUELO DE FUNDACIÓN					
Calicata N°	Abscisa	Límite Líquido	Índice Plástico	Tipo de Suelo	Descripción
1	4 + 800	49.31	15.63	SM - ML	Arena Limosa de baja Plasticidad
2	5 + 800	22.46	3.84	SM - ML	Arena Limosa de baja Plasticidad
3	6 + 800	33.2	1.93	SM - ML	Arena Limosa de baja Plasticidad
4	7 + 600	27.74	3.62	SM - ML	Arena Limosa de baja Plasticidad

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

De acuerdo a la clasificación SUCS, se determinó que las 4 calicatas están compuestas de arena limosa de baja plasticidad.

Tabla 41. Resultados de Granulometría y Límites de Atterberg (Base)

GRANULOMETRÍA Y LÍMITES ATTERBERG						
BASE						
Calicata N°	Abscisa	Límite Líquido	Índice Plástico	Granulometría	Clasificación (SUCS)	
1	4 + 800	28.17	2.58	T.N.M (mm) = 19.40	GM	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo
				Cu = 88.89		
				Cc = 0.02		
2	5 + 800	26.42	4.71	T.N.M (mm) = 25.40	GM	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo
				Cu = 94.44		
				Cc = 0.01		
3	6 + 800	31.25	0.92	T.N.M (mm) = 25.40	GM	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo
				Cu = 110		
				Cc = 0.33		
4	7 + 600	21.72	0.13	T.N.M (mm) = 25.40	GM	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo
				Cu = 88.89		
				Cc = 0.89		

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2.6. Ensayo de Compactación

Al realizar el ensayo de compactación se determinó el contenido de humedad óptimo y densidad máxima, estos valores serán utilizados para realizar el ensayo CBR.

Tabla 42. Resultados de la Compactación. (Suelo de Fundación)

COMPACTACIÓN			
SUELO DE FUNDACIÓN			
Calicata N°	Abscisa	Humedad Óptima W (%)	Densidad Máxima γ (gr/cm ³)
1	4 + 800	10.50	1.65
2	5 + 800	14.00	2.75
3	6 + 800	9.50	2.75
4	7 + 600	8.50	3.50

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Tabla 43. Resultados de la Compactación. (Base)

COMPACTACIÓN			
BASE			
Calicata N°	Abscisa	Humedad Óptima W (%)	Densidad Máxima γ (gr/cm ³)
1	4 + 800	9.00	2.75
2	5 + 800	10.50	3.05
3	6 + 800	11.50	2.80
4	7 + 600	10.50	3.50

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.2.7 Ensayo Índice de Soporte California (CBR)

La calidad de la subrasante está íntimamente ligada a la capacidad portante del suelo, por tal motivo, se da la clasificación según el CBR, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 44. Capacidad de Soporte CBR.

CBR%	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy Pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a Regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4,A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub- base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2,A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Subbase	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1, A2-5, A3, A2-6
50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO – 93.

Tabla 45. Resultados CBR puntual (Suelo de Fundación).

CBR PUNTUAL				
SUELO DE FUNDACIÓN				
Calicata N°	Abscisa	CBR %	Uso	Clasificación
1	4 + 800	10.5	Subrasante	Sub base Regular
2	5 + 800	8.5	Subrasante	Sub base Regular
3	6 + 800	11	Subrasante	Sub base Regular
4	7 + 600	14	Subrasante	Sub base Regular

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

De acuerdo a la clasificación AASHTO-93, se determinó que las muestras de la subrasante están dentro de la clasificación regular, por lo que su uso es una sub base.

Tabla 46. Resultados CBR puntual (Base).

CBR PUNTUAL			
BASE			
Calicata N°	Abscisa	CBR %	Clasificación
1	4 + 800	32.00	Sub base Bueno
2	5 + 800	27.20	Sub base Bueno
3	6 + 800	30.10	Sub base Bueno
4	7 + 600	31.20	Sub base Bueno

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

De acuerdo a la clasificación AASHTO-93, se determinó que no son de muestras para base.

4.3. Índice de Condición del Pavimento PCI

Se detallara la metodología aplicada en la Vía Patate – Pillaro, siguiendo los lineamientos definidos por el ASTM D6433-03. Procedimiento estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en caminos y estacionamientos.

El trabajo de campo es donde se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos, registrando la información en los formatos elaborados.

A continuación en la siguiente tabla se muestra el formato que vamos a utilizar.

4.3.1. Unidades de Muestreo

Para determinar el PCI en la Vía Patate – Pillaro en el tramo 2 Km 3+800 al Km 7+600, las unidades de muestreo se divide en una sola sección ya que tiene una misma estructura. Debido a que el ancho de la vía es de 7.60 m la longitud de muestreo se asumió 32 m para todo el tramo.

Tabla 47. Cálculo del número total de muestras.

UNIDADES DE MUESTREO							
Sección del Tramo	Abscisa (Km)	Longitud Sección (m)	Ancho Calzada (m)	Longitud de Unidad (m)	Área (m ²)	N	Observaciones
1	3+800 al 7+600	3800.00	7.60	32.00	243	118	-----

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

a) **Selección de las unidades de muestreo para inspección**

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

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

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento.

b) **Intervalo Muestreo (i)**

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Tabla 48. Cálculo de unidades de muestreo a evaluar.

Sección del Tramo	Abscisa (Km)	Unidades de Muestreo	Desviación Estándar	Error Admisible	Unidades a Evaluar	Intervalo
		N	σ	e	n	i
1	3+800 Al 7+600	118.00	10.00	5.00	14	8

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Se determinó 14 unidades de muestreo con un intervalo de 8 unidades.

Se realizó la inspección identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas cuantificando, llenando la información obtenida en las hojas de registro

Tabla 49. Unidades de muestreo en el tramo de la vía.

N	UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISA INICIAL (KM)	ABSCISA FINAL (KM)
1	1	3 + 832	3 + 864
2	9	4 + 088	4 + 210
3	17	4 + 344	4 + 376
4	25	4 + 600	4 + 632
5	33	4 + 856	4 + 888
6	41	5 + 112	5 + 144
7	49	5 + 368	5 + 400
8	57	5 + 624	5 + 656
9	65	5 + 880	5 + 912
10	73	6 + 136	6 + 168
11	81	6 + 392	6 + 424
12	89	6 + 648	6 + 680
13	97	6 + 904	6 + 936
14	105	7 + 160	7 + 192

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.3.2. Cálculo de Densidad

$$Densidad = \frac{Area\ total\ de\ dano * 100}{Area\ de\ nuestra}$$

4.3.3. Cálculo del número máximo de valores deducidos

- a) Si ninguno o solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor deducido total” en lugar del Mayor Valor Deducido Corregido”.
- b) Liste los valores deducidos individuales de mayor a menor.
- c) Determine el número máximo de valores deducidos (m_i) utilizando la siguiente ecuación:



$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} * (100 - HDVI)$$

El número de valores individuales deducidos se reduce a (m_i). Si se dispone de menos valores deducidos que (m_i) se utiliza todos los valores.

4.3.4. Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC).

- ✓ El máximo VDC se determina mediante el siguiente proceso iterativo
 - ✓ Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.
- a) Determine el VDC con m_i y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección para pavimentos flexibles.
 - b) Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita el proceso anterior hasta que m_i sea igual a 1.
 - c) Determinar máximo valor deducido corregido VDC en forma iterativa como se muestra en la figura 10.

Tabla 50. Determinación del valor de PCI.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
		Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)					
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro						
Evaluated por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T						
Fecha:	15 – Agosto - 2019						
Tramo:	2	Sección:		1			
Área de la muestra (m2):	243	Unidad de muestra:		1			
Abscisa inicial:	km 3 + 832	Abscisa final		km 3 + 864			
TIPOS DE FALLAS							
1. Piel de cocodrilo (m2)		11. Parcheo (m2)					
2. Exudación (m2)		12. Pulimiento de agregado (m2)					
3. Agrietamiento en bloque (m2)		13. Huecos o baches (mm)					
4. Abultamientos y hundimientos (m2)		14. Cruce de vía férrea (m2)					
5. Corrugación (m2)		15. Ahuellamiento (m2)					
6. Depresión (m2)		16. Desplazamiento (m2)					
7. Grietas de borde (m)		17. Grietas parabólicas (m2)					
8. Grieta de reflexión de junta (m)		18. Hinchamiento (m2)					
9. Desnivel carril/berma (m)		19. Desprendimiento de agregados (m2)					
10. Grieta longitudinal y transversal (m)							
FALLAS EXISTENTES							
Falla	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Deducido
4	M	0.84			0.84	0.35	8
10	A	0.75	3.2	4.5	8.45	3.48	20.00
Número de deducidos > 2(q):					2.00	Total VD:	28.00
Valor deducido más alto (HDVi):					20.00		
Número admisible de deducidos (ni):					8.16		
CÁLCULO DEL PCI							
#	Valores deducidos				Total	q	CVD
1	20	8			28	2	20
2	20	2			22	1	26
					Máx CDV:		26
PCI=100 - Máx. CDV							
PCI=74							

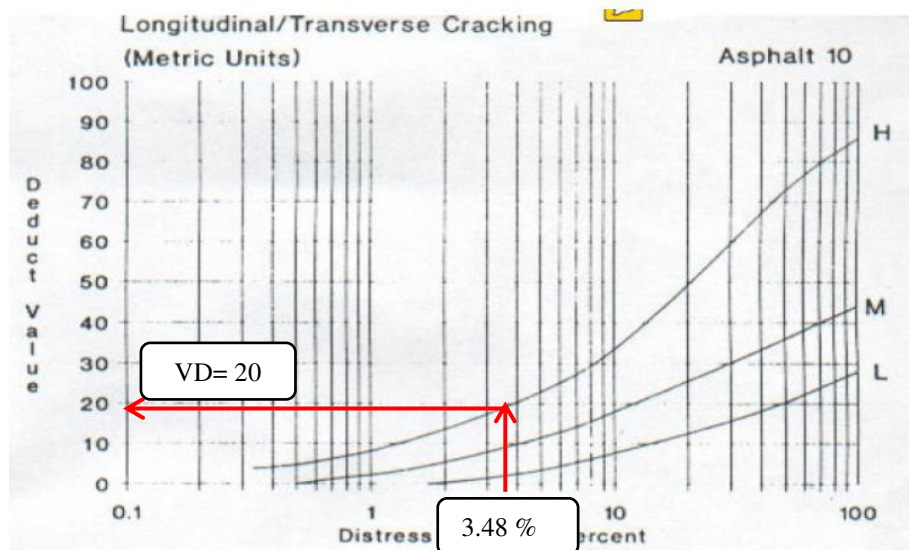


Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Los datos registrados en el campo resaltan el daño de grieta longitudinal y transversal como una de las principales en la Tabla N°... tenemos un total de 8.45 m de severidad alta con una densidad de 3.48%, con estos datos nos dirigimos al monograma #10.

El eje de las “X” nos muestra los valores de las densidades, trazamos una línea recta hasta intersectar con el tipo de severidad que tenemos, para esta caso es alta donde una valor deducido de 20.

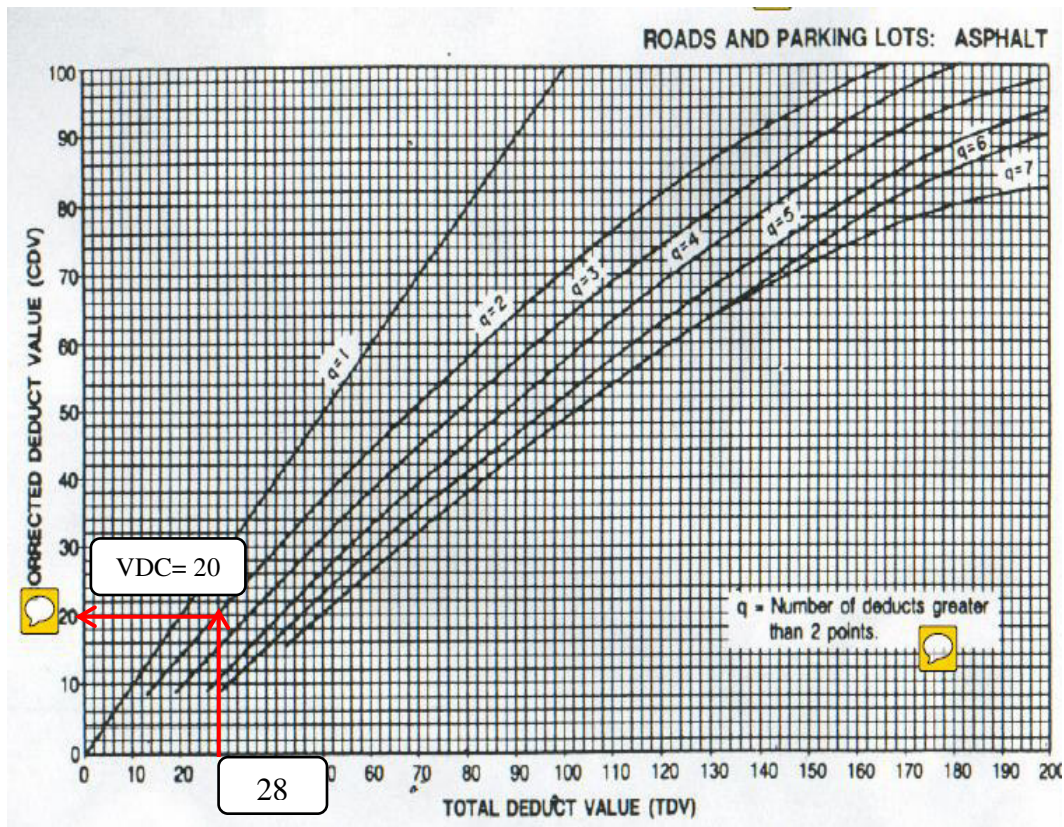
Figura 9. Abaco daño Grietas Longitudinales y Transversales.



Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Hallados los valores deducidos procedemos a encontrar el valor deducido corregido, usando el monograma del manual PCI indicado en la Figura N°10. Teniendo un valor deducido corregido de 20 con un valor de $m_i=q=2$ y un valor deducido corregido de 28

Figura 10. Abaco del cálculo de valor deducido corregido.



Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Tabla 51. Rangos de calificación del PCI.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	EXCELENTE
85-70	MUY BUENO
70-55	BUENO
55-40	REGULAR
40-25	MALO
25-Oct	MUY MALO
10-0	FALLADO

Fuente: ASTM D633-07. 2017

$$PCI = 100 - 26$$

PCI = 74 MUY BUENO

4.4. Medición de Deflexiones del pavimento mediante la Viga Benkelman

La medida de deflexiones empleando la viga benkelman se encuentra estandarizado de acuerdo a la norma de ASTM D-4695



Las deflexiones forman parte de estudio del pavimento en ellas encontramos valiosa información de la condición estructural el pavimento. Para determinar la condición estructural del pavimento en la Vía Patate – Pillaro en el tramo 2 Km 3+800 al Km 7+600.

Las lecturas de deflexiones se tomarán a una distancia de 0.90 m desde el borde del pavimento y se lo hará alternando cada carril.

4.4.1. Procedimiento de Inspección

- a) Señalar los puntos en los que se tomara la lectura de las deflexiones a cada 0.25, 0.50, 1.00, 5.00 y 8.00 m
- b) Colocar la llanta de la volqueta sobre el punto de manera que este coincida con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto.
- c) Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo sobre el punto de ensayo seleccionado.
- d) Para tomar las lecturas de las deflexiones el dial en cero y mientras la volqueta se desplaza muy lentamente (se recomienda una velocidad de 1km/h). Se anota las medidas conforme la varilla adosada en la parte trasera de la volqueta vaya coincidiendo con las marcas adicionales, hasta que la volqueta haya pasado la marca de los 8m. y el dial ya no tenga movimiento.
- e) Este procedimiento se repite a cada 200m obteniendo los siguientes datos que posteriormente serán procesados.

Tabla 52. Datos de las Deflexiones.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. 											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
N°	Abscisa	Carril		Temperatura °C	Espesor Carpeta	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO (x10-2mm)					
		Izquierdo	Derecho			D0	D25	D50	D100	D500	D Final
1	4 + 000		X	35	5	0	14	17	19	24	24
2	4 + 200	X		35	5	0	13	16	18	23	23
3	4 + 400		X	35	5	0	15	18	19	23	23
4	4 + 600	X		35	5	0	14	17	20	26	26
5	4 + 800		X	35	5	0	11	13	15	19	19
6	5 + 000	X		35	5	0	15	17	24	28	28
7	5 + 200		X	35	5	0	12	16	19	23	23
8	5 + 400	X		35	5	0	13	16	18	24	24
9	5 + 600		X	35	5	0	15	18	24	27	27
10	5 + 800	X		35	5	0	13	18	20	23	23
11	6 + 000		X	35	5	0	10	10	14	18	18
12	6 + 200	X		35	5	0	14	16	17	21	21
13	6 + 400		X	35	5	0	11	14	15	18	18
14	6 + 600	X		35	5	0	13	14	18	21	21
15	6 + 800		X	35	5	0	14	19	22	25	25
16	7 + 000	X		35	5	0	14	16	18	24	24
17	7 + 200		X	35	5	0	10	12	14	20	20
18	7 + 400	X		35	5	0	14	16	18	22	22
19	7 + 600		X	35	5	0	12	15	16	20	20

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.4.2. Cálculo de Deflexiones mediante Viga Benkelman

Se calcula la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final, en el caso de la deflexión a 25 cm, se debe encontrar la diferencia entre la lectura a 25 cm y la lectura final, al igual que para las deflexiones tomadas a cualquier distancia. Se realiza las respectivas correcciones por la relación de brazos, temperatura del momento de ensayo y por la estacionalidad.

a) Corrección por relación de brazos

Es la corrección debida a la aplicación del factor de relación de brazos que tiene la Viga Benkelman, este factor se mide directamente del instrumento y dicho se multiplica a la deflexión recuperable para corregirla, se le denotará RB.

$$D = (LF - LR) * RB$$

Donde:


D = Deflexión a la distancia R , expresada en 0.01 mm.

LR = Lectura a la distancia R .

LF = Lectura Máxima.

RB = Relación de brazos de la viga Benkelman 1: 2

Tabla 53. Lectura realizada en el punto 1

		 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
N°	Abscisa	Carril		Temperatura °C	Espesor Carpeta	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO (x10-2mm)					
		Izquierdo	Derecho			D0	D25	D50	D100	D500	D Final
1	4 + 000		X	35	5	0	14	17	19	23	24



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

$$D0 = (24 - 0) * 2$$

$$D0 = 48 \times 10^{-2} mm$$

Debemos seguir el mismo procedimiento para todas las deflexiones y así obtenemos la siguiente tabla.

Tabla 54. Deflexiones Corregidas por Relación de Brazos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. 											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
N°	Abscisa	Carril		Temperatura °C	Espesor Carpeta	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO (x10-2mm)					
		Izquierdo	Derecho			D0	D25	D50	D100	D500	D Final
1	4 + 000		X	35	5	48	20	14	10	0	0
2	4 + 200	X		35	5	46	20	14	10	0	0
3	4 + 400		X	35	5	46	16	10	8	0	0
4	4 + 600	X		35	5	52	24	18	12	0	0
5	4 + 800		X	35	5	38	16	12	8	0	0
6	5 + 000	X		35	5	56	26	22	8	0	0
7	5 + 200		X	35	5	46	22	14	8	0	0
8	5 + 400	X		35	5	48	22	16	12	0	0
9	5 + 600		X	35	5	54	24	18	6	0	0
10	5 + 800	X		35	5	46	20	10	6	0	0
11	6 + 000		X	35	5	36	16	16	8	0	0
12	6 + 200	X		35	5	42	14	10	8	0	0
13	6 + 400		X	35	5	36	14	8	6	0	0
14	6 + 600	X		35	5	42	16	14	6	0	0
15	6 + 800		X	35	5	50	22	12	6	0	0
16	7 + 000	X		35	5	48	20	16	12	0	0
17	7 + 200		X	35	5	40	20	16	12	0	0
18	7 + 400	X		35	5	44	16	12	8	0	0
19	7 + 600		X	35	5	40	16	10	8	0	0

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

b) Deflexiones corregidas por Temperatura.

Para poder comparar entre deflexiones de un mismo tramo obtenidas a diferentes temperaturas, las deflexiones son corregidas y llevadas a una temperatura estándar o de referencia de 20°C, la corrección por temperatura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

D_{20} = Deflexión recuperable la temperatura estandar de 20°C

D_t = Deflexión en centesimas de milímetro a la temperatura t

K = Coeficiente igual a $1 * 10^{-3}$ ($\frac{1}{cm * ^{\circ}C}$)

T = Temperatura del asfalto medida por cada ensayo.



e = Espesor de la carpeta asfáltica en cm.

$$D_{20} = \frac{48}{0.001 * (35 - 20^{\circ}C) * 5 + 1}$$

$$D_{20} = 44.65 * 10^{-2}mm$$

La temperatura será tomada cada 200m. Se realiza una pequeña perforación en el pavimento, este a su vez se llena con agua y luego se introduce el termómetro de mercurio en el agujero para sí obtener su temperatura.

Tabla 55. Deflexiones Corregidas por Temperatura.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>  </div>											
N°	Abscisa	Carril		Temperatura °C	Espesor Carpeta	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO (x10-2mm)					
		Izquierdo	Derecho			D0	D25	D50	D100	D500	D Final
1	4 + 000		X	35	5	44.651	18.604	13.023	9.302	0.00	0.00
2	4 + 200	X		35	5	42.790	18.604	13.023	9.302	0.00	0.00
3	4 + 400		X	35	5	42.790	14.883	9.302	7.441	0.00	0.00
4	4 + 600	X		35	5	48.372	22.325	16.744	11.162	0.00	0.00
5	4 + 800		X	35	5	35.348	14.883	11.162	7.441	0.00	0.00
6	5 + 000	X		35	5	52.093	24.186	20.465	7.441	0.00	0.00
7	5 + 200		X	35	5	42.790	20.465	13.023	7.441	0.00	0.00
8	5 + 400	X		35	5	44.651	20.465	14.883	11.162	0.00	0.00
9	5 + 600		X	35	5	50.232	22.325	16.744	5.581	0.00	0.00
10	5 + 800	X		35	5	42.790	18.604	9.302	5.581	0.00	0.00
11	6 + 000		X	35	5	33.488	14.883	14.883	7.441	0.00	0.00
12	6 + 200	X		35	5	30.069	13.023	9.302	7.441	0.00	0.00
13	6 + 400		X	35	5	33.488	13.023	7.441	5.581	0.00	0.00
14	6 + 600	X		35	5	30.069	14.883	13.023	5.581	0.00	0.00
15	6 + 800		X	35	5	46.511	20.465	11.162	5.581	0.00	0.00
16	7 + 000	X		35	5	44.651	18.604	14.883	11.162	0.00	0.00
17	7 + 200		X	35	5	37.209	18.604	14.883	11.162	0.00	0.00
18	7 + 400	X		35	5	40.930	14.883	11.162	7.441	0.00	0.00
19	7 + 600		X	35	5	37.209	14.883	9.302	7.441	0.00	0.00

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

c) **Deflexiones corregidas por estacionalidad**

El estudio asume el criterio de que las condiciones más críticas deben limitarse al régimen de lluvias, distinguiéndose básicamente entre estación seca y lluviosa.

$$D_T = D_C * \text{Factor por estacionalidad}$$

El factor de corrección por estacionalidad se asume un valor de 1.2, de acuerdo al tipo de suelo y un clima seco

Tabla 56. Factor de corrección por estacionalidad

TIPO DE SUELO DE LA SUBRASANTE	ESTACIÓN	
	LLUVIA	SECA
Arenosa – Permeable	1	1.1-1.3
Arcillosa – Sensible al agua	1	1.2-1.4

Fuente: Tesis Javier Balarezo, 2017

Tabla 57. Deflexiones Corregidas por Estacionalidad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.											
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
N°	Abscisa	Carril		Temperatura °C	Espesor Carpeta	LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO (x10-2mm)					
		Izquierdo	Derecho			D0	D25	D50	D100	D500	D Final
1	4 + 000		X	35	5	53.581	22.325	15.628	11.162	0.00	0.00
2	4 + 200	X		35	5	51.348	22.325	15.628	11.162	0.00	0.00
3	4 + 400		X	35	5	51.348	17.860	11.162	8.929	0.00	0.00
4	4 + 600	X		35	5	58.046	22.325	20.093	11.162	0.00	0.00
5	4 + 800		X	35	5	42.418	17.860	11.162	8.929	0.00	0.00
6	5 + 000	X		35	5	62.512	29.023	24.558	8.929	0.00	0.00
7	5 + 200		X	35	5	51.348	24.558	18.754	8.929	0.00	0.00

8	5 + 400	X		35	5	53.581	24.558	14.883	11.162	0.00	0.00
9	5 + 600		X	35	5	60.278	22.325	20.093	6.70	0.00	0.00
10	5 + 800	X		35	5	51.348	22.325	11.162	6.70	0.00	0.00
11	6 + 000		X	35	5	40.186	17.860	17.860	8.929	0.00	0.00
12	6 + 200	X		35	5	36.083	13.023	11.162	8.929	0.00	0.00
13	6 + 400		X	35	5	40.186	13.023	8.929	6.70	0.00	0.00
14	6 + 600	X		35	5	36.083	17.860	18.754	6.70	0.00	0.00
15	6 + 800		X	35	5	55.813	20.465	11.162	6.70	0.00	0.00
16	7 + 000	X		35	5	53.518	22.325	17.860	11.162	0.00	0.00
17	7 + 200		X	35	5	44.651	22.325	17.860	11.162	0.00	0.00
18	7 + 400	X		35	5	49.116	17.860	11.162	8.929	0.00	0.00
19	7 + 600		X	35	5	44.651	17.860	11.162	8.929	0.00	0.00

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

4.4.3. Cálculo de la deflexión característica, admisible y crítica

1. **Deflexión Característica:** Es un valor que representa mejor a una determinada sección, siguiendo el criterio adoptado normalmente en análisis estadísticos, se establece como deflexión característica mediante la siguiente ecuación:

$$DC = DP + t * \gamma$$

Dónde:

Dc= Deflexión característica.

Dp = Deflexión promedio de los valores D0.

γ = Desviación Estándar.

t = Factor igual a 1.645

2. **Deflexión Admisible:** Está definida en función al tráfico de diseño que establece un límite para la deflexión característica, durante un periodo considerado, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D_a = \left(\frac{1.15}{W_{18}} \right)^{1/4}$$

Dónde:

Da= Deflexión característica admisible (inicial)

W18= Número de ejes estándar equivalentes de 8.2 ton acumulados en millones.

3. **Deflexión Crítica:** Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D_c = \left(\frac{1.90}{W_{18}} \right)^{1/5.3}$$

Dónde:

Da= Deflexión característica admisible (inicial)

W18= Número de ejes estándar equivalentes de 8.2 ton acumulados en millones.

W18 = 130360 ejes equivalentes

$$D_a = \left(\frac{1.15}{W_{18}} \right)^{1/4} = \left(\frac{1.15}{0.130360} \right)^{1/4} * 100 = 172.34 * 10^{-2} mm \quad \text{Deflexión Admisible}$$

$$D_c = \left(\frac{1.90}{W_{18}} \right)^{1/5.3} = \left(\frac{1.90}{0.130360} \right)^{1/5.3} * 100 = 165.7910^{-2} mm \quad \text{Deflexión Crítica}$$

4.4.4. Radio de Curvatura: El radio de curvatura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$R = \left(\frac{10 * 25^2}{2 * (DO - D25)} \right)$$

Dónde:

RC= Radio de curvatura

Do= Deflexión recuperable máxima corregida.

D25=Deflexión recuperable a 25 cm corregida.

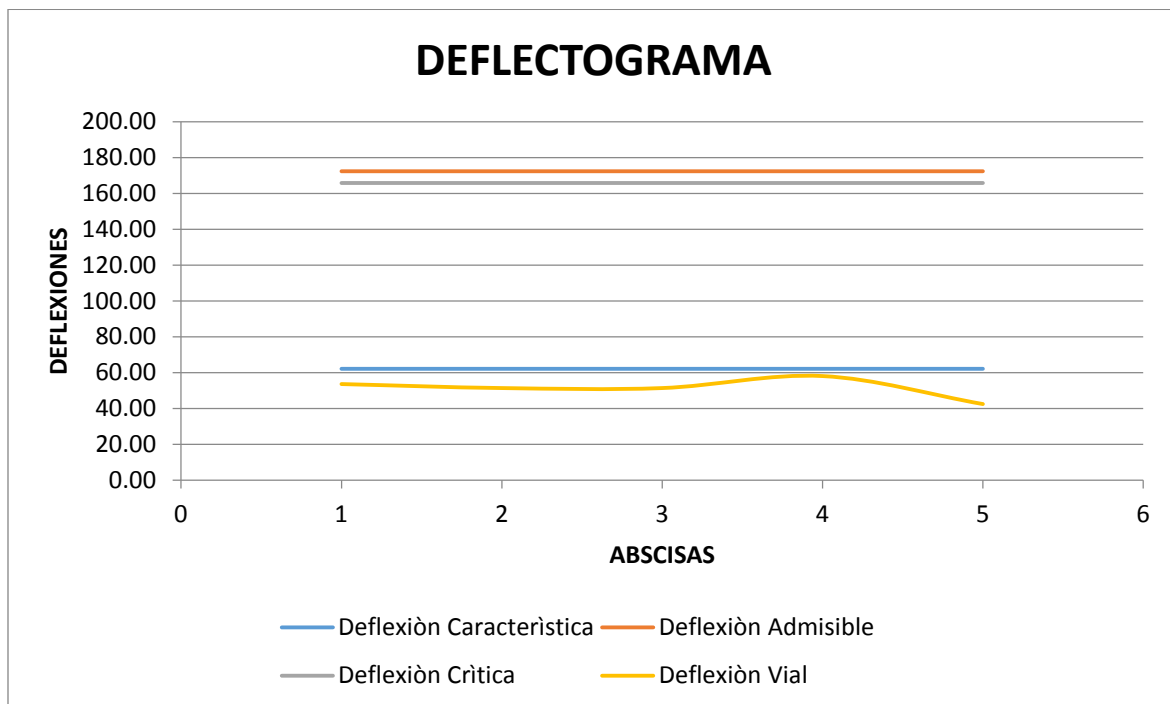
10= Coeficiente por cambio de unidades.

Tabla 58. Resultados de deflexiones y Radio de Curvatura.

	SECCIÓN	
Promedio Do	49.26815789	* 10-2mm
Desviación Estándar	7.786451419	* 10-2mm
Deflexión Característica	62.09397	* 10-2mm
Deflexión Admisible	172.34	* 10-2mm
Deflexión Crítica	165.79	* 10-2mm
Radio de Curvatura	90.33	m

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Figura 11. Deflectograma de la sección



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Tabla 59 . Criterios para analizar la calidad estructural.

HIPÓTESIS	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE		COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO	
	I	$D < D_{adm}$,	BUENA	$D < D_{adm}$,
II	$D > D_{adm}$,	MALA	$D < D_{adm}$,	BUENO
III	$D < D_{adm}$,	BUENA	$D < D_{adm}$,	INSUFICIENTE
IV	$D > D_{adm}$,	MALA	$D < D_{adm}$,	MALO

Fuente: Criterios para la evaluación estructural DNER PRO 11-79

Tabla 60. Criterios para analizar la calidad estructural.

Hipótesis	Daños deflectométricos obtenidos	Calidad estructural	Necesidad de estudios complementarios	Criterios para el cálculo de refuerzo	Medidas correctivas
I	$D_p \leq D_{adm}$, $R \geq 100m$	BUENA	NO	-	Solo corrección de superficie
II	$D_p > D_{adm}$, $R \geq 100m$	Si $D_p \leq 3D_{adm}$ Regular	NO	Deflectométrico	Refuerzo
III	$D_p \leq D_{adm}$, $R < 100m$	Si $D_p \leq 3D_{adm}$ Regular	NO	Resistencia	Refuerzo y estructura del pavimento.
IV	$D_p > D_{adm}$, $R \geq 100m$	Si $D_p \geq 3D_{adm}$ Regular	SI	Deflectométrico y resistencia	Refuerzo y reconstrucción
V	$D_p > D_{adm}$, $R < 100m$	REGULAR PARA MALO	SI	Deflectométrico y resistencia	Refuerzo y reconstrucción
VI	$D_p > D_{adm}$, $R < 100m$	MALO	SI	Resistencia	Refuerzo y reconstrucción
VII	-	Malo, pavimento con deformación Permanente y rotura plástica	SI	Resistencia	Reconstrucción

Fuente: Criterios para la evaluación estructural DNER PRO 11-79

Según los criterios de evaluación estructural, resulta que las deflexiones producidas menores que las deflexiones admisibles se determina que el comportamiento de la subrasante es buena, mientras que el comportamiento del pavimento es insuficiente ya que tiene un radio de curvatura menor a 100 m

4.5 MODELO DE CONSERVACIÓN

El modelo de conservación para la via Patate – Pillaro, se basara en un análisis el cual será el método del PCI.

- Método PCI

Sección 1= 70.67%

Tabla 61. Características del PCI.

Punto	PCI	Característica
A	75±4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor
B	55±7	Se inicia incremento del índice de deterioro. Zona optima de rehabilitación
C	40±6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

Fuente: Ing. Augusto Jugo B. Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles

Punto A: El pavimento empieza a presentar síntomas menores los cuales requieren de labores de mantenimiento rutinario el cual consta de sellado de grietas, reparación de huecos menores y bacheos menores.

Punto B: El deterioro de estos danos empiezan a crecer rápidamente y requieren de acciones mayores, denominando a esta unidad de muestreo como una zona optima de rehabilitación, en la que pequeñas intervenciones producen grandes beneficios.

Punto C: El estado del pavimento se encuentra en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural.

Cuando una vía llega a ese punto necesita de trabajos de mantenimiento.

El valor de PCI de la única sección es de 70.67%, por lo tanto en la vía Patate – Pillaro según el método de análisis del PCI requiere de un mantenimiento menor, ya que los valores obtenidos están especificados en la tabla 61.

Tabla 62. Correlación de categoría de acción con un rango de PCI

N	UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISA INICIAL (KM)	ABSCISA FINAL (KM)	VALOR DE PCI	Característica de Acción
1	1	3 + 832	3 + 864	74	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
3	17	4 +344	4 +376	66	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
4	25	4 +600	4 +632	74	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
5	33	4 +856	4 + 888	62	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
8	57	5+624	5 +656	76	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
9	65	5 +880	5 +912	82	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
12	89	6 +648	6 +680	72	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico
13	97	6 +904	6 +936	58	Mantenimiento correctivo
14	105	7 +160	7 +192	72	Mantenimiento preventivo rutinario y/o periódico

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T

Tabla 63. Correlación de categoría de acción con un rango de PCI

RANGO PCI	CATEGORÍA DE ACCIÓN
100 a 85	Mantenimiento Preventivo o Mínimo
85 a 60	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
60 a 40	Mantenimiento correctivo
40 a 25	Rehabilitación - Refuerzo Estructural
Menor a 25	Rehabilitación - Reconstrucción

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T

4.5. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Con los resultados obtenidos e interpretados en el presente trabajo experimental se confirma el cumplimiento de la hipótesis planteada, lo que significa que la implementación del proceso de conservación vial permitirá preservar la estructura de la capa de rodadura de la vía PATATE – PÍLLARO en el tramo Km 3+800 hasta el Km 7+600 de la provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ El levantamiento topográfico realizado mediante un GPS que nos permitió georeferenciar la vía, cuyo resultado fue 3.8 Km de longitud y un ancho de 7.60 m.
- ✓ El TPDA fue de 1240 vehículos/ día, de acuerdo a la clasificación del MTOP 2003, en la tabla 24 de la página 58, esta vía está considerada como Clase II.
- ✓ El método del PCI, nos permitió obtener un valor de 70.67 con una calificación de bueno, lo cual nos indica que el estado superficial de la vía se encuentra en buenas condiciones para el tránsito vehicular de la sección analizada, adicionalmente las fallas representativas fueron las: longitudinales y piel de cocodrilo.
- ✓ En la calicata # 2 se encontraron dos estratos base y suelo de fundación, con el ensayo de granulometría se concluyó que el suelo de fundación corresponde a una arena limosa de baja plasticidad, con un valor de CBR= 8.5 de acuerdo a la tabla de la clasificación de CBR corresponde a una sub base de calidad regular, para la base se determinó que son gravas limosas con un valor de CBR= 27.20 que corresponde una base de calidad buena.
- ✓ Del ensayo deflectométrico de la viga Benkelman se determinó, que el tipo de deflexión corresponde a un Tipo III, debido a que la deflexión característica nos da un valor de $62.093 \cdot 10^{-2} \text{mm}$ es menor que la deflexión admisible $172.34 \cdot 10^{-2} \text{mm}$, lo que tenemos un buen comportamiento de la subrasante, los valores de los radios de curvatura son menores de 100, eso nos indica que la estructura del pavimento es insuficiente y necesita de un refuerzo y estructura del pavimento.
- ✓ Al comparar los resultados de los métodos empleados PCI y Viga Benkelman se determinó que la vía debe ser intervenida con un reforzamiento en la estructura del pavimento tal como se indica en el plan de mantenimiento.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar un mantenimiento rutinario de la vía, con el propósito de prolongar una vida útil de la capa de rodadura.

- ✓ En la evaluación superficial del pavimento con la metodología PCI se debe complementar la evaluación estructural del pavimento usando la viga Benkelman debido a que es un ensayo de fácil manejo y económico.

- ✓ Construir cunetas en secciones que no existen para confinar el pavimento y evitar que existan las grietas de borde.

- ✓ Se deberá colocar la señalética horizontal y vertical por seguridad, prevención e información de los usuarios y de los vehículos que transitan por la vía.

5.3 Bibliografía

- [1] W. C. ACUÑA, EVALUACIÓN ALTERNATIVAS PAVIMENTACIÓN VÍAS BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, BOGOTÁ D.C., 2015.
- [2] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS, NORMA ECUATORIANA VIAL, Quito, 2013.
- [3] J. TORRES, El estado de la capa de rodadura y su incidencia en el tráfico vehicular de la vía de las parroquias Picaihua - El Rosario del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ambato, 2012.
- [4] MANTENIMIENTO DE LA CAPA DE RODADURA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, Guayaquil, Septiembre 2002.
- [5] R. BUSTIOS, CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI), LIMA - PERÚ, 2015.
- [6] P. C. 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, Riobamba-Ecuador, 2015.
- [7] MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. MTOP, 001-F-2002.
- [8] MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS, Marzo 2016.
- [9] Normas de Diseño Geométrico de Vías, 2003

[10] I. J. M. D. CÁRDENAS, EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS INTERVENCIONES A REALIZAR EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES., BOGOTÁ D.C. JUNIO DE 2014.

[11] ASTM D6433-03, Practica Estándar para el estudio de PCI en pavimentos.

[12] J. I. B. Zapata, EVALUACIÓN ESTRUCTURAL USANDO VIGA BENKELMAN APLICADA A UN PAVIMENTO, Piura, Agosto 2017.

ANEXOS.

ANEXO A

CONTEO VEHICULAR

Anexo A-1. Censo Vehicular jueves 4 de julio del 2019.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO													
PROYECTO:	Via Patate - Pillaro	ESTACIÓN N°				UBICACIÓN:	Pillaro	SENTIDO:	Norte - Sur	HOJA N°	2		
FECHA:	04 de Julio del 2019	DÍA:	Jueves			ESTADO DEL TIEMPO:	Soleado	RESPONSABLE:	Jaime Segovia				
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES			
							LIVANOS	PESADOS					
07H00	07H15	18	25	2	2	1	1	1				50	174
07H15	07H30	19	20	1	1	1						42	
07H30	07H45	18	19	1	1	1	1					41	
07H45	08H00	20	19			1	1					41	
08H00	08H15	18	20	1	1	1	2	1				44	172
08H15	08H30	18	18		1		3	1				41	
08H30	08H45	20	19	1	1	1	1	2				45	
08H45	09H00	20	20			1		1				42	
09H00	09H15	19	18	1	1	1	1	3				44	167
09H15	09H30	18	17		1	1	1	2				40	
09H30	09H45	20	19	1		1		2				43	
09H45	10H00	15	20	1	1	1	1	1				40	
10H00	10H15	20	19	2	1	1	1	2				46	186
10H15	10H30	20	24	1	2	1	2	0				50	
10H30	10H45	19	18	1	2	0	0	1				41	
10H45	11H00	23	21	1	1	1	1	1				49	
11H00	11H15	18	19	1		1	1	2				42	161
11H15	11H30	15	18	2	1	1		1				38	
11H30	11H45	18	18	2			1	2				41	
11H45	12H00	18	19	2		1						40	
12H00	12H15	22	25			1						48	168
12H15	12H30	20	18	1	1			1				41	
12H30	12H45	18	19	2		1						40	
12H45	13H00	16	18	1	1		2	1				39	
13H00	13H15	17	18	1	2	1	1	1				41	161
13H15	13H30	18	18	1	1		1	1				40	
13H30	13H45	19	17			1	1					38	
13H45	14H00	20	12	1	2	1	6					42	
14H00	14H15	16	15	1	1		1	1				35	162
14H15	14H30	17	16	2	1	1	2	1				40	
14H30	14H45	18	17	2	1	1	1	8				48	
14H45	15H00	19	18			1		1				39	
15H00	15H15	20	20	1	1	1						43	161
15H15	15H30	19	15	2	1	1	1	1				40	
15H30	15H45	15	19	1		1	1	1				38	
15H45	16H00	18	18		1	1	1	1				40	
16H00	16H15	18	19	1	1	1		1				41	158
16H15	16H30	18	18	2	1	1	1					41	
16H30	16H45	18	18	2		1	1					40	
16H45	17H00	16	19			1						36	
17H00	17H15	15	20	1	1							37	160
17H15	17H30	19	18	2		1		2				42	
17H30	17H45	15	18	2	1	1	1	1				39	
17H45	18H00	22	16		1	1	2					42	
18H00	18H15	19	17	1	1	1						39	157
18H15	18H30	19	18	1		1						39	
18H30	18H45	17	16	1		1	2					37	
18H45	19H00	18	20			1	2	1				42	
TOTAL											1987		

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo A-2. Conteo Vehicular viernes 5 de julio del 2019.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO															
PROYECTO:		Via Patate - Pillaro		ESTACIÓN N°		Pillaro		SENTIDO:		Norte - Sur		HOJA N°	3		
FECHA:		05 de Julio del 2019		DÍA:		Viernes		ESTADO DEL TIEMPO:		Soleado		RESPONSABLE:		Jaime Segovia	
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL		
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES					
							LIVANOS	PESADOS							
07H00	07H15	18	20	2	2	1	1	1					45	153	
07H15	07H30	17	14	2	1	1							35		
07H30	07H45	18	15	1	1	1	1						37		
07H45	08H00	19	15			1	1						36		
08H00	08H15	20	6			1	2	1					30	125	
08H15	08H30	15	14				3	1					33		
08H30	08H45	16	14	1		1	1	2					35		
08H45	09H00	14	10	1		1		1					27		
09H00	09H15	13	5		1	1	1	3					24	103	
09H15	09H30	11	12			1	1	2					27		
09H30	09H45	12	11	1		1		2					27		
09H45	10H00	13	8		1	1	1	1					25		
10H00	10H15	14	9	1		1	1	3					29	115	
10H15	10H30	16	7	2		1		3					29		
10H30	10H45	17	7	1				1					26		
10H45	11H00	19	8			1	1	2					31		
11H00	11H15	21	12			1	1	2					37		
11H15	11H30	14	9	2		1		1					27	122	
11H30	11H45	15	12	2			1	2					32		
11H45	12H00	16	8	1		1							26		
12H00	12H15	18	8			1							27	113	
12H15	12H30	19	13		1			1					34		
12H30	12H45	12	12	2		1							27		
12H45	13H00	11	10	1			2	1					25		
13H00	13H15	15	14	1	2	1	1	1					35	135	
13H15	13H30	17	14		1		1	1					34		
13H30	13H45	18	9			1	1						29		
13H45	14H00	19	11	1	2	1	3						37		
14H00	14H15	20	11	1	1		1	1					35	104	
14H15	14H30	10	10		1	1	2	1					25		
14H30	14H45	10	7		1	1	1	6					26		
14H45	15H00	11	6			1							18		
15H00	15H15	12	14	1	1	1							29	109	
15H15	15H30	13	11		1	1	1	1					28		
15H30	15H45	14	8			1	1	1					25		
15H45	16H00	15	8		1	1	1	1					27		
16H00	16H15	16	11	1	1	1		1					31	118	
16H15	16H30	18	9		1	1	1						30		
16H30	16H45	17	10			1	1						29		
16H45	17H00	18	9			1							28		
17H00	17H15	12	10	1	1								24	95	
17H15	17H30	11	9			1		2					23		
17H30	17H45	10	12			1	1	1					25		
17H45	18H00	10	10			1		2					23		
18H00	18H15	12	9	1		1							23	101	
18H15	18H30	13	10			1							24		
18H30	18H45	14	9			1	2						26		
18H45	19H00	15	9			1	2	1					28		
TOTAL												1393			

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo A-3. Conteo Vehicular sábado 6 de julio del 2019.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO															
PROYECTO:	Via Patate - Pillaro			ESTACIÓN N°				UBICACIÓN:	Pillaro		SENTIDO:	Norte - Sur		HOJA N°	4
FECHA:	06 de Julio del 2019			DÍA:	Sabado			ESTADO DEL TIEMPO:	Soleado		RESPONSABLE:	Jaime Segovia			
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL		
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	>TRES EJES					
							LIVANOS	PESADOS							
07H00	07H15	19	20	2	2	1		1	1				46	152	
07H15	07H30	19	14		1	1							35		
07H30	07H45	20	15		1	1		1					38		
07H45	08H00	16	15			1		1					33		
08H00	08H15	17	16			1		2	1				37	145	
08H15	08H30	18	14					3	1				36		
08H30	08H45	19	14			1		1	2				37		
08H45	09H00	21	12			1			1				35		
09H00	09H15	18	15		1	1		1	3				39	140	
09H15	09H30	19	12			1		1	2				35		
09H30	09H45	17	11	1		1			2				32		
09H45	10H00	16	14		1	1		1	1				34		
10H00	10H15	18	9			1		1	3				32	106	
10H15	10H30	10	13			1		3					27		
10H30	10H45	10	13						1				24		
10H45	11H00	11	8			1		1	2				23		
11H00	11H15	12	12			1		1	2				28	105	
11H15	11H30	13	9			1			1				24		
11H30	11H45	14	12					1	2				29		
11H45	12H00	15	8			1							24		
12H00	12H15	18	12			1							31	123	
12H15	12H30	19	15		1				1				36		
12H30	12H45	14	12	2		1							29		
12H45	13H00	13	10	1				2	1				27		
13H00	13H15	15	14	1	2	1		1	1				35	148	
13H15	13H30	17	14		1			1	1				34		
13H30	13H45	18	18			1		1					38		
13H45	14H00	19	15	1	2	1		3					41		
14H00	14H15	20	10	1	1			1	1				34	125	
14H15	14H30	12	16		1	1		2	1				33		
14H30	14H45	11	7		1	1		1	6				27		
14H45	15H00	18	12			1							31		
15H00	15H15	17	12	1	1	1							32	117	
15H15	15H30	14	11		1	1		1	1				29		
15H30	15H45	16	8			1		1	1				27		
15H45	16H00	17	8		1	1		1	1				29		
16H00	16H15	18	11	1	1	1			1				33	116	
16H15	16H30	19	7		1	1		1					29		
16H30	16H45	20	10			1		1					32		
16H45	17H00	12	9			1							22		
17H00	17H15	13	10	1	1								25	111	
17H15	17H30	14	16			1		2					33		
17H30	17H45	11	12			1		1	1				26		
17H45	18H00	14	10			1		2					27		
18H00	18H15	16	14	1		1							32	132	
18H15	18H30	12	16			1							29		
18H30	18H45	13	18			1		2					34		
18H45	19H00	14	19			1		2	1				37		
												TOTAL	1520		

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo A-4. Conteo Vehicular domingo 7 de julio del 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO													
PROYECTO: Via Palate - Pillaro		ESTACIÓN N°:		UBICACIÓN: Pillaro		SENTIDO: Norte - Sur		HOJA N°		5			
FECHA: 07 de Julio del 2019		DÍA: Domingo		ESTADO DEL TIEMPO: Soleado		RESPONSABLE: Jaime Segovia							
HORA	LIMANOS			BUSES			CAMIONES			OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL	
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIMANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES				> TRES EJES
							LIMANOS	PESADOS					
07H00	07H15	18	20	2	2	1		1	1			45	151
07H15	07H30	19	14		1	1						35	
07H30	07H45	21	15	1	1	1		1				40	
07H45	08H00	13	15	1		1		1				31	152
08H00	08H15	14	18			1		2	1			36	
08H15	08H30	16	18	2				3	1			40	
08H30	08H45	17	14	2		1		1	2			37	160
08H45	09H00	18	19			1			1			39	
09H00	09H15	19	20		1	1		1	3			45	
09H15	09H30	20	15			1		1	2			39	135
09H30	09H45	15	17	1		1			2			36	
09H45	10H00	18	18		1	1		1	1			40	
10H00	10H15	13	12	2		1		1	3			32	142
10H15	10H30	14	11	1		1		3				30	
10H30	10H45	15	13						1			29	
10H45	11H00	20	18	2		1		1	2			44	144
11H00	11H15	18	19			1		1	2			41	
11H15	11H30	19	12	1		1			1			34	
11H30	11H45	14	14	2				1	2			33	133
11H45	12H00	16	16	1		1						34	
12H00	12H15	17	17			1						35	
12H15	12H30	18	18	1	1				1			39	115
12H30	12H45	19	14	2		1						36	
12H45	13H00	12	18	1				2	1			34	
13H00	13H15	13	15	1	2	1		1	1			34	100
13H15	13H30	15	15		1			1	1			33	
13H30	13H45	16	12			1		1				30	
13H45	14H00	18	11	1	2	1		3				36	116
14H00	14H15	19	11	1	1			1	1			34	
14H15	14H30	20	5		1	1		2	1			30	
14H30	14H45	11	7	2	1	1		1	6			29	112
14H45	15H00	15	6			1						22	
15H00	15H15	12	14	1	1	1						29	
15H15	15H30	11	11		1	1		1	1			26	107
15H30	15H45	10	8	2		1		1	1			23	
15H45	16H00	10	8		1	1		1	1			22	
16H00	16H15	17	11	1	1	1			1			32	112
16H15	16H30	18	9		1	1		1				30	
16H30	16H45	19	10	1		1		1				32	
16H45	17H00	12	9			1						22	107
17H00	17H15	13	10	1	1							25	
17H15	17H30	14	9	1		1		2				27	
17H30	17H45	15	12			1		1	1			30	107
17H45	18H00	16	10	1		1		2				30	
18H00	18H15	17	9	1		1						28	
18H15	18H30	20	10			1						31	107
18H30	18H45	12	9			1		2				24	
18H45	19H00	11	9			1		2	1			24	
TOTAL											1567		

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo A-5. Conteo Vehicular lunes 8 de julio del 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO																	
PROYECTO:		Via Patate - Pillaro		ESTACIÓN N°:		UBICACIÓN:		Pillaro		SENTIDO:		Norte - Sur		HOJA N°		6	
FECHA:		08 de Julio del 2019		DÍA:		Lunes		ESTADO DEL TIEMPO:		Soleado		RESPONSABLE:		Jaime Segovia			
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL				
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES							
							LIVANOS	PESADOS									
07H00	07H15	18	20	2	2	1	1	1	1				45	150			
07H15	07H30	19	14		1	1							35		150		
07H30	07H45	20	15		1	1	1						38			150	
07H45	08H00	15	15			1	1						32				150
08H00	08H15	16	17			1	2	1					37	147			
08H15	08H30	18	15				3	1					37		147		
08H30	08H45	20	16			1	1	2					40			147	
08H45	09H00	14	17			1		1					33				147
09H00	09H15	16	18		1	1	1	3					40	152			
09H15	09H30	17	20			1	1	2					41		152		
09H30	09H45	18	12	1		1		2					34			152	
09H45	10H00	19	14		1	1	1	1					37				152
10H00	10H15	14	17			1	1	3					36	132			
10H15	10H30	10	19			1		3					33		132		
10H30	10H45	10	18					1					29			132	
10H45	11H00	14	16			1	1	2					34				132
11H00	11H15	16	11			1	1	2					31	132			
11H15	11H30	17	10			1		1					29		132		
11H30	11H45	19	19				1	2					41			132	
11H45	12H00	18	12			1							31				129
12H00	12H15	16	12			1							29	129			
12H15	12H30	17	14		1			1					33		129		
12H30	12H45	20	17	2		1							40			129	
12H45	13H00	4	19	1			2	1					27				126
13H00	13H15	13	20	1	2	1	1	1					39	126			
13H15	13H30	8	16		1		1	1					27		126		
13H30	13H45	11	15			1	1						28			126	
13H45	14H00	10	15	1	2	1	3						32				100
14H00	14H15	6	16	1	1		1	1					26	100			
14H15	14H30	5	12		1	1	2	1					22		100		
14H30	14H45	9	12		1	1	1	6					30			100	
14H45	15H00	8	13			1							22				93
15H00	15H15	7	10	1	1	1							20	93			
15H15	15H30	5	18		1	1	1	1					27		93		
15H30	15H45	5	13			1	1	1					21			93	
15H45	16H00	4	17		1	1	1	1					25				82
16H00	16H15	9	11	1	1	1		1					24	82			
16H15	16H30	7	9		1	1	1						19		82		
16H30	16H45	8	10			1	1						20			82	
16H45	17H00	9	9			1							19				82
17H00	17H15	10	10	1	1								22	90			
17H15	17H30	9	9			1	2						21		90		
17H30	17H45	9	12			1	1	1					24			90	
17H45	18H00	10	10			1	2						23				82
18H00	18H15	8	9	1		1							19	82			
18H15	18H30	9	10			1							20		82		
18H30	18H45	10	9			1	2						22			82	
18H45	19H00	8	9			1	2	1					21				82
TOTAL													1415				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo A-6. Censo Vehicular martes 9 de julio del 2019



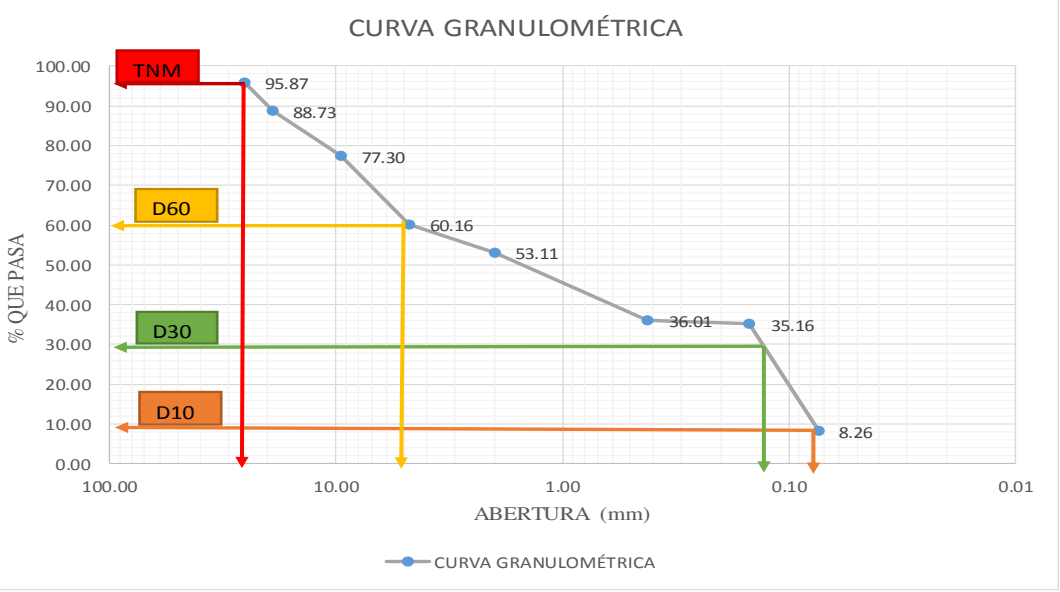
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																	
CONTAJE DE TRÁFICO VOLUMÉTRICO																	
PROYECTO:		Via Patate - Pillaro		ESTACIÓN N°:		UBICACIÓN:		Pillaro		SENTIDO:		Norte - Sur		HOJA N°		7	
FECHA:		09 de Julio del 2019		DÍA:		Martes		ESTADO DEL TIEMPO:		Soleado		RESPONSABLE:		Jaime Segovia			
HORA	LIVANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS N° EJES	SUBTOTAL	TOTAL				
	AUTOMOVIL	CAMIONETAS	MOTOS	LIVANOS	MEDIANOS	PESADOS	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES							
							LIVANOS	PESADOS									
07H00	07H15	10	20	2	2	1	1	1	1				37	128			
07H15	07H30	18	14		1	1							34				
07H30	07H45	11	15		1	1	1						29				
07H45	08H00	11	15			1	1						28				
08H00	08H15	10	12			1	2	1					26	109			
08H15	08H30	10	14				3	1					28				
08H30	08H45	12	14	1		1	1	2					31				
08H45	09H00	12	10			1		1					24				
09H00	09H15	13	12		1	1	1	3					31	122			
09H15	09H30	14	12			1	1	2					30				
09H30	09H45	16	11	1		1		2					31				
09H45	10H00	18	8		1	1	1	1					30				
10H00	10H15	19	18	1		1	1	3					43	144			
10H15	10H30	20	19			1		3					43				
10H30	10H45	12	12	2				1					27				
10H45	11H00	10	15	2		1	1	2					31				
11H00	11H15	10	12			1	1	2					26	99			
11H15	11H30	11	9			1		1					22				
11H30	11H45	12	12	1			1	2					28				
11H45	12H00	13	8	1		1							23				
12H00	12H15	14	8			1							23	115			
12H15	12H30	15	13		1			1					30				
12H30	12H45	16	12	2		1							31				
12H45	13H00	17	10	1			2	1					31				
13H00	13H15	19	14	1	2	1	1	1					39	118			
13H15	13H30	11	14		1		1	1					28				
13H30	13H45	10	9			1	1						21				
13H45	14H00	12	11	1	2	1	3						30				
14H00	14H15	11	11	1	1		1	1					26	94			
14H15	14H30	12	5		1	1	2	1					22				
14H30	14H45	13	7	2	1	1	1	6					31				
14H45	15H00	8	6			1							15				
15H00	15H15	7	14	1	1	1							24	78			
15H15	15H30	5	11		1	1	1	1					20				
15H30	15H45	5	8	2		1	1	1					18				
15H45	16H00	4	8		1	1	1	1					16				
16H00	16H15	9	11	1	1	1		1					24	98			
16H15	16H30	7	18		1	1	1						28				
16H30	16H45	8	12	1		1	1						23				
16H45	17H00	9	13			1							23				
17H00	17H15	10	14	1	1								26	101			
17H15	17H30	9	12	2		1	2						26				
17H30	17H45	9	12	2		1	1	1					26				
17H45	18H00	10	10			1	2						23				
18H00	18H15	8	9	1		1							19	84			
18H15	18H30	9	10			1							20				
18H30	18H45	10	9	1		1	2						23				
18H45	19H00	8	9	1		1	2	1					22				
TOTAL												1290					

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

ANEXO B

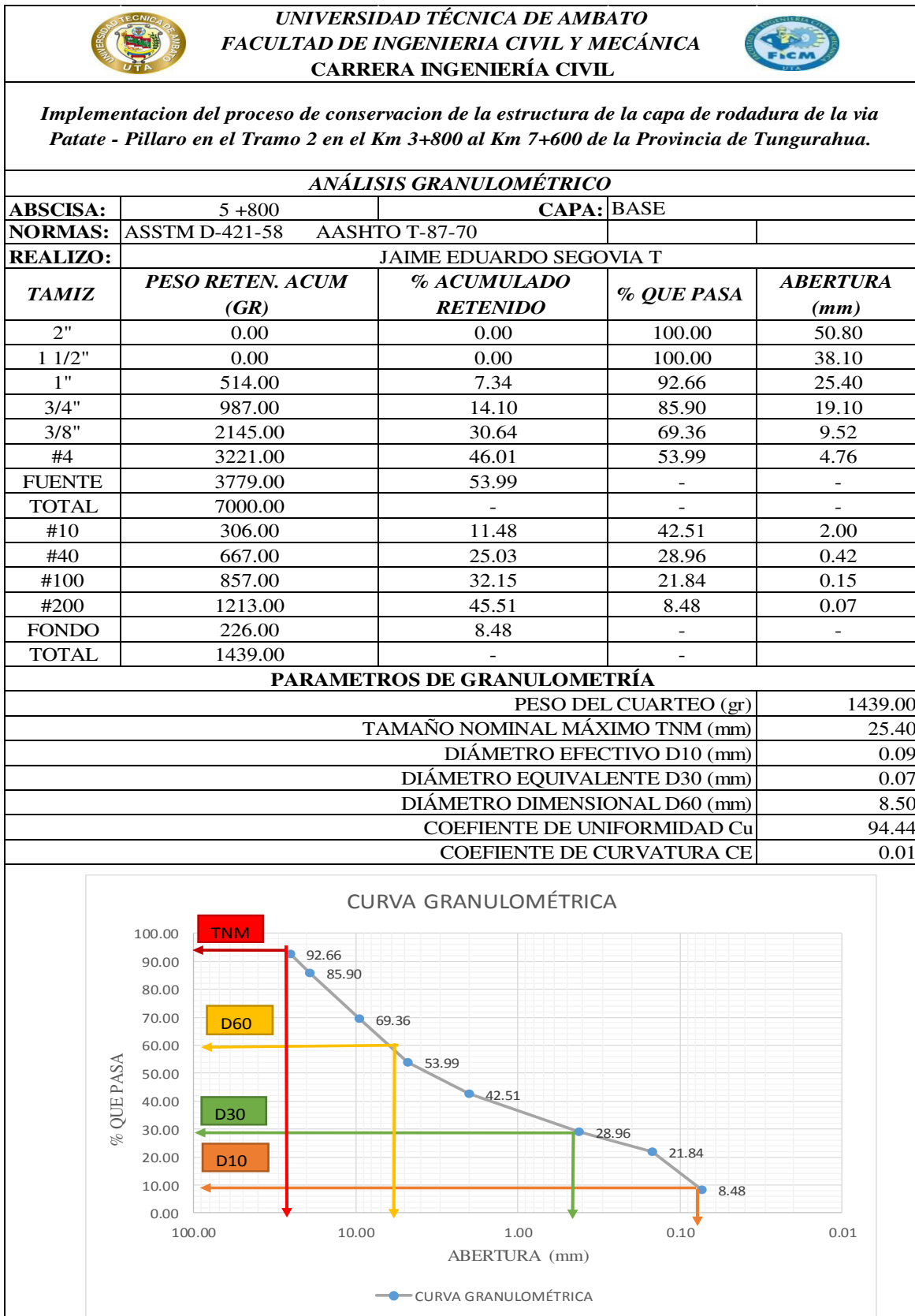
GRANULOMETRÍA Y LÍMITE ATTERBERG.

Anexo B-1. Granulometría de la base en el km 4+800

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL				
Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
ABSCISA:	4 +800	CAPA:	BASE	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	289.00	4.13	95.87	25.40
3/4"	789.00	11.27	88.73	19.10
3/8"	1589.00	22.70	77.30	9.52
#4	2789.00	39.84	60.16	4.76
FUENTE	4211.00	60.16	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	198.00	7.05	53.11	2.00
#40	678.00	24.15	36.01	0.42
#100	702.00	25.00	35.16	0.15
#200	1457.00	51.90	8.26	0.07
FONDO	232.00	8.26	-	-
TOTAL	1689.00	-	-	-
PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA				
PESO DEL CUARTEO (gr)			1689.00	
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)			19.40	
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)			0.09	
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)			0.12	
DIÁMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)			8.00	
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu			88.89	
COEFICIENTE DE CURVATURA Ce			0.02	
				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-2. Granulometría de la base en el km 5+800.



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-3. Granulometría de la base en el km 6+800.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO



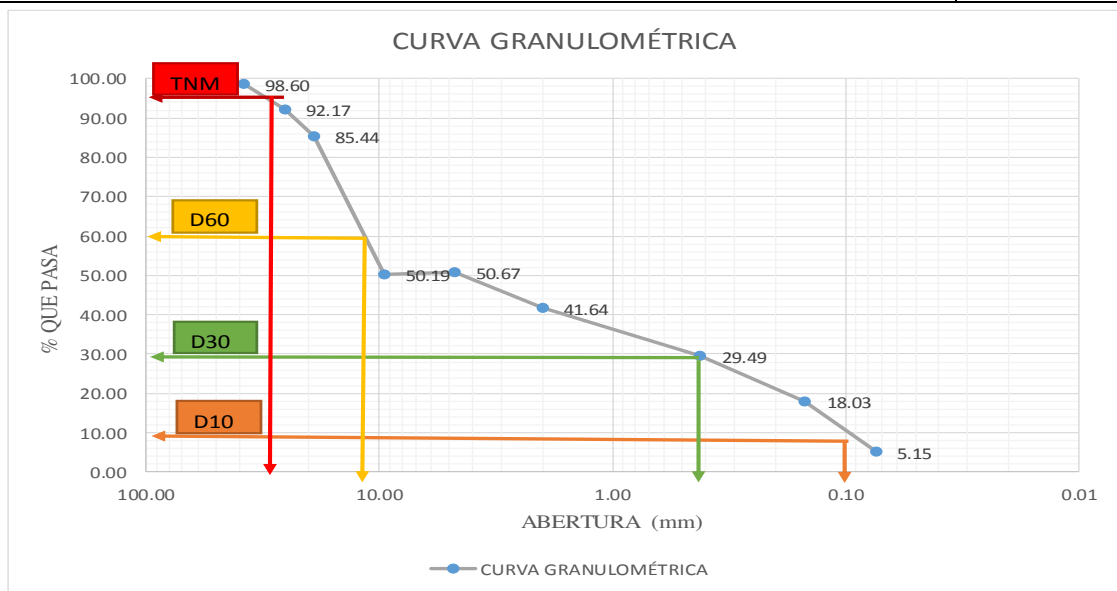
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ABSCISA:	6 +800	CAPA:	BASE	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	98.00	1.40	98.60	38.10
1"	548.00	7.83	92.17	25.40
3/4"	1019.00	14.56	85.44	19.10
3/8"	3487.00	49.81	50.19	9.52
#4	3453.00	49.33	50.67	4.76
FUENTE	3547.00	50.67	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	289.00	9.03	41.64	2.00
#40	678.00	21.18	29.49	0.42
#100	1045.00	32.64	18.03	0.15
#200	1457.00	45.52	5.15	0.07
FONDO	165.00	5.15	-	-
TOTAL	1622.00	-	-	-

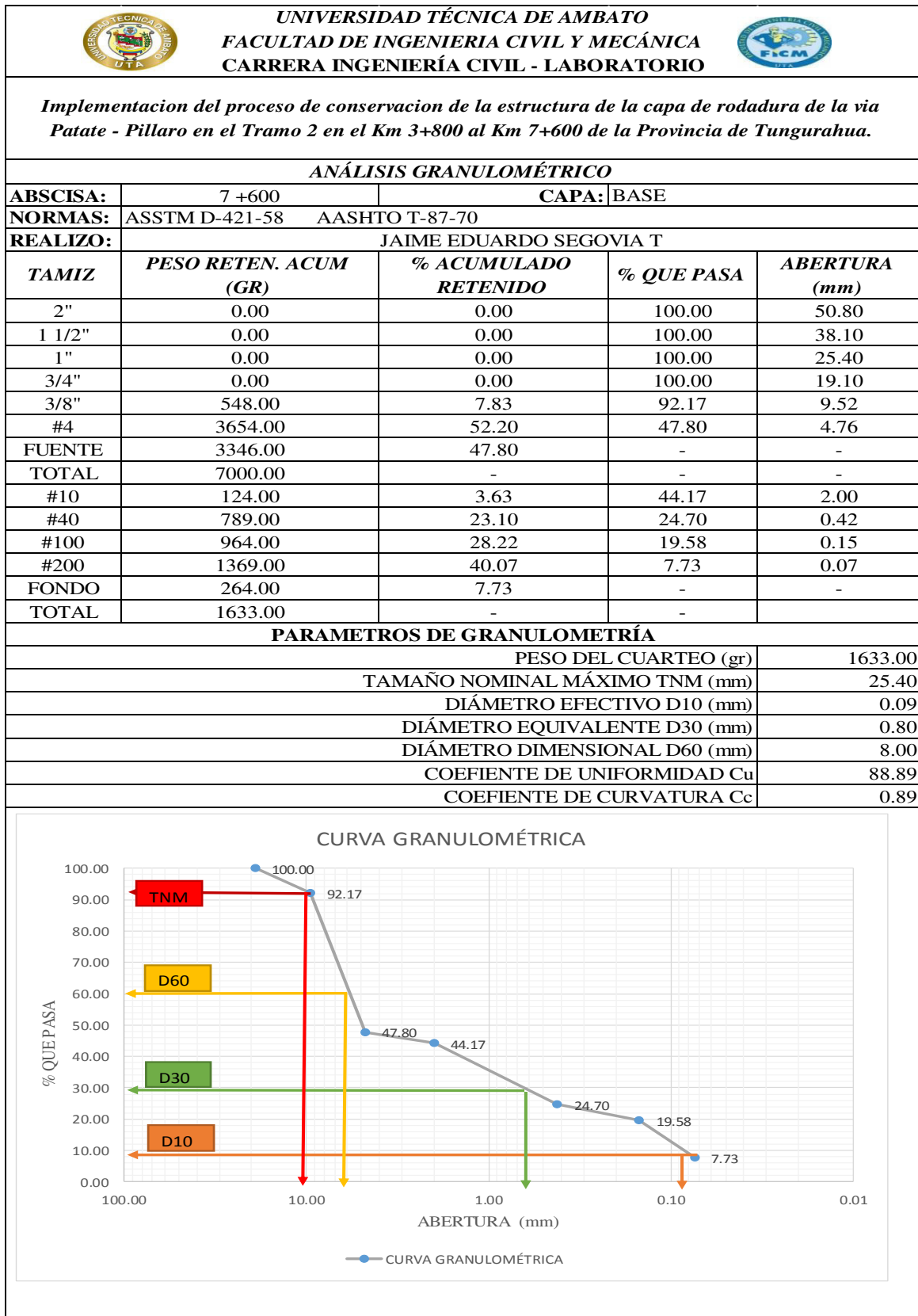
PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA

PESO DEL CUARTEO (gr)	1622.00
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)	25.40
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)	0.10
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)	0.60
DIÁMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)	11.00
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu	110.00
COEFICIENTE DE CURVATURA CE	0.33



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-4. Granulometría de la base en el km 7+600.



Anexo B-5. Granulometría del suelo de fundación en el km 4+800.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO



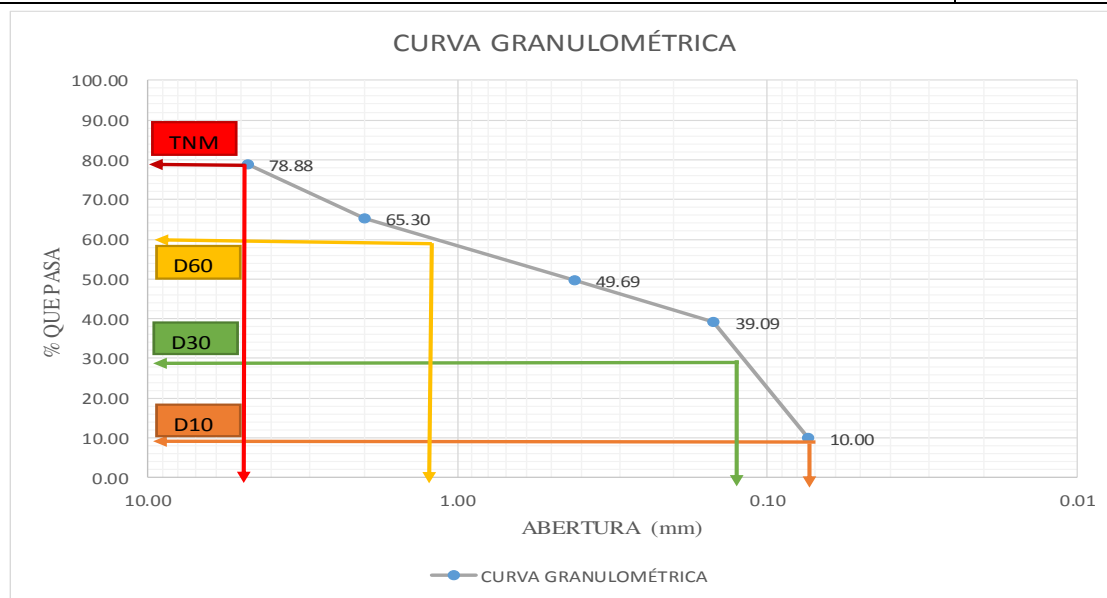
*Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Patate
- Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ABSCISA:	4+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	0.00	0.00	100.00	25.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
3/8"	0.00	0.00	100.00	9.52
#4	1267.00	21.12	78.88	4.76
FUENTE	4733.00	78.88	-	-
TOTAL	6000.00	-	-	-
#10	269.00	13.58	65.30	2.00
#40	578.00	29.19	49.69	0.42
#100	788.00	39.79	39.09	0.15
#200	1364.00	68.88	10.00	0.07
FONDO	198.00	10.00	-	-
TOTAL	1562.00	-	-	-

PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA

PESO DEL CUARTEO (gr)	1562.00
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)	4.76
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)	0.07
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)	0.15
DIAMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)	0.42
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu	28.57
COEFICIENTE DE CURVATURA CE	0.09



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-6. Granulometría del suelo de fundación en el km 5+800.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO



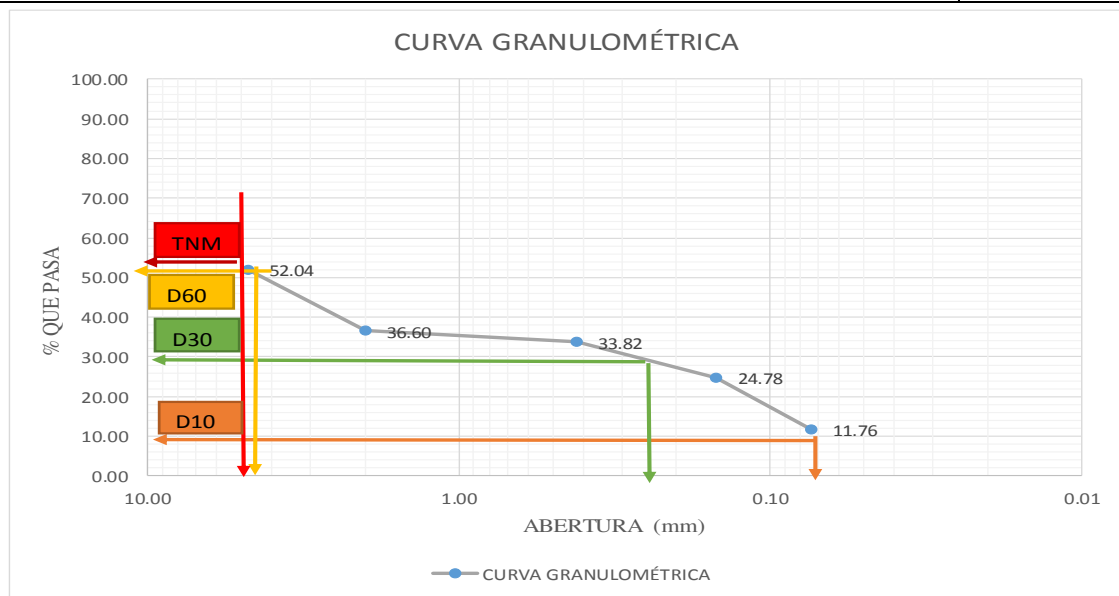
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ABSCISA:	5+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN	
NORMAS:	ASSTM D-421-58 AASHTO T-87-70			
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	0.00	0.00	100.00	25.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
3/8"	0.00	0.00	100.00	9.52
#4	3357.00	47.96	52.04	4.76
FUENTE	3643.00	52.04	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	478.00	15.44	36.60	2.00
#40	564.00	18.22	33.82	0.42
#100	844.00	27.26	24.78	0.15
#200	1247.00	40.28	11.76	0.07
FONDO	364.00	11.76	-	-
TOTAL	1611.00	-	-	-

PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA

PESO DEL CUARTEO (gr)	1611
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)	4.76
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)	0.08
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)	0.3
DIAMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)	8.00
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu	100
COEFICIENTE DE CURVATURA CE	0.14



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-7. Granulometría del suelo de fundación en el km 6+800.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO



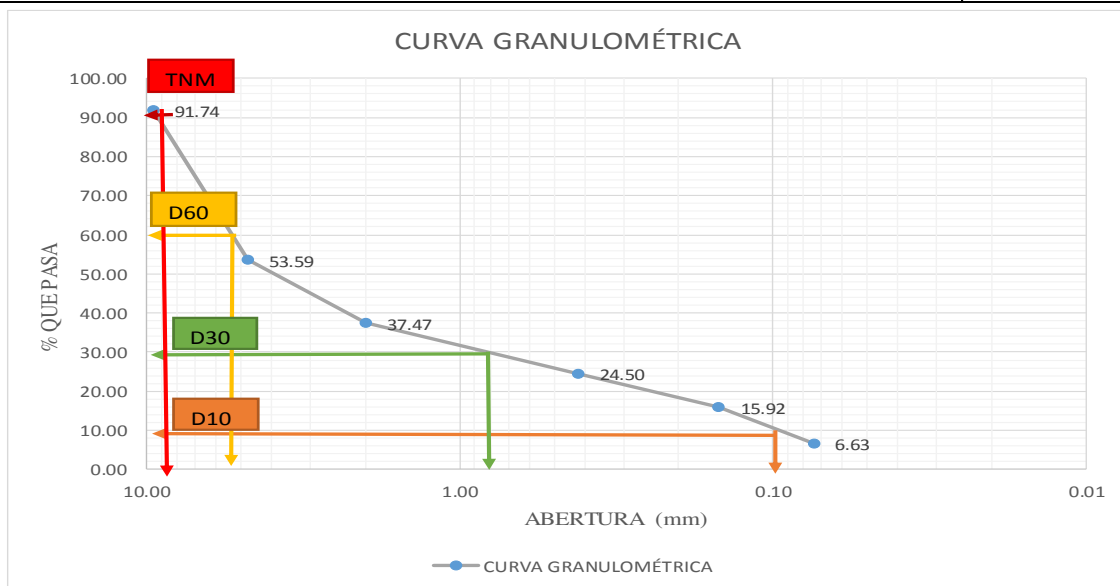
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ABSCISA:	6+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	0.00	0.00	100.00	25.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
3/8"	578.00	8.26	91.74	9.52
#4	3249.00	46.41	53.59	4.76
FUENTE	3751.00	53.59	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	547.00	16.12	37.47	2.00
#40	987.00	29.09	24.50	0.42
#100	1278.00	37.67	15.92	0.15
#200	1593.00	46.96	6.63	0.07
FONDO	225.00	6.63	-	-
TOTAL	1818.00	-	-	-

PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA

PESO DEL CUARTEO (gr)	1818.00
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)	9.52
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)	0.10
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)	0.80
DIAMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)	8.00
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu	80.00
COEFICIENTE DE CURVATURA Ce	0.80



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-8. Granulometría del suelo de fundación en el km 7+600.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO



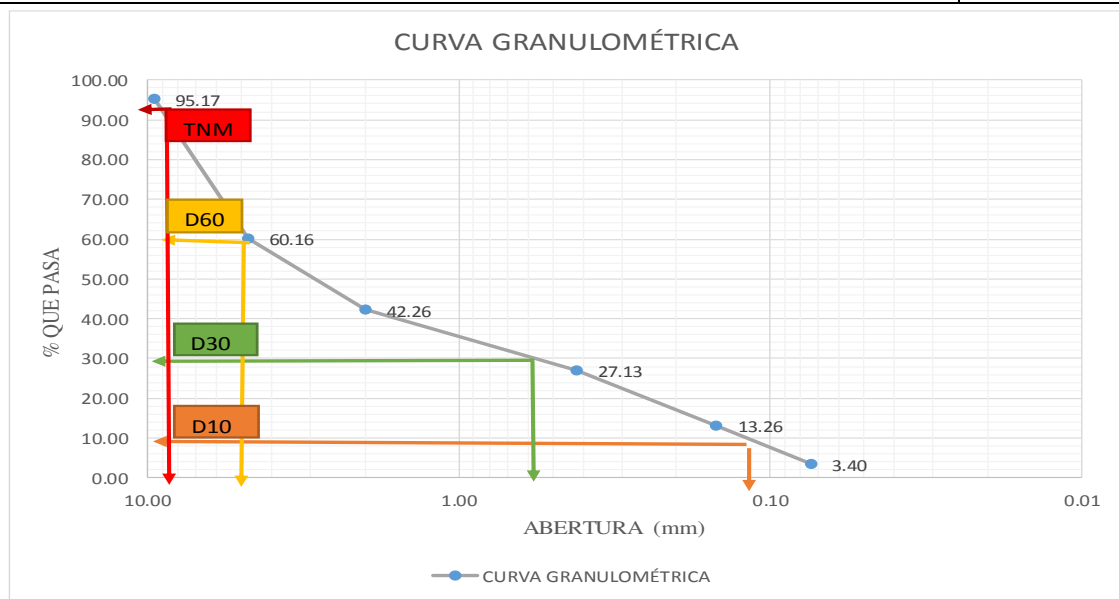
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ABSCISA:	7+600	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN	
NORMAS:	ASSTM D-421-58	AASHTO T-87-70		
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T			
TAMIZ	PESO RETEN. ACUM (GR)	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
2"	0.00	0.00	100.00	50.80
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	38.10
1"	0.00	0.00	100.00	25.40
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
3/8"	338.00	4.83	95.17	9.52
#4	2789.00	39.84	60.16	4.76
FUENTE	4211.00	60.16	-	-
TOTAL	7000.00	-	-	-
#10	564.00	17.90	42.26	2.00
#40	1041.00	33.03	27.13	0.42
#100	1478.00	46.90	13.26	0.15
#200	1789.00	56.76	3.40	0.07
FONDO	107.00	3.40	-	-
TOTAL	1896.00	-	-	-

PARAMETROS DE GRANULOMETRÍA

PESO DEL CUARTEO (gr)	1896.00
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO TNM (mm)	9.52
DIÁMETRO EFECTIVO D10 (mm)	0.11
DIÁMETRO EQUIVALENTE D30 (mm)	0.75
DIAMETRO DIMENSIONAL D60 (mm)	7.00
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu	63.64
COEFICIENTE DE CURVATURA CE	0.73



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-9. Límite Líquido y plástico de la base en el km 4+800.



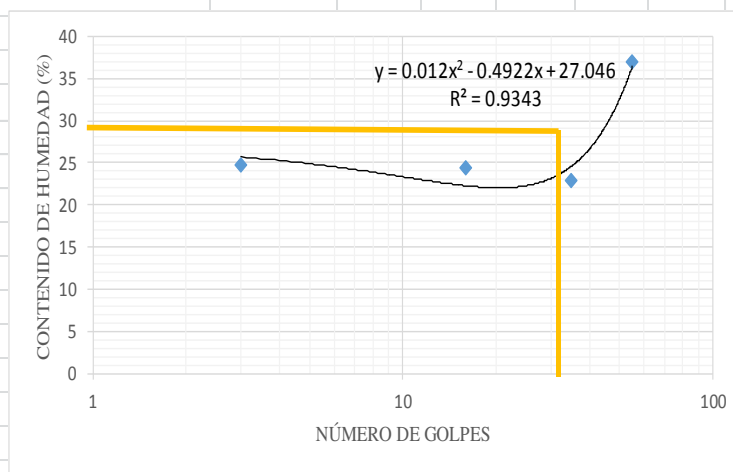
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS



Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.

LÍMITE LÍQUIDO

ABSCISA:	4+800				CAPA	BASE			
NORMAS:	ASSTM D-421-71	AASHTO T-90-70	INEN 691						
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente	12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes	0 - 15		15 -30		30 - 45		45 - 60		
Número de Golpes	3		16		35		55		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	38.20	29.80	38.90	45.10	27.60	38.60	28.30	39.30	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)	32.50	26.30	33.60	38.30	24.60	33.60	25.10	29.90	
Peso Recipiente (gr) WR	10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW	5.70	3.50	5.30	6.80	3.00	5.00	3.20	9.40	
Peso Muestra Seca (gr) WS	22.50	14.50	22.70	26.80	13.30	21.50	13.90	18.50	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100	25.33	24.14	23.35	25.37	22.56	23.26	23.02	50.81	
Promedio Contenido de Humedad %	24.74		24.36		22.91		36.92		
Promedio Límite Líquido LL (%)	28.17								



LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente	3	4	12	13	18
P. M. Húmeda + Recipiente	26.30	17.60	23.90	20.25	23.60
P.M. Seca + Recipiente (Gr)	23.00	16.60	21.00	19.50	21.30
Peso Recipiente (gr) WR	10.60	10.90	10.60	10.60	10.70
Peso del Agua (gr) WW	3.30	1.00	2.90	0.75	2.30
Peso Muestra Seca (gr) WS	7.30	9.90	7.70	9.85	8.40
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%	45.21	10.10	37.66	7.61	27.38
Promedio Límite Plástico LP (%)	25.59				
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)	2.58				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-10. Límite Líquido y plástico de la base en el km 5+800.



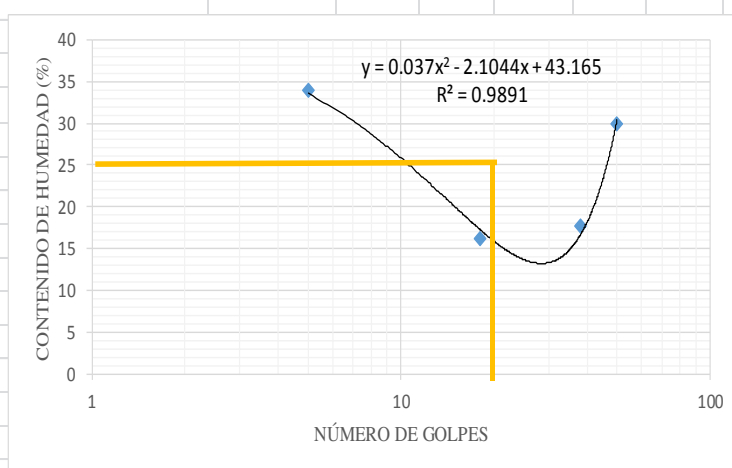
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS



Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.

LÍMITE LÍQUIDO

ABSCISA:	5+800				CAPA	BASE			
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente	12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes	0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes	5		18		38		50		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	36.50	28.90	32.00	42.66	27.56	38.96	29.66	39.00	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)	30.44	24.16	28.66	38.90	25.33	34.60	26.14	31.66	
Peso Recipiente (gr) WR	10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW	6.06	4.74	3.34	3.76	2.23	4.36	3.52	7.34	
Peso Muestra Seca (gr) WS	20.44	12.36	17.76	27.40	14.03	22.50	14.94	20.26	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100	29.65	38.35	18.81	13.72	15.89	19.38	23.56	36.23	
Promedio Contenido de Humedad %	34.00		16.26		17.64		29.89		
Promedio Límite Líquido LL (%)	26.42								



LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente	3	4	12	13	18
P. M. Húmeda + Recipiente	26.30	20.40	23.70	21.50	22.00
P.M. Seca + Recipiente (Gr)	25.00	18.60	22.40	19.60	19.00
Peso Recipiente (gr) WR	10.60	10.90	10.60	10.60	10.70
Peso del Agua (gr) WW	1.30	1.80	1.30	1.90	3.00
Peso Muestra Seca (gr) WS	9.30	9.10	9.30	8.70	7.70
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%	13.98	19.78	13.98	21.84	38.96
Promedio Límite Plastico LP (%)	21.71				
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)	4.71				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-11. Límite Líquido y plástico de la base en el km 6+800.



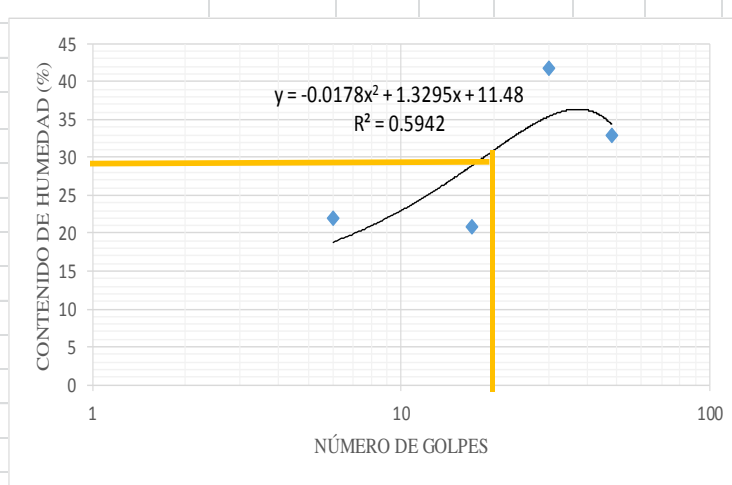
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS



Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.

LÍMITE LÍQUIDO

ABSCISA:	6+800				CAPA	BASE			
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente	12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes	0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes	6		17		30		48		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	36.30	29.10	32.60	38.60	29.60	38.49	30.78	39.66	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)	31.50	26.01	28.63	34.20	23.60	31.69	26.40	32.04	
Peso Recipiente (gr) WR	10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW	4.80	3.09	3.97	4.40	6.00	6.80	4.38	7.62	
Peso Muestra Seca (gr) WS	21.50	14.21	17.73	22.70	12.30	19.59	15.20	20.64	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100	22.33	21.75	22.39	19.38	48.78	34.71	28.82	36.92	
Promedio Contenido de Humedad %	22.04		20.89		41.75		32.87		
Promedio Límite Líquido LL (%)	31.25								



LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente	3	4	12	13	18
P. M. Húmeda + Recipiente	25.90	19.01	26.70	21.66	22.60
P.M. Seca + Recipiente (Gr)	23.60	17.68	21.60	22.30	20.60
Peso Recipiente (gr) WR	10.60	10.90	10.60	10.60	10.70
Peso del Agua (gr) WW	2.30	1.33	5.10	-0.64	2.00
Peso Muestra Seca (gr) WS	8.30	9.57	5.50	11.24	8.70
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%	27.71	13.90	92.73	-5.69	22.99
Promedio Límite Plástico LP (%)	30.33				
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)	0.92				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-12. Límite Líquido y plástico de la base en el km 7+600.



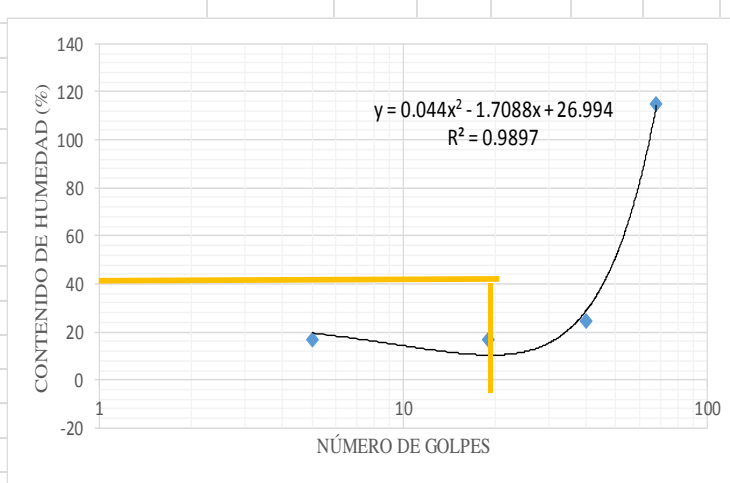
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS



Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.

LÍMITE LÍQUIDO

ABSCISA:	7+600				CAPA	BASE			
NORMAS:	ASSTM D-421-71	AASHTO T-90-70	INEN 691						
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente	12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes	0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes	5		19		40		68		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente	34.68	27.96	31.58	38.63	26.76	37.22	28.66	38.06	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)	32.04	25.14	28.31	35.13	24.88	30.69	24.56	20.30	
Peso Recipiente (gr) WR	10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW	2.64	2.82	3.27	3.50	1.88	6.53	4.10	17.76	
Peso Muestra Seca (gr) WS	22.04	13.34	17.41	23.63	13.58	18.59	13.36	8.90	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100	11.98	21.14	18.78	14.81	13.84	35.13	30.69	199.55	
Promedio Contenido de Humedad %	16.56		16.80		24.49		115.12		
Promedio Límite Líquido LL (%)	21.72								



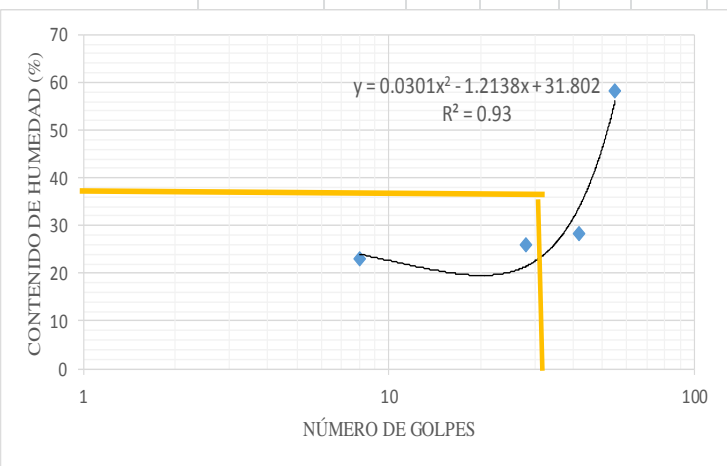


LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente	3	4	12	13	18
P. M. Húmeda + Recipiente	26.11	20.78	23.66	23.60	22.66
P.M. Seca + Recipiente (Gr)	25.63	18.66	20.99	21.66	20.66
Peso Recipiente (gr) WR	10.60	10.90	10.60	10.60	10.70
Peso del Agua (gr) WW	0.48	2.12	2.67	1.94	2.00
Peso Muestra Seca (gr) WS	10.12	8.78	7.93	8.66	8.70
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%	4.74	24.15	33.67	22.40	22.99
Promedio Límite Plastico LP (%)	21.59				
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)	0.13				

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-13. Límite Líquido y plástico del suelo de fundación en el km 4+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS									
Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.									
LÍMITE LÍQUIDO									
ABSCISA:	4+800				CAPA	SUELO DE FUNDACIÓN			
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente		12	23	65	69	71	72	73	74
Golpes		0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60	
Número de Golpes		8		28		42		55	
Peso Muestra Húmeda + Recipiente		29.96	39.78	31.78	32.90	39.60	37.26	31.98	30.90
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)		26.98	33.60	27.99	28.00	33.00	32.00	28.60	21.30
Peso Recipiente (gr) WR		10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40
Peso del Agua (gr) WW		2.98	6.18	3.79	4.90	6.60	5.26	3.38	9.60
Peso Muestra Seca (gr) WS		16.98	21.80	17.09	16.50	21.70	19.90	17.40	9.90
Contenido de Humedad (WW / WS) *100		17.55	28.35	22.18	29.70	30.41	26.43	19.43	96.97
Promedio Contenido de Humedad %		22.95		25.94		28.42		58.20	
Promedio Límite Líquido LL (%)		49.31							
									
LÍMITE PLÁSTICO									
Recipiente		3	4	12	13	18			
P. M. Húmeda + Recipiente		22.90	22.10	22.90	18.90	17.80			
P.M. Seca + Recipiente (Gr)		20.10	20.60	21.00	15.89	14.00			
Peso Recipiente (gr) WR		10.60	10.90	10.60	10.60	10.70			
Peso del Agua (gr) WW		2.80	1.50	1.90	3.01	3.80			
Peso Muestra Seca (gr) WS		7.80	9.40	8.70	7.59	6.90			
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%		35.90	15.96	21.84	39.66	55.07			
Promedio Límite Plastico LP (%)		33.68							
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)		15.63							



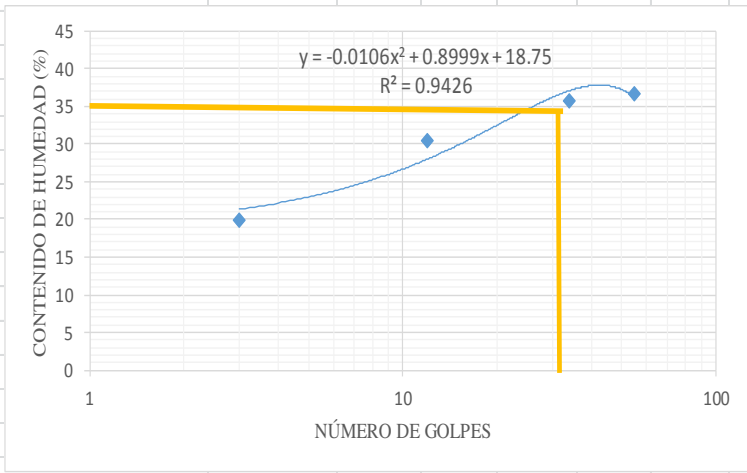
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-14. Límite Líquido y plástico del suelo de fundación en el km 5+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS										
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.										
LÍMITE LÍQUIDO										
ABSCISA:	5+800					CAPA	SUELO DE FUNDACIÓN			
NORMAS:										
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T									
Recipiente		12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes		0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes		3		21		38		54		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente		30.99	38.55	30.10	32.80	38.90	36.98	33.87	32.60	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)		27.60	32.54	26.89	28.60	33.64	31.57	30.60	28.97	
Peso Recipiente (gr) WR		10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW		3.39	6.01	3.21	4.20	5.26	5.41	3.27	3.63	
Peso Muestra Seca (gr) WS		17.60	20.74	15.99	17.10	22.34	19.47	19.40	17.57	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100		19.26	28.98	20.08	24.56	23.55	27.79	16.86	20.66	
Promedio Contenido de Humedad %		24.12		22.32		25.67		18.76		
Promedio Límite Líquido LL (%)		22.46								
LÍMITE PLÁSTICO										
Recipiente		3	4	12	13	18				
P. M. Húmeda + Recipiente		24.50	21.95	22.74	18.90	16.00				
P.M. Seca + Recipiente (Gr)		22.60	19.77	20.60	17.90	14.98				
Peso Recipiente (gr) WR		10.60	10.90	10.60	10.60	10.70				
Peso del Agua (gr) WW		1.90	2.18	2.14	1.00	1.02				
Peso Muestra Seca (gr) WS		8.70	8.72	8.46	9.60	9.68				
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%		21.84	25.00	25.30	10.42	10.54				
Promedio Límite Plastico LP (%)		18.62								
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)		3.84								



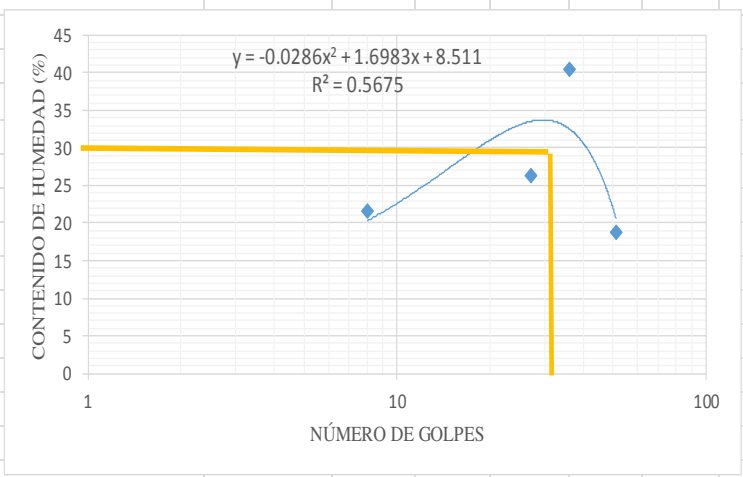
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-15. Límite Líquido y plástico del suelo de fundación en el km 6+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS									
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
LÍMITE LÍQUIDO									
ABSCISA:	6+800				CAPA	SUELO DE FUNDACIÓN			
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
Recipiente		12	23	65	69	71	72	73	74
Golpes		0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60	
Número de Golpes		3		12		34		55	
Peso Muestra Húmeda + Recipiente		33.00	39.66	30.77	33.00	39.12	35.40	33.60	33.90
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)		28.60	35.77	26.12	28.00	32.15	29.00	27.88	27.60
Peso Recipiente (gr) WR		10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40
Peso del Agua (gr) WW		4.40	3.89	4.65	5.00	6.97	6.40	5.72	6.30
Peso Muestra Seca (gr) WS		18.60	23.97	15.22	16.50	20.85	16.90	16.68	16.20
Contenido de Humedad (WW / WS) *100		23.66	16.23	30.55	30.30	33.43	37.87	34.29	38.89
Promedio Contenido de Humedad %		19.94		30.43		35.65		36.59	
Promedio Límite Líquido LL (%)		33.20							
									
LÍMITE PLÁSTICO									
Recipiente		3	4	12	13	18			
P. M. Húmeda + Recipiente		24.50	23.89	26.87	19.02	17.18			
P.M. Seca + Recipiente (Gr)		21.60	22.56	23.46	15.60	16.23			
Peso Recipiente (gr) WR		10.60	10.90	10.60	10.60	10.70			
Peso del Agua (gr) WW		2.90	1.33	3.41	3.42	0.95			
Peso Muestra Seca (gr) WS		7.70	9.57	7.19	7.18	9.75			
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%		37.66	13.90	47.43	47.63	9.74			
Promedio Límite Plastico LP (%)		31.27							
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)		1.93							

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo B-16. Límite Líquido y plástico del suelo de fundación en el km 7+600.



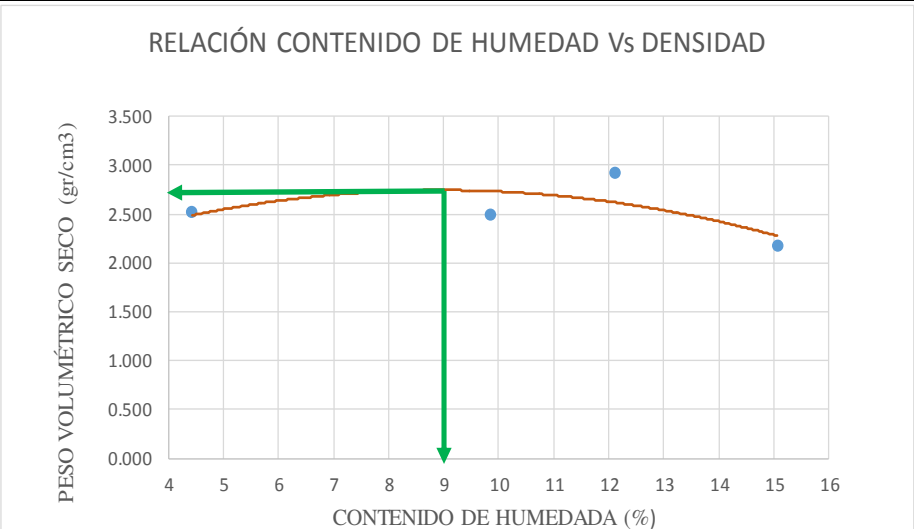
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS										
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.										
LÍMITE LÍQUIDO										
ABSCISA:	7+600					CAPA	SUELO DE FUNDACIÓN			
NORMAS:	ASSTM D-421-71 AASHTO T-90-70 INEN 691									
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T									
Recipiente		12	23	65	69	71	72	73	74	
Golpes		0 – 15		15 -30		30 – 45		45 – 60		
Número de Golpes		8		27		36		51		
Peso Muestra Húmeda + Recipiente		33.11	39.11	31.50	33.96	39.56	37.89	33.50	33.78	
Peso Muestra Seca + Recipiente (Gr)		28.00	35.60	27.80	28.70	32.46	29.60	30.66	29.60	
Peso Recipiente (gr) WR		10.00	11.80	10.90	11.50	11.30	12.10	11.20	11.40	
Peso del Agua (gr) WW		5.11	3.51	3.70	5.26	7.10	8.29	2.84	4.18	
Peso Muestra Seca (gr) WS		18.00	23.80	16.90	17.20	21.16	17.50	19.46	18.20	
Contenido de Humedad (WW / WS) *100		28.39	14.75	21.89	30.58	33.55	47.37	14.59	22.97	
Promedio Contenido de Humedad %		21.57		26.24		40.46		18.78		
Promedio Límite Líquido LL (%)		27.74								
										
LÍMITE PLÁSTICO										
Recipiente		3	4	12	13	18				
P. M. Húmeda + Recipiente		24.11	23.10	23.87	19.01	18.00				
P.M. Seca + Recipiente (Gr)		22.30	19.99	21.60	17.06	17.00				
Peso Recipiente (gr) WR		10.60	10.90	10.60	10.60	10.70				
Peso del Agua (gr) WW		1.81	3.11	2.27	1.95	1.00				
Peso Muestra Seca (gr) WS		8.79	7.79	8.33	8.65	9.70				
Contenido de Humedad (WW / WS) *100%		20.59	39.92	27.25	22.54	10.31				
Promedio Límite Plástico LP (%)		24.12								
ÍNDICE PLÁSTICO LL-LP (%)		3.62								

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

ANEXO C



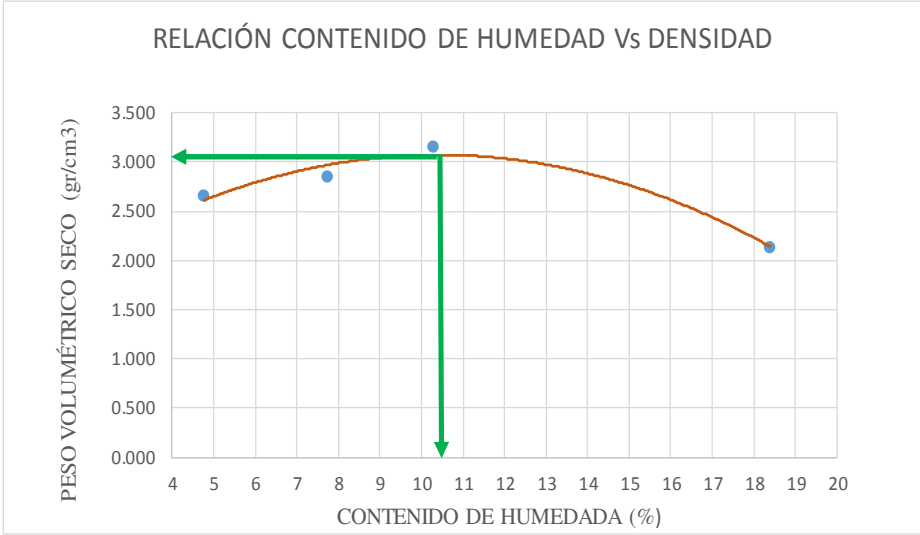
PRÓCTOR MODIFICADO Y CBR.

Anexo C-1. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 4+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO								
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>								
PROCTOR MODIFICADO D								
ABSCISA:	4+800	CAPA:	BASE					
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
NORMA:	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"					
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb					
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000					
			PESO DEL MOLDE 15540 gr					
			VOLUMEN MOLDE 2358.67 cm ³					
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
ENSAYO NÚMERO	1	2	3					
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%					
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	21750.00	22000.00	23250.00					
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	6210.00	6460.00	7710.00					
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	2.633	2.740	3.270					
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD								
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67					
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80					
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	115.00	116.75	108.11					
REC + SUELO SECO WS+WM	112.08	112.45	102.36					
PESO SOLIDO WS	81.48	81.75	71.56					
PESO DEL AGUA WW	2.92	4.30	5.75					
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	3.58	5.26	8.04					
			56					
			32					
			35					
			51					
			60					
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80	30.60	26.40	24.80	30.80	30.70
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	115.00	116.75	108.11	99.86	119.36	114.75	121.47	119.78
REC + SUELO SECO WS+WM	112.08	112.45	102.36	92.63	110.65	103.78	109.24	108.47
PESO SOLIDO WS	81.48	81.75	71.56	62.03	84.25	78.98	78.44	77.77
PESO DEL AGUA WW	2.92	4.30	5.75	7.23	8.71	10.97	12.23	11.31
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	3.58	5.26	8.04	11.66	10.34	13.89	15.59	14.54
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	4.42		9.85		12.11		15.07	
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	2.522		2.494		2.917		2.181	
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	2.750							
HUMEDAD OPTIMA	9.00%							
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;">PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm³)</p> <p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</p>								



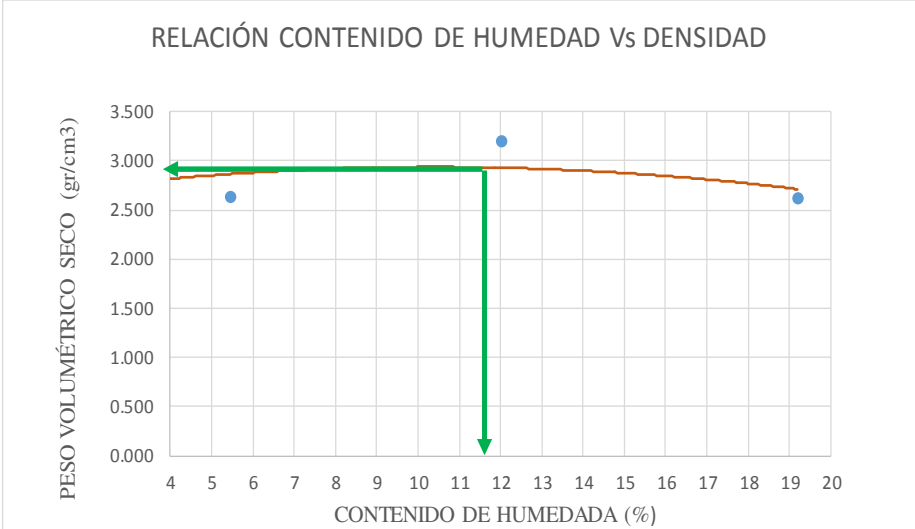
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-2. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 5+800.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO						
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>								
PROCTOR MODIFICADO D								
ABSCISA:	5+800	CAPA:	BASE					
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
NORMA:	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"	PESO DEL MOLDE	15540 gr			
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb	VOLUMEN MOLDE	2358.67 cm ³			
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000	6000				
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
ENSAYO NÚMERO	1	2	3	4				
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%	12.00%				
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	22100.00	22780.00	23750.00	21500.00				
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	6560.00	7240.00	8210.00	5960.00				
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	2.781	3.070	3.480	2.530				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD								
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67	56	32	35	51	60
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80	30.60	26.40	24.80	30.80	30.70
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	115.78	116.78	109.78	97.86	115.47	113.54	120.46	124.89
REC + SUELO SECO WS+WM	111.23	113.56	100.84	96.11	109.84	102.78	107.33	109.45
PESO SOLIDO WS	80.63	82.86	70.04	65.51	83.44	77.98	76.53	78.75
PESO DEL AGUA WW	4.55	3.22	8.94	1.75	5.63	10.76	13.13	15.44
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	5.64	3.89	12.76	2.67	6.75	13.80	17.16	19.61
V.CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	4.76		7.72		10.27		18.38	
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	2.655		2.850		3.156		2.137	
DENSIDAD MÁXIMA Gmax						3.050		
HUMEDAD OPTIMA						10.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								



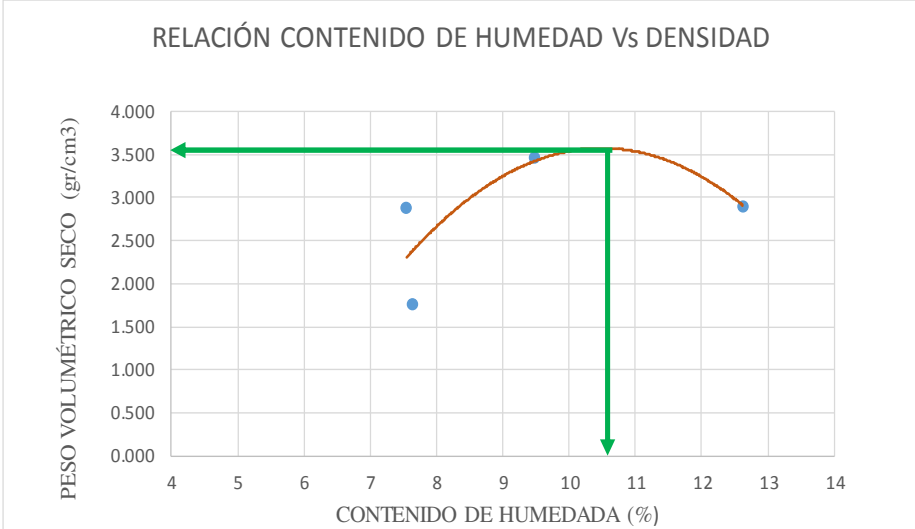
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-3. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 6+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	6+800	CAPA:	BASE
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
PESO DEL MOLDE	15540	gr	
VOLUMEN MOLDE	2358.67	cm ³	
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	22100.00	22900.00	24000.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	6560.00	7360.00	8460.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	2.781	3.120	3.590
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	111.63	117.80	110.55
REC + SUELO SECO WS+WM	108.04	112.65	101.64
PESO SOLIDO WS	77.44	81.95	70.84
PESO DEL AGUA WW	3.59	5.15	8.91
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)* 100	4.64	6.28	12.58
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	2.637	2.617	2.617
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	2.800		
HUMEDAD OPTIMA	11.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> 			



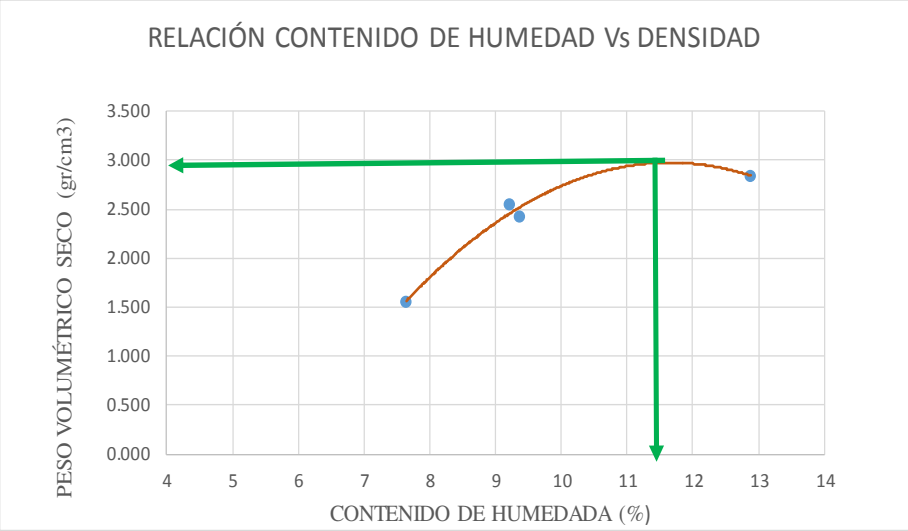
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-4. Contenido de humedad óptimo de la base en el km 7+600.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	7+600	CAPA:	BASE
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
PESO DEL MOLDE	15540	gr	
VOLUMEN MOLDE	2358.67	cm3	
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	20000.00	22850.00	23250.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	4460.00	7310.00	7710.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm3)	1.891	3.100	3.270
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	105.63	113.54	110.69
REC + SUELO SECO WS+WM	100.40	107.56	104.52
PESO SOLIDO WS	69.80	76.86	73.72
PESO DEL AGUA WW	5.23	5.98	6.17
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	7.49	7.78	8.37
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm3)	1.757	2.883	2.903
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	3.500		
HUMEDAD OPTIMA	10.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> 			



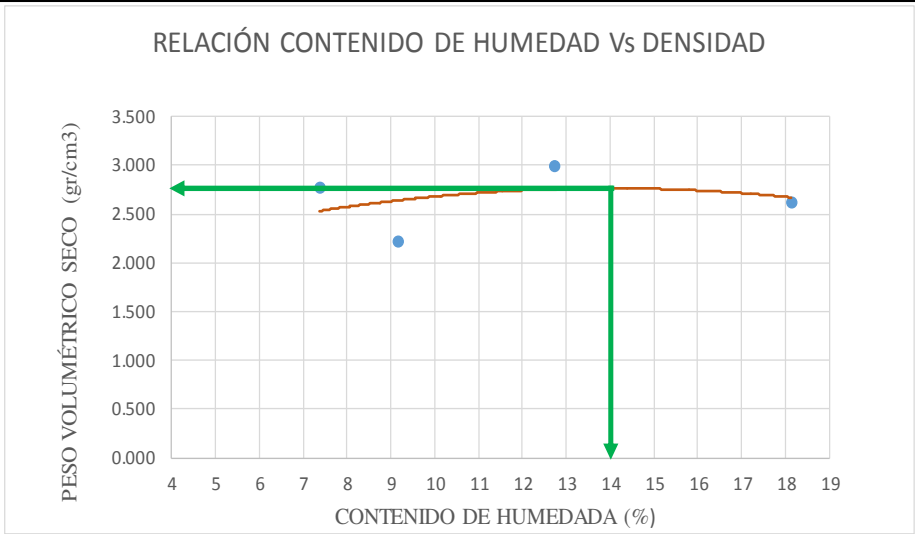
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-5. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 4+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	4+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACION
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
			PESO DEL MOLDE
			15540
			gr
			VOLUMEN MOLDE
			2358.67
			cm ³
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	19500.00	21800.00	22100.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	3960.00	6260.00	6560.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	1.679	2.650	2.780
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
	56	32	35
	51	60	
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
	30.60	26.40	24.80
	30.80	30.80	30.70
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	98.20	107.45	99.75
	129.87	106.99	101.78
	104.12	104.12	110.45
REC + SUELO SECO WS+WM	94.00	101.33	94.36
	120.66	99.87	95.60
	95.78	95.78	101.33
PESO SOLIDO WS	63.40	70.63	63.56
	90.06	73.47	70.80
	64.98	64.98	70.63
PESO DEL AGUA WW	4.20	6.12	5.39
	9.21	7.12	6.18
	8.34	8.34	9.12
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	6.62	8.66	8.48
	10.23	9.69	8.73
	12.83	12.83	12.91
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	7.64	9.35	9.21
			12.87
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	1.560	2.423	2.546
			2.844
DENSIDAD MÁXIMA G _{max}	1.650		
HUMEDAD OPTIMA	10.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			



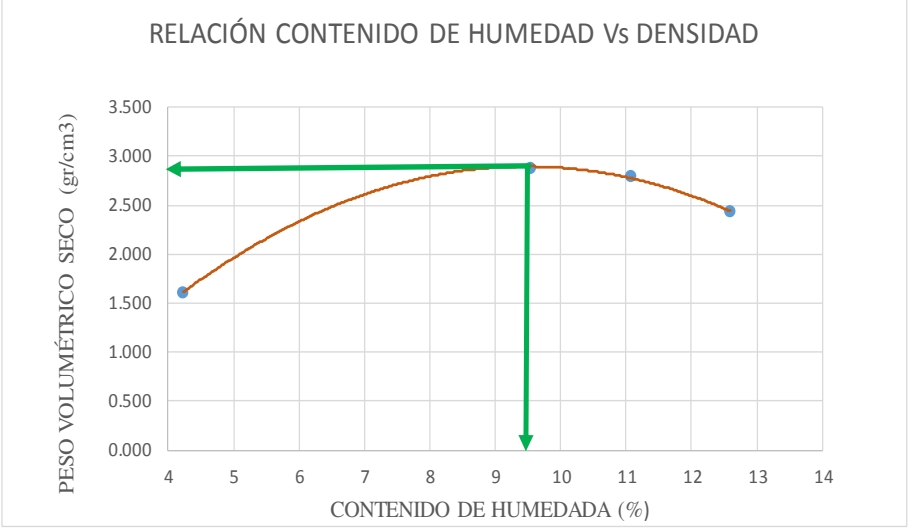
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-6. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 5+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	5+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACION
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
PESO DEL MOLDE	15540	gr	
VOLUMEN MOLDE	2358.67	cm ³	
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	21250.00	22550.00	23500.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	5710.00	7010.00	7960.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	2.421	2.970	3.370
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	100.10	109.63	98.22
REC + SUELO SECO WS+WM	94.63	102.60	93.66
PESO SOLIDO WS	64.03	71.90	62.86
PESO DEL AGUA WW	5.47	7.03	4.56
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	8.54	9.78	7.25
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	9.16	7.37	12.74
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	2.218	2.766	2.989
DENSIDAD MÁXIMA G _{max}	2.750		
HUMEDAD OPTIMA	14.00%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			



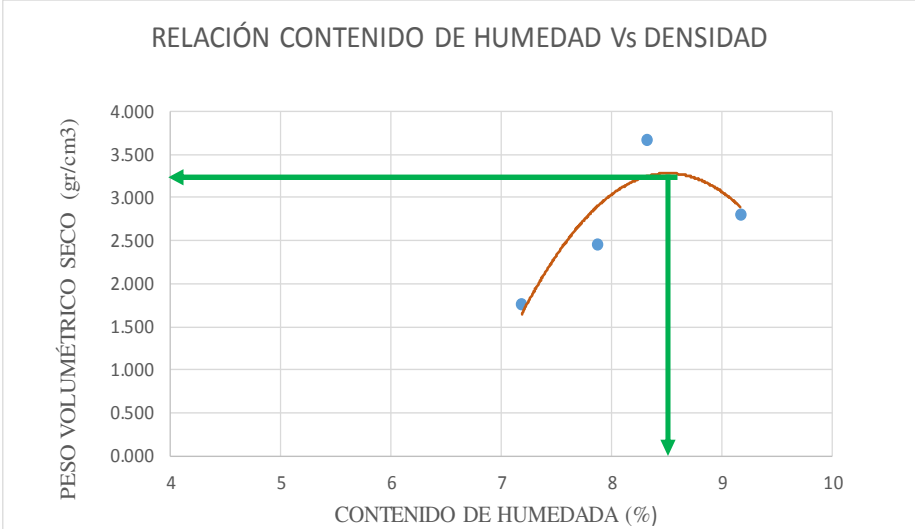
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-7. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 6+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	6+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACION
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
			PESO DEL MOLDE 15540 gr
			VOLUMEN MOLDE 2358.67 cm3
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	19500.00	22000.00	22850.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	3960.00	6460.00	7310.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm3)	1.679	2.740	3.100
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	100.21	106.33	106.87
REC + SUELO SECO WS+WM	98.63	101.96	94.55
PESO SOLIDO WS	68.03	71.26	63.75
PESO DEL AGUA WW	1.58	4.37	12.32
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	2.32	6.13	19.33
			5.85
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	4.23	12.59	11.07
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm3)	1.611	2.434	2.791
			2.885
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	2.750		
HUMEDAD OPTIMA	9.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> 			

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-8. Contenido de humedad óptimo del suelo de fundación en el km 7+600.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIO			
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Pate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>			
PROCTOR MODIFICADO D			
ABSCISA:	7+600	CAPA:	SUELO DE FUNDACION
ENSAYADO POR:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T		
NORMA:	AASHTO T-180		
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
NÚMERO DE GOLPES	56	ALTURA DE CAÍDA	18"
NÚMERO DE CAPAS	5	PESO DEL MARTILLO	10 lb
PESO INICIAL DESEADO	6000	6000	6000
PESO DEL MOLDE	15540	gr	
VOLUMEN MOLDE	2358.67	cm ³	
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
ENSAYO NÚMERO	1	2	3
HUMEDAD INICIAL AÑADIDA EN %	3.00%	6.00%	9.00%
P. MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	20000.00	21800.00	22750.00
PESO SUELO HÚMEDO WM (gr)	4460.00	6260.00	7210.00
PESO UNITARIO HÚMEDO GM (gr/cm ³)	1.891	2.650	3.060
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO HUMEDAD			
RECIPIENTE NÚMERO	55	60	67
PESO DEL RECIPIENTE WR	30.60	30.70	30.80
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	101.63	106.33	99.87
REC + SUELO SECO WS+WM	97.50	100.60	95.00
PESO SOLIDO WS	66.90	69.90	64.20
PESO DEL AGUA WW	4.13	5.73	4.87
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)* 100	6.17	8.20	7.59
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD (gr/cm ³)	1.764	2.456	2.803
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	7.19	7.88	9.17
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	3.500		
HUMEDAD OPTIMA	8.50%		
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA DESIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Vs DENSIDAD</p> 			

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-9. CBR y penetración de la base en el km 4+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABCISA:	4+800			CAPA:	BASE				
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS		UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES				
PESO DEL MOLDE + SUELO		gr	18000.00	19000.00	21000.00				
PESO DEL MOLDE		gr	13500.00	14500.00	16800.00				
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM		gr	4500.00	4500.00	4200.00				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO		cm	15.30	15.30	15.30				
ALTURA		cm	12.60	12.60	12.60				
VOLUMEN DE MASA		cm ³	2316.49	2316.49	2316.49				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO			50	29	86	81	40	89	
PESO DEL RECIPIENTE WR		gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30	
REC + SUELO HUMEDO WR+WM		gr	85.70	62.30	152.89	178.30	89.50	132.20	
REC + SUELO SECO WS+WM		gr	78.60	57.50	128.50	130.50	79.50	130.40	
PESO SOLIDO WS		gr	47.60	30.90	97.30	99.80	55.40	99.10	
PESO DEL AGUA WW		gr	7.10	4.80	24.39	47.80	10.00	1.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100		%	14.92	15.53	25.07	47.90	18.05	1.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%		%	15.22			36.48		9.93	
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD		(gr/cm ³)	1.943			1.943		1.813	
DENSIDAD MÁXIMA Gmax		(gr/cm ³)	1.69			1.42		1.65	
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Número de Golpes	56			27			11		
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	151	56.000		259	45.000		107	89.000	
50	214	158.000		425	78.000		218	112.000	
75	287	214.000		478	154.000		284	225.000	
100	345	331.500	33.15	598	289.000	28.90	367	332.000	33.20
150	1456	458.000		612	487.000		398	458.000	
200	1975	548.000	54.800	789	587.000	58.700	478	546.000	54.600
250	2003	647.000		854	678.000		569	799.000	
300	2364	789.000		893	789.000		610	899.000	
400	2789	981.000		978	889.000		657	975.000	
500	3014	1052.000		1020	1542.000		986	1348.000	

CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

CBR VS DENSIDADES

Gmax gr/cm ³	1.69
95% Gmax gr/cm ³	1.61
CBR	32.00%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-10. CBR y penetración de la base en el km 5+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	5+800			CAPA:	BASE				
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS		UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES				
PESO DEL MOLDE + SUELO		gr	19500.00	19890.00	21750.00				
PESO DEL MOLDE		gr	13500.00	14500.00	16800.00				
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM		gr	6000.00	5390.00	4950.00				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO		cm	15.30	15.30	15.30				
ALTURA		cm	12.60	12.60	12.60				
VOLUMEN DE MASA		cm ³	2316.49	2316.49	2316.49				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO			50	29	86	81	40	89	
PESO DEL RECIPIENTE WR		gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30	
REC + SUELO HUMEDO WR+WM		gr	84.63	63.41	154.60	172.30	88.40	65.70	
REC + SUELO SECO WS+WM		gr	71.22	57.80	132.40	133.47	79.30	50.10	
PESO SOLIDO WS		gr	40.22	31.20	101.20	102.77	55.20	18.80	
PESO DEL AGUA WW		gr	13.41	5.61	22.20	38.83	9.10	15.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100		%	33.34	17.98	21.94	37.78	16.49	82.98	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%		%	25.66		29.86		49.73		
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD		(gr/cm ³)	2.590		2.327		2.137		
DENSIDAD MÁXIMA Gmax		(gr/cm ³)	2.06		1.79		1.43		
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Número de Golpes		56			27			11	
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	369	89.000		298	83.000		178	68.000	
50	487	105.000		347	97.000		264	97.000	
75	658	155.000		387	164.000		321	147.000	
100	1123	267.000	26.70	542	281.000	28.10	433	291.000	29.10
150	1254	355.000		824	358.000		571	347.000	
200	1654	478.000	47.800	978	487.000	48.700	678	448.000	44.800
250	2487	687.000		1021	597.000		699	578.000	
300	3644	789.000		1236	789.000		701	798.000	
400	3977	847.000		1569	975.000		812	978.000	
500	4869	973.000		1789	1025.000		916	1254.000	

CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

CBR VS DENSIDADES

Gmax gr/cm ³	2.06
95% Gmax gr/cm ³	1.96
CBR	27.20%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-11. CBR y penetración de la base en el km 6+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	6+800		CAPA: BASE						
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES		27 GOLPES		11 GOLPES			
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	18200.00		19000.00		19750.00			
PESO DEL MOLDE	gr	13500.00		14500.00		16800.00			
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	4700.00		4500.00		2950.00			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO	cm	15.30		15.30		15.30			
ALTURA	cm	12.60		12.60		12.60			
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49		2316.49		2316.49			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81	40	89		
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30		
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	85.63	63.21	154.00	172.60	80.96	156.23		
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	78.00	58.96	132.56	136.40	78.50	150.00		
PESO SOLIDO WS	gr	47.00	32.36	101.36	105.70	54.40	118.70		
PESO DEL AGUA WW	gr	7.63	4.25	21.44	36.20	2.46	6.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	16.23	13.13	21.15	34.25	4.52	5.25		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	%	14.68		27.70		4.89			
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.029		1.943		1.273			
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	(gr/cm ³)	1.77		1.52		1.21			
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Número de Golpes	56			27			11		
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	364	98.000		265	36.000		101	47.000	
50	528	124.000		397	98.000		247	189.000	
75	678	247.000		421	147.000		297	247.000	
100	1012	301.000	30.10	698	295.000	29.50	365	319.000	31.90
150	1598	457.000		789	378.000		398	479.000	
200	1896	578.000	57.800	895	579.000	57.900	415	577.000	57.700
250	2047	879.000		911	705.000		671	678.000	
300	2365	978.000		978	879.000		752	879.000	
400	3487	1047.000		1065	978.000		863	932.000	
500	5046	1247.000		2478	1078.000		945	1347.000	

CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

CBR VS DENSIDADES

Gmax gr/cm ³	1.77
95% Gmax gr/cm ³	1.68
CBR	30.10%

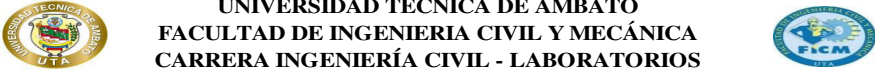
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-12. CBR y penetración de la base en el km 7+600.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS						
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.										
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION										
ABSCISA:	7+600			CAPA:	BASE					
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73									
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T									
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA										
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES						
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	19800.00	22000.00	22500.00						
PESO DEL MOLDE	gr	13500.00	14500.00	16800.00						
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	6300.00	7500.00	5700.00						
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE										
DIÁMETRO	cm	15.30	15.30	15.30						
ALTURA	cm	12.60	12.60	12.60						
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49	2316.49	2316.49						
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81	40	89			
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30			
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	86.50	60.20	163.40	158.30	85.90	126.30			
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	74.60	57.00	128.90	121.40	69.33	120.50			
PESO SOLIDO WS	gr	43.60	30.40	97.70	90.70	45.23	89.20			
PESO DEL AGUA WW	gr	11.90	3.20	34.50	36.90	16.57	5.80			
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	27.29	10.53	35.31	40.68	36.63	6.50			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	%	18.91		38.00		21.57				
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.720		3.238		2.461				
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	(gr/cm ³)	2.29		2.35		2.02				
DETERMINACIÓN DEL CBR										
Número de Golpes	56			27			11			
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000		
25	369	57.000		365	43.000		147	98.000		
50	587	178.000		397	111.000		236	127.000		
75	879	288.000		458	247.000		364	268.000		
100	1254	311.000	31.10	657	304.000	30.40	478	327.000	32.70	
150	1458	457.000		879	433.000		569	487.000		
200	1658	679.000	67.900	932	579.000	57.900	789	679.000	67.900	
250	2014	789.000		1054	679.000		845	879.000		
300	2997	978.000		1365	798.000		898	978.000		
400	3548	1014.000		1487	879.000		951	1066.000		
500	4159	1278.000		2147	1058.000		1236	1207.000		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CBR VS DENSIDADES</p> </div> </div>										
						Gmax gr/cm³	2.37			
						95% Gmax gr/cm³	2.25			
						CBR	31.20%			

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo C-13. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 4+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS						
										
Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.										
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION										
ABSCISA:	4+800			CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN					
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73									
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T									
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA										
DATOS		UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES					
PESO DEL MOLDE + SUELO		gr	18750.00	21500.00	19780.00					
PESO DEL MOLDE		gr	14100.00	14807.00	15500.00					
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM		gr	4650.00	6693.00	4280.00					
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE										
DIÁMETRO		cm	15.30	15.30	15.30					
ALTURA		cm	12.60	12.60	12.60					
VOLUMEN DE MASA		cm ³	2316.49	2316.49	2316.49					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE NÚMERO			50	29	86	81	40	89		
PESO DEL RECIPIENTE WR		gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30		
REC + SUELO HUMEDO WR+WM		gr	97.30	89.30	166.77	178.60	110.50	57.22		
REC + SUELO SECO WS+WM		gr	94.60	86.66	122.30	132.50	99.36	50.99		
PESO SOLIDO WS		gr	63.60	60.06	91.10	101.80	75.26	19.69		
PESO DEL AGUA WW		gr	2.70	2.64	44.47	46.10	11.14	6.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100		%	4.25	4.40	48.81	45.28	14.80	31.64		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%		%	4.32		47.05		23.22			
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD		(gr/cm ³)	2.007		2.889		1.848			
DENSIDAD MÁXIMA Gmax		(gr/cm ³)	1.92		1.96		1.50			
DETERMINACIÓN DEL CBR										
Área de pistón		3.04	plg ²							
Número de Golpes		56			27			11		
Penetración		Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)		lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0		0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25		302	32.678		125	13.526		257	27.809	
50		578	62.543		254	27.484		459	49.667	
75		678	73.364		458	49.559		789	85.375	
100		987	106.800	10.68	759	82.129	8.21	821	88.837	8.88
150		1265	136.881		874	94.572		978	105.826	
200		1578	170.750	17.075	954	103.229	10.323	1036	112.102	11.210
250		1896	205.159		987	106.800		1265	136.881	
300		2489	269.326		1036	112.102		1368	148.026	
400		2987	323.212		1147	124.113		1487	160.903	
500		3058	330.895		1369	148.135		1697	183.626	

Gmax gr/cm ³	1.96
95% Gmax gr/cm ³	1.86
CBR	10.50%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-14. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 5+800.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS									
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	5+800	CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN						
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES					
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	19250.00	21750.00	20250.00					
PESO DEL MOLDE	gr	14100.00	14807.00	15500.00					
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	5150.00	6943.00	4750.00					
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO	cm	15.30	15.30	15.30					
ALTURA	cm	12.60	12.60	12.60					
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49	2316.49	2316.49					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81	40	89		
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30		
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	99.60	89.60	178.00	177.60	114.50	135.60		
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	87.30	87.30	155.40	122.44	105.30	133.20		
PESO SOLIDO WS	gr	56.30	60.70	124.20	91.74	81.20	101.90		
PESO DEL AGUA WW	gr	12.30	2.30	22.60	55.16	9.20	2.40		
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	21.85	3.79	18.20	60.13	11.33	2.36		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	%	12.82		39.16		6.84			
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.223		2.997		2.051			
DENSIDAD MÁXIMA G _{max}	(gr/cm ³)	1.97		2.15		1.92			
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Área de pistón	3.04	plg ²							
Número de Golpes	56			27			11		
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	245	26.511		365	39.495		425	45.988	
50	547	59.189		487	52.697		512	55.402	
75	977	105.718		546	59.081		647	70.010	
100	1254	135.691	13.57	678	73.364	7.34	789	85.375	8.54
150	1457	157.657		789	85.375		947	102.471	
200	1678	181.570	18.157	812	87.864	8.786	1258	136.124	13.612
250	1984	214.681		978	105.826		1369	148.135	
300	2364	255.800		999	108.098		1569	169.776	
400	3698	400.147		1215	131.471		1789	193.581	
500	4563	493.746		1547	167.395		2016	218.144	

CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

CBR VS DENSIDADES

G _{max} gr/cm ³	2.15
95% G _{max} gr/cm ³	2.04
CBR	8.50%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-15. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 6+800.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
<i>Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	6+800			CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN				
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES		27 GOLPES		11 GOLPES			
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	19750.00		21850.00		22000.00			
PESO DEL MOLDE	gr	14100.00		14807.00		15500.00			
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	5650.00		7043.00		6500.00			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO	cm	15.30		15.30		15.30			
ALTURA	cm	12.60		12.60		12.60			
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49		2316.49		2316.49			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81	40	89		
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30		
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	154.90	158.79	114.89	146.78	124.60	145.60		
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	148.60	136.40	105.60	133.20	115.20	135.70		
PESO SOLIDO WS	gr	117.60	109.80	74.40	102.50	91.10	104.40		
PESO DEL AGUA WW	gr	6.30	22.39	9.29	13.58	9.40	9.90		
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	5.36	20.39	12.49	13.25	10.32	9.48		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	%	12.87		12.87		9.90			
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.439		3.040		2.806			
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	(gr/cm ³)	2.16		2.69		2.55			
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Área de pistón	3.04	plg ²							
Número de Golpes	56			27		11			
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	821	88.837		198	21.425		324	35.059	
50	1264	136.773		384	41.551		597	64.599	
75	1789	193.581		426	46.096		698	75.528	
100	2548	275.710	27.57	587	63.517	6.35	897	97.061	9.71
150	3697	400.039		697	75.420		1245	134.717	
200	4978	538.651	53.865	915	99.009	9.901	1547	167.395	16.740
250	5789	626.407		1967	212.842		2654	287.180	
300	5554	600.978		4578	495.369		3697	400.039	
400	6974	754.631		6977	754.956		4125	446.351	
500	8961	969.637		9785	1058.799		4789	518.200	

CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

CBR VS DENSIDADES

Gmax gr/cm ³	2.69
95% Gmax gr/cm ³	2.56
CBR	11.00%

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo C-16. CBR y penetración del suelo de fundación en el km 7+600.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERÍA CIVIL - LABORATORIOS					
<i>Implementacion del proceso de conservacion de la estructura de la capa de rodadura de la via Patate - Pillaro en el Tramo 2 en el Km 3+800 al Km 7+600 de la Provincia de Tungurahua.</i>									
ENSAYO DE CARGA VS PENETRACION									
ABSCISA:	7+600			CAPA:	SUELO DE FUNDACIÓN				
NORMAS:	AASHTO T-99 ASTM D-1883-73								
REALIZO:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T								
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD HUMEDAD DE LA MUESTRA									
DATOS	UNIDAD	56 GOLPES	27 GOLPES	11 GOLPES					
PESO DEL MOLDE + SUELO	gr	21000.00	22850.00	21500.00					
PESO DEL MOLDE	gr	14100.00	14807.00	15500.00					
PESO DE LA MASA DEL SUELO WM	gr	6900.00	8043.00	6000.00					
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE									
DIÁMETRO	cm	15.30	15.30	15.30					
ALTURA	cm	12.60	12.60	12.60					
VOLUMEN DE MASA	cm ³	2316.49	2316.49	2316.49					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
RECIPIENTE NÚMERO		50	29	86	81	40	89		
PESO DEL RECIPIENTE WR	gr	31.00	26.60	31.20	30.70	24.10	31.30		
REC + SUELO HUMEDO WR+WM	gr	125.60	154.78	114.09	97.63	157.60	163.50		
REC + SUELO SECO WS+WM	gr	115.30	142.60	104.60	75.20	147.50	147.80		
PESO SOLIDO WS	gr	84.30	116.00	73.40	44.50	123.40	116.50		
PESO DEL AGUA WW	gr	10.30	12.18	9.49	22.43	10.10	15.70		
CONTENIDO DE HUMEDAD(WW/WS)*100	%	12.22	10.50	12.93	50.40	8.18	13.48		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROM W%	%	11.36		31.67		10.83			
PESO VOLUMÉTRICO SECO GD	(gr/cm ³)	2.979		3.472		2.590			
DENSIDAD MÁXIMA Gmax	(gr/cm ³)	2.67		2.64		2.34			
DETERMINACIÓN DEL CBR									
Área de pistón	3.04	plg ²							
Número de Golpes	56			27			11		
Penetración	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR	Carga	Esfuerzo	CBR
(plg-3)	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%	lb	lb/plg²	%
0	0	0.000		0	0.000		0	0.000	
25	958	103.662		247	26.727		378	40.902	
50	1364	147.593		269	29.108		459	49.667	
75	1987	215.006		415	44.906		578	62.543	
100	2597	281.012	28.10	569	61.569	6.16	987	106.800	10.68
150	3478	376.342		789	85.375		1247	134.933	
200	4963	537.028	53.703	974	105.393	10.539	1569	169.776	16.978
250	5578	603.575		2485	268.893		2364	255.800	
300	8792	951.350		6789	734.613		3987	431.419	
400	9478	1025.580		7895	854.289		4257	460.635	
500	9978	1079.683		9785	1058.799		5478	592.755	



Gmax gr/cm ³	2.67
95% Gmax gr/cm ³	2.54
CBR	14.00%

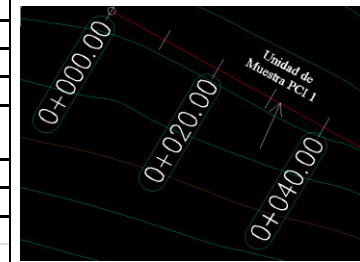
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

ANEXO D

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.



Anexo D-1. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 1

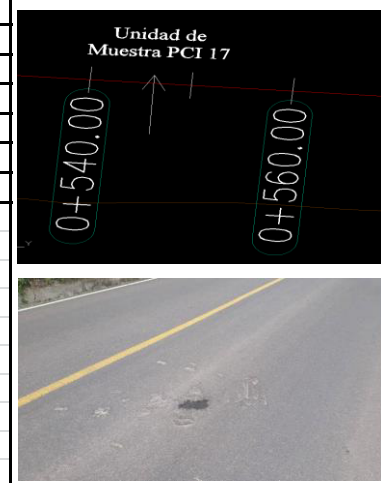
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluated por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la muestra (m²):	243	Unidad de muestra:			1			
Abscisa inicial:	km 3 + 832	Abscisa final			km 3 + 864			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m ²)				11. Parcheo (m ²)				
2. Exudación (m ²)				12. Pulimiento de agregado (m ²)				
3. Agrietamiento en bloque (m ²)				13. Huecos o baches (mm)				
4. Abultamientos y hundimientos (m ²)				14. Cruce de vía férrea (m ²)				
5. Corrugación (m ²)				15. Ahuellamiento (m ²)				
6. Depresión (m ²)				16. Desplazamiento (m ²)				
7. Grietas de borde (m)				17. Grietas parabólicas (m ²)				
8. Grieta de reflexión de junta (m)				18. Hinchamiento (m ²)				
9. Desnivel carril/berma (m)				19. Desprendimiento de agregados (m ²)				
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
4	M	0.84				0.84	0.35	8
10	A	0.75	3.2	4.5		8.45	3.48	20.00
Número de deducidos > 2(q):						2.00	Total VD:	28.00
Valor deducido más alto (HDVi):						20.00		
Número admisible de deducidos (mi):						8.16		
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos				Total	q	CVD	
1	20	8			28	2	20	
2	20	2			22	1	26	
						Máx CDV:	26	
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=74								



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.




Anexo D-2. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 17

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:				1		
Área de la	243	Unidad de muestra:				17		
Abscisa inicial:	km 4 + 344	Abscisa final				km 4 + 376		
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)					
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)					
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)					
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)					
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)					
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)					
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)					
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)					
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)					
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
2	M	1.2	2.3			2.76	1.14	4
13	A		0.45			0.45	0.19	23.00
19	M	1	0.8			0.8	0.33	8
Número de deducidos > 2(q):					3.00	Total VD:		35.00
Valor deducido más alto (HDVi):					23.00			
Número admisible de deducidos (mi):					7.89			
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos				Total	q	CVD	
1	23	8	4		35	3	22	
2	23	8	2		33	2	24	
3	23	2	2		27	1	34	
						Máx CDV:	34	
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=66								





Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo D-3. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 25

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
		Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la muestra:	243	Unidad de muestra:			25			
Abscisa inicial:	km 4 + 600	Abscisa final:			km 4 + 632			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)	11. Parcheo (m2)							
2. Exudación (m2)	12. Pulimiento de agregado (m2)							
3. Agrietamiento en bloque (m2)	13. Huecos o baches (mm)							
4. Abultamientos y hundimientos (m2)	14. Cruce de vía férrea (m2)							
5. Corrugación (m2)	15. Ahuellamiento (m2)							
6. Depresión (m2)	16. Desplazamiento (m2)							
7. Grietas de borde (m)	17. Grietas parabólicas (m2)							
8. Grieta de reflexión de junta (m)	18. Hinchamiento (m2)							
9. Desnivel carril/berma (m)	19. Desprendimiento de agregados (m2)							
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	0.48				0.48	0.20	11
10	A	0.6	8.2	2.1		10.9	4.49	22.00
Número de deducidos > 2(q):						2.00	Total VD:	33.00
Valor deducido más alto (HDVi):						22.00		
Número admisible de deducidos (mí):						7.98		
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos				Total	q	CVD	
1	22	11			33	2	26	
2	22	2			24	1	22	
						Máx CDV:	26	
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=74								

Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo D-4. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 33

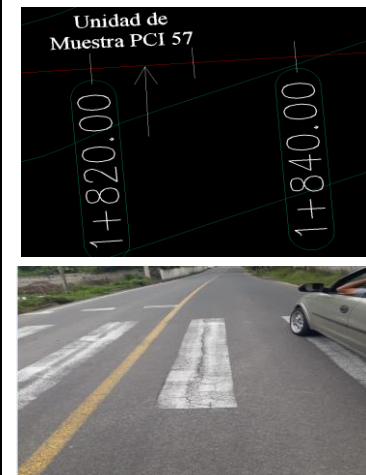
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la	243	Unidad de muestra:			33			
Abscisa inicial:	km 4 + 856	Abscisa final			km 4 + 888			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)					
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)					
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)					
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)					
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)					
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)					
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)					
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)					
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)					
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M		0.90			0.9	0.37	14.00
4	A		13.02			13.02	5.36	31.00
7	M		1.8			1.8	0.74	5.00
10	M		0.8			0.8	0.33	12.00
Número de deducidos > 2(q):					4.00		Total VD:	62.00
Valor deducido más alto (HDVi):					31.00			
Número admisible de deducidos (mi):					7.06			
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos					Total	q	CVD
1	31	14	12	5		62	4	34
2	31	14	12	2		59	3	38
3	31	14	2	2		49	2	37
4	31	2	2	2		37	1	38
						Máx CDV:		38
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=62								



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo D-5. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 57

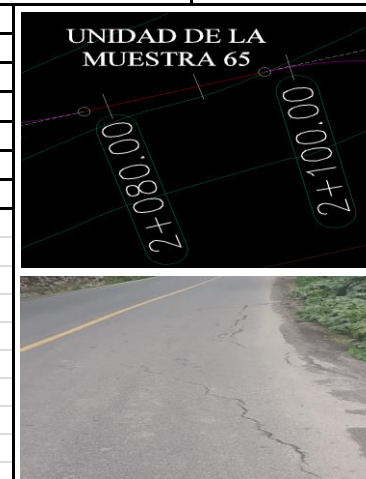
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
		Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)					
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro						
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T						
Fecha:	15 – Agosto - 2019						
Tramo:	2	Sección:			1		
Área de la	243	Unidad de muestra:			57		
Abscisa inicial:	km 5 + 624	Abscisa final			km 5 + 656		
TIPOS DE FALLAS							
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)				
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)				
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)				
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)				
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)				
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)				
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)				
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)				
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)				
10. Grieta longitudinal y transversal (m)							
FALLAS EXISTENTES							
Falla	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M		1.38		1.38	0.57	18
3	M		4.6		4.6	1.89	6.00
10	A		3.5		3.5	1.44	12
Número de deducidos > 2(q):					3.00	Total VD:	36.00
Valor deducido más alto (HDVi):					18.00		
Número admisible de deducidos (mi):					8.26		
CÁLCULO DEL PCI							
#	Valores deducidos				Total	q	CVD
1	18	12	6		36	3	21
2	18	12	2		32	2	24
	18	2	2		22	1	24
						Máx CDV:	24
PCI=100 - Máx. CDV							
PCI=76							



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo D-6. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 65

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)						
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro						
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T						
Fecha:	15 – Agosto - 2019						
Tramo:	2	Sección:			1		
Área de la	243	Unidad de muestra:			65		
Abscisa inicial:	km 5 + 880	Abscisa final			km 5 + 912		
TIPOS DE FALLAS							
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)				
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)				
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)				
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)				
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)				
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)				
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)				
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)				
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)				
10. Grieta longitudinal y transversal (m)							
FALLAS EXISTENTES							
Falla	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Deducido
2	M		1.8		1.8	0.74	4.00
7	M		1.15	0.45	1.6	0.66	5.00
10	A		5.2		5.2	2.14	13.00
Número de deducidos > 2(q):					3.00	Total VD:	22.00
Valor deducido más alto (HDVi):					13.00		
Número admisible de deducidos (mi):					8.99		
CÁLCULO DEL PCI							
#	Valores deducidos				Total	q	CVD
1	13	5	4		22	3	12
2	13	5	2		20	2	15
3	13	2	2		17	1	18
						Máx CDV:	18
PCI=100 - Máx. CDV							
PCI=82							



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo D-7. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 89

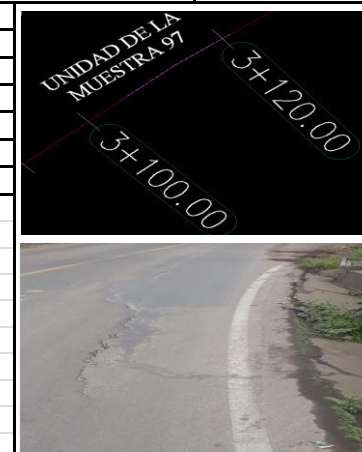
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la	243	Unidad de muestra:			89			
Abscisa inicial:	km 6 + 648	Abscisa final			km 6 + 680			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)					
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)					
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)					
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)					
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)					
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)					
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)					
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)					
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)					
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M		1.35	0.65		2	0.82	20.00
10	M		3.1			3.1	1.28	4.00
15	M		2.8			2.8	1.15	21.00
Número de deducidos > 2(q):					3.00	Total VD:		45.00
Valor deducido más alto (HDVi):					21.00			
Número admisible de deducidos (mi):					8.26			
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos					Total	q	CVD
1	21	20	4			45	3	28
2	21	4	2			27	2	20
	21	2	2			25	1	26
						Máx CDV:	28	
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=72								



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.



Anexo D-8. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 97

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la	243	Unidad de muestra:			97			
Abscisa inicial:	km 6 + 904	Abscisa final			km 6 + 936			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)	11. Parcheo (m2)							
2. Exudación (m2)	12. Pulimiento de agregado (m2)							
3. Agrietamiento en bloque (m2)	13. Huecos o baches (mm)							
4. Abultamientos y hundimientos (m2)	14. Cruce de vía férrea (m2)							
5. Corrugación (m2)	15. Ahuellamiento (m2)							
6. Depresión (m2)	16. Desplazamiento (m2)							
7. Grietas de borde (m)	17. Grietas parabólicas (m2)							
8. Grieta de reflexión de junta (m)	18. Hinchamiento (m2)							
9. Desnivel carril/berma (m)	19. Desprendimiento de agregados (m2)							
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad %	Valor Deducido
7	M		1.3			1.3	0.53	5.00
10	M		3.8			3.8	1.56	6.00
11	A		4.6			4.6	1.89	23.00
15	A		2.6			2.6	1.07	29.00
Número de deducidos > 2(q):						4.00	Total VD:	63.00
Valor deducido más alto (HDVi):						29.00		
Número admisible de deducidos (mi):						7.52		
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos					Total	q	CVD
1	29	23	6	5		63	4	34
2	29	23	6	2		60	3	38
3	29	23	2	2		56	2	42
4	29	2	2	2		35	1	35
Máx CDV:								42
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=58								



Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

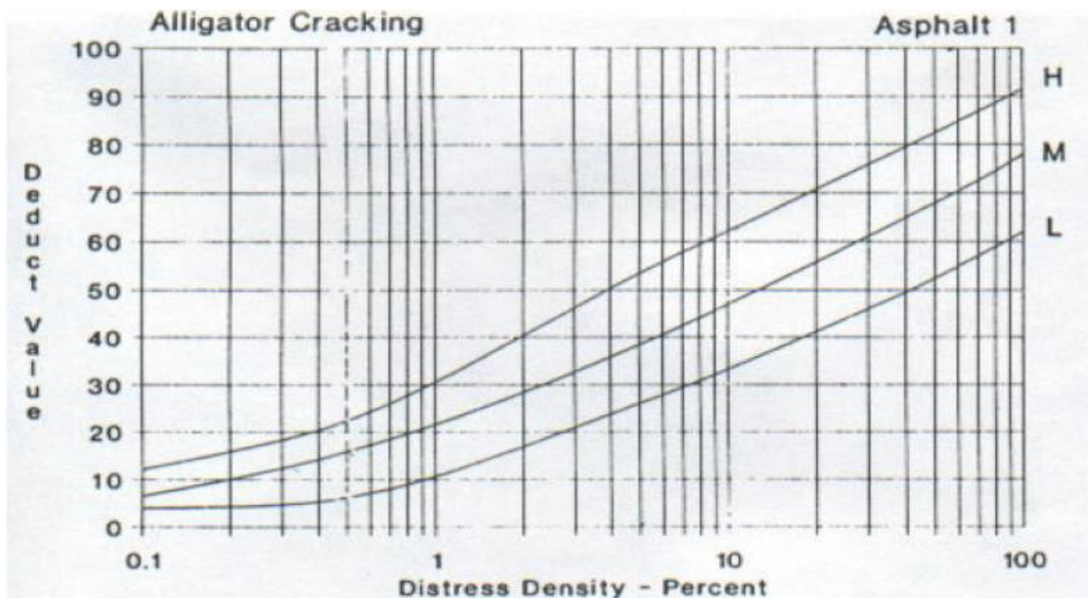
Anexo D-9. Índice de Condición del Pavimento de la sección 1 – unidad 105

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
	Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)							
Nombre de la vía:	Patate-Píllaro							
Evaluado por:	JAIME EDUARDO SEGOVIA T							
Fecha:	15 – Agosto - 2019							
Tramo:	2	Sección:			1			
Área de la	243	Unidad de muestra:			105			
Abscisa inicial:	km 7 + 160	Abscisa final			km 7 + 192			
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de cocodrilo (m2)			11. Parcheo (m2)					
2. Exudación (m2)			12. Pulimiento de agregado (m2)					
3. Agrietamiento en bloque (m2)			13. Huecos o baches (mm)					
4. Abultamientos y hundimientos (m2)			14. Cruce de vía férrea (m2)					
5. Corrugación (m2)			15. Ahuellamiento (m2)					
6. Depresión (m2)			16. Desplazamiento (m2)					
7. Grietas de borde (m)			17. Grietas parabólicas (m2)					
8. Grieta de reflexión de junta (m)			18. Hinchamiento (m2)					
9. Desnivel carril/berma (m)			19. Desprendimiento de agregados (m2)					
10. Grieta longitudinal y transversal (m)								
FALLAS EXISTENTES								
Falla	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M		1.25		1.25	0.51	17.00	
7	M		2.15		2.15	0.88	6.00	
10	M		0.9		0.9	0.37	4.00	
Número de deducidos > 2(q):					3.00	Total VD:		27.00
Valor deducido más alto (HDVi):					17.00			
Número admisible de deducidos (mi):					8.62			
CÁLCULO DEL PCI								
#	Valores deducidos				Total	q	CVD	
1	17	6	4		27	3	26	
2	17	6	2		25	2	28	
3	17	2	2		21	1	22	
					Máx CDV:	28		
PCI=100 - Máx. CDV								
PCI=72								



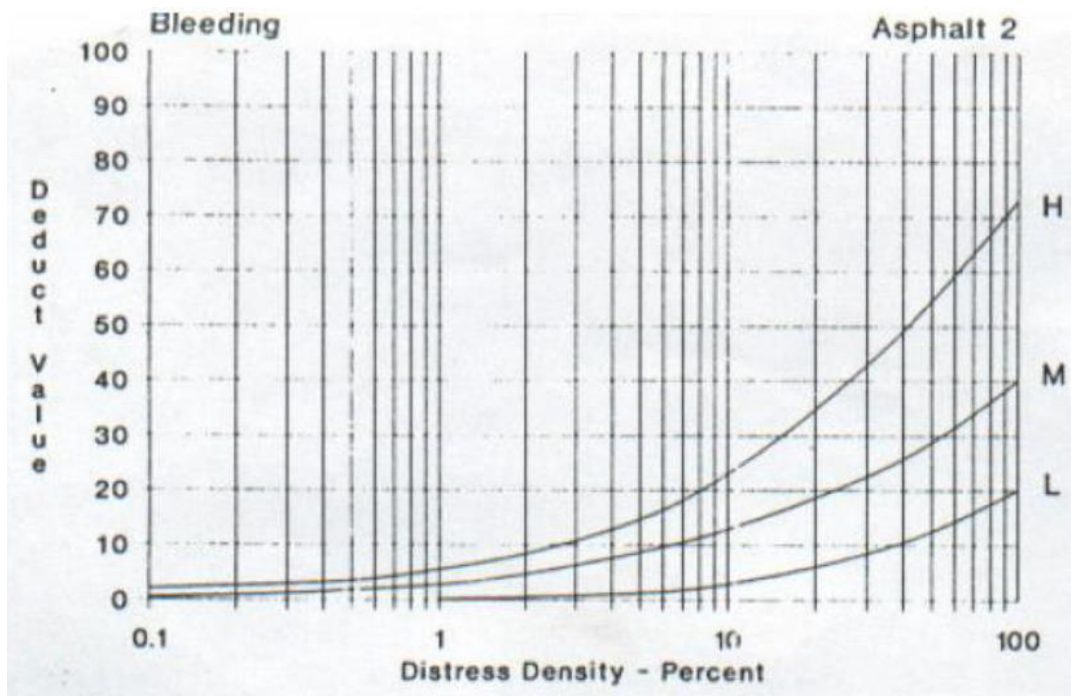
Fuente: Jaime Eduardo Segovia T.

Anexo D -10. Abaco piel de cocodrilo



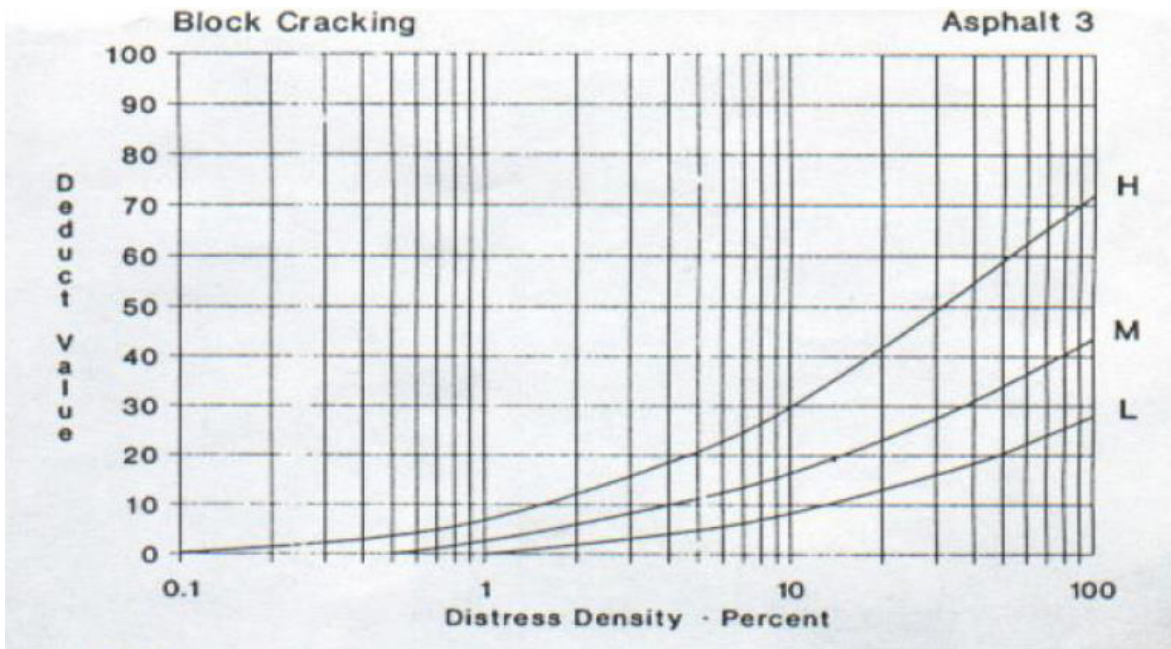
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-11. Exudación



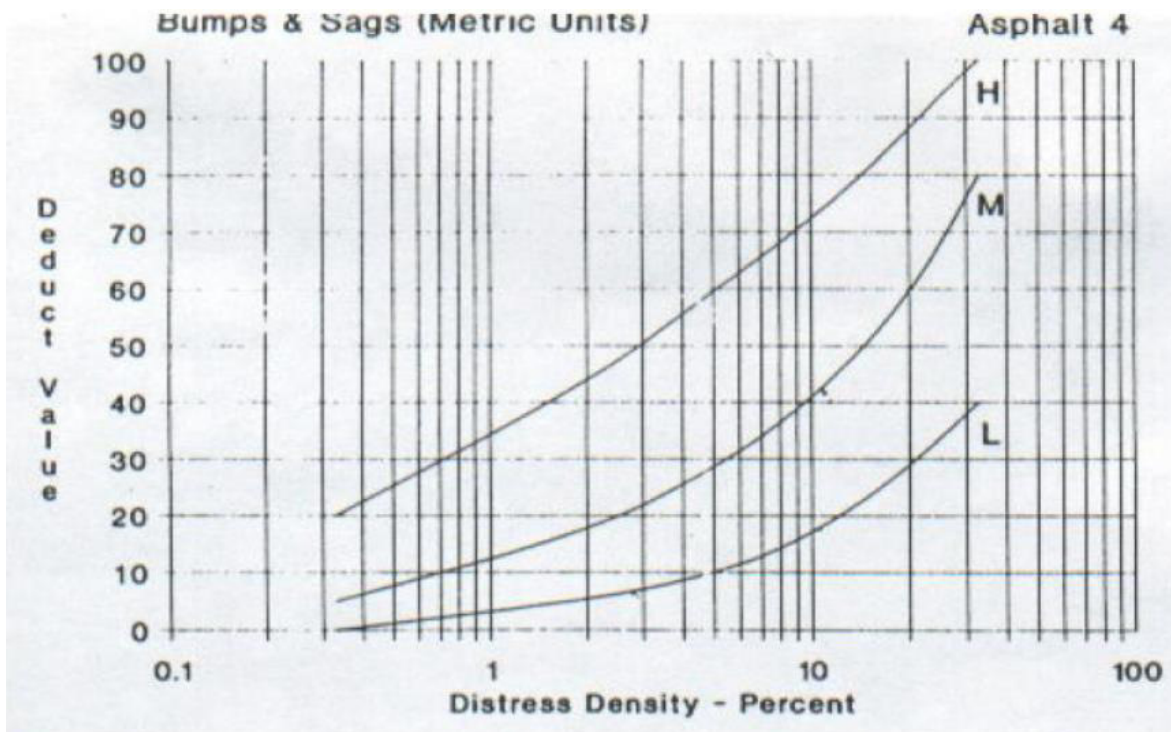
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-12. Agrietamiento en bloque



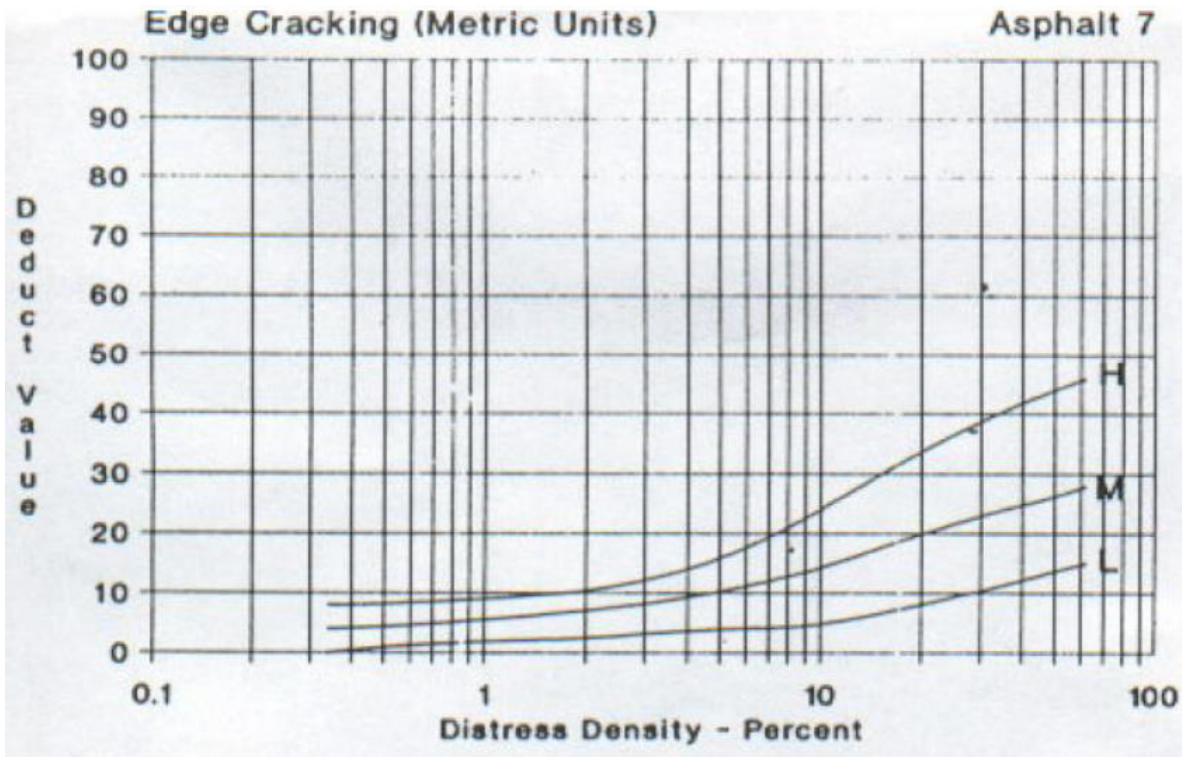
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-13. Abultamientos y hundimientos



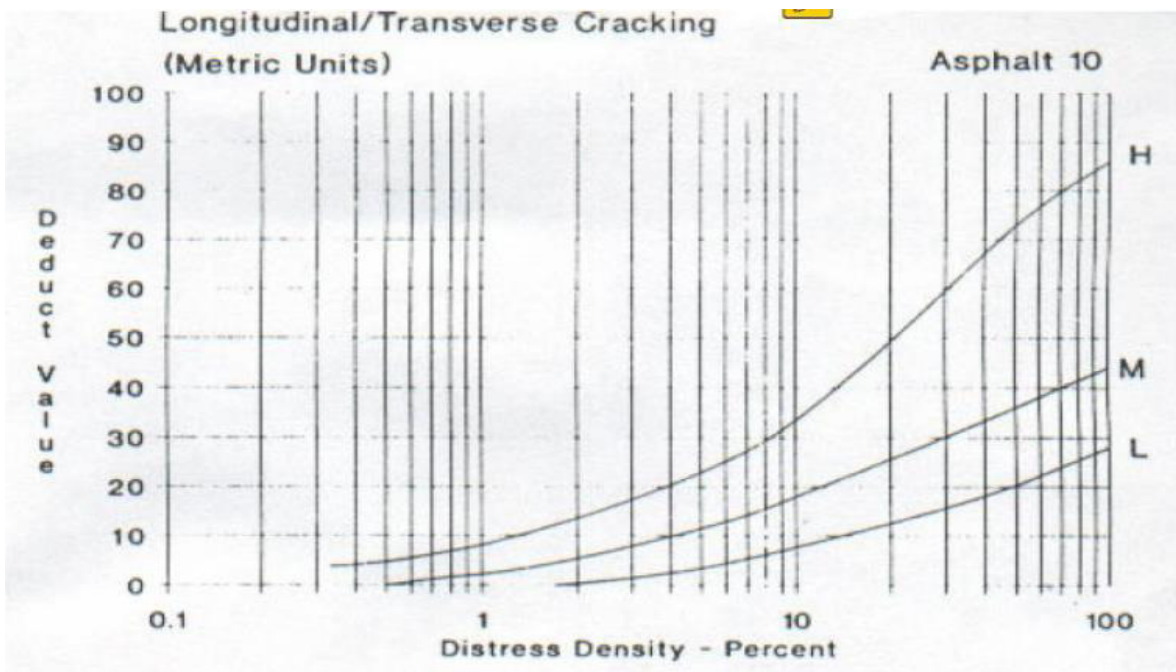
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-14. Grietas de borde



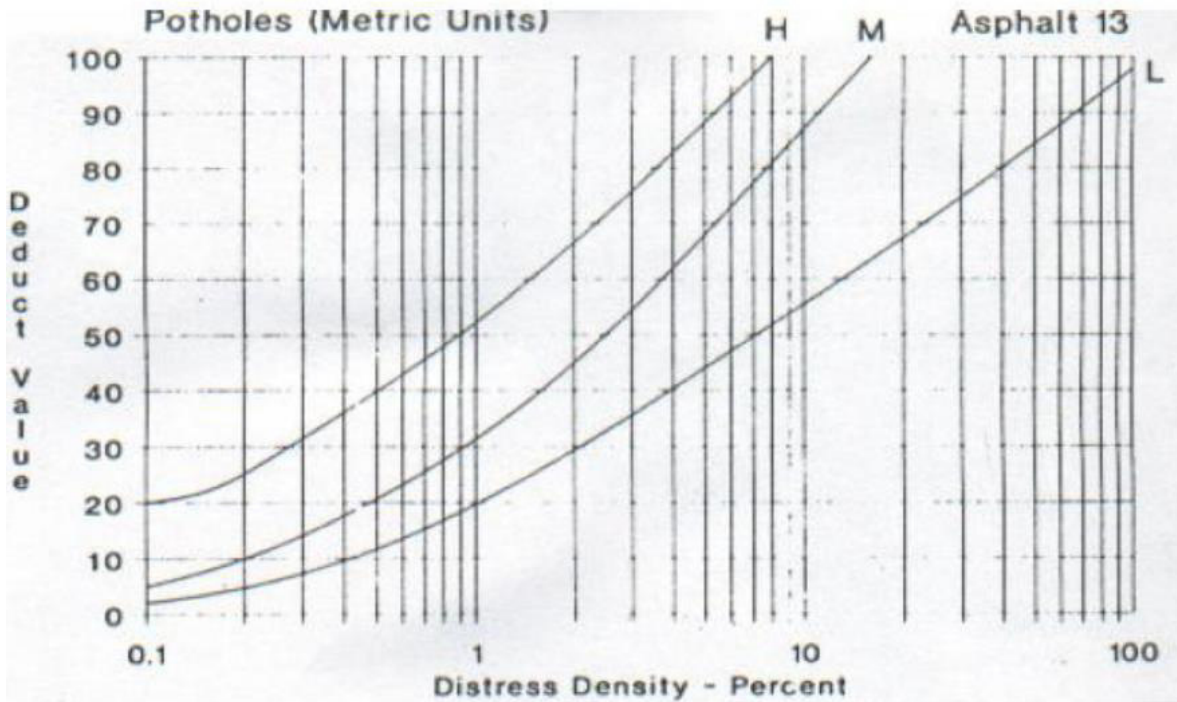
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-15. Grietas longitudinales y transversales



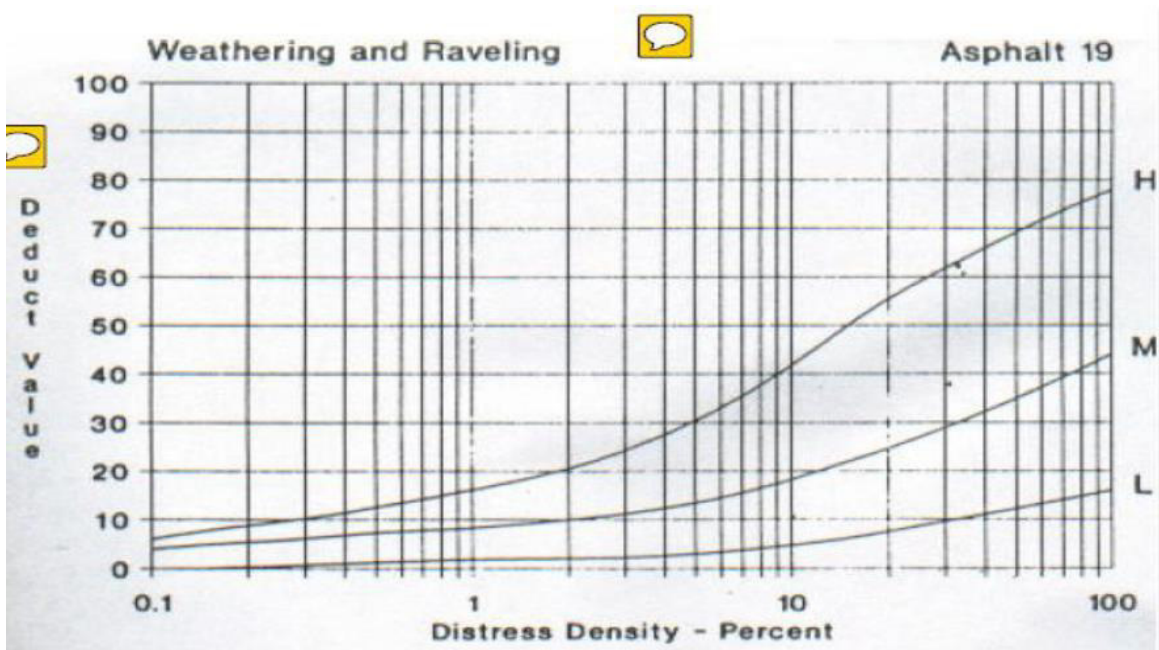
Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-16. Huecos y baches



Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

Anexo D-17. Desprendimiento de agregados



Fuente: Manual de evaluación superficial del pavimentos. PCI.

ANEXO E

**ARCHIVO
FOTOGRAFICO.**

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

<p data-bbox="354 317 667 348">Extracción de la calicata</p> 	<p data-bbox="894 317 1328 348">Colocación del material en bolsas</p> 
<p data-bbox="342 1083 678 1115">Muestras en secado al aire</p> 	<p data-bbox="951 1083 1271 1115">Ensayo de granulometría</p> 

Muestras de suelo de fundación.



Mezcla con el porcentaje de agua.



Peso del molde.



Compactación con proctor.



Enrazado del cilindro



Toma de muestra.



Copa casa grande.



Toma de pesos para muestras.



Tamizado de la muestra



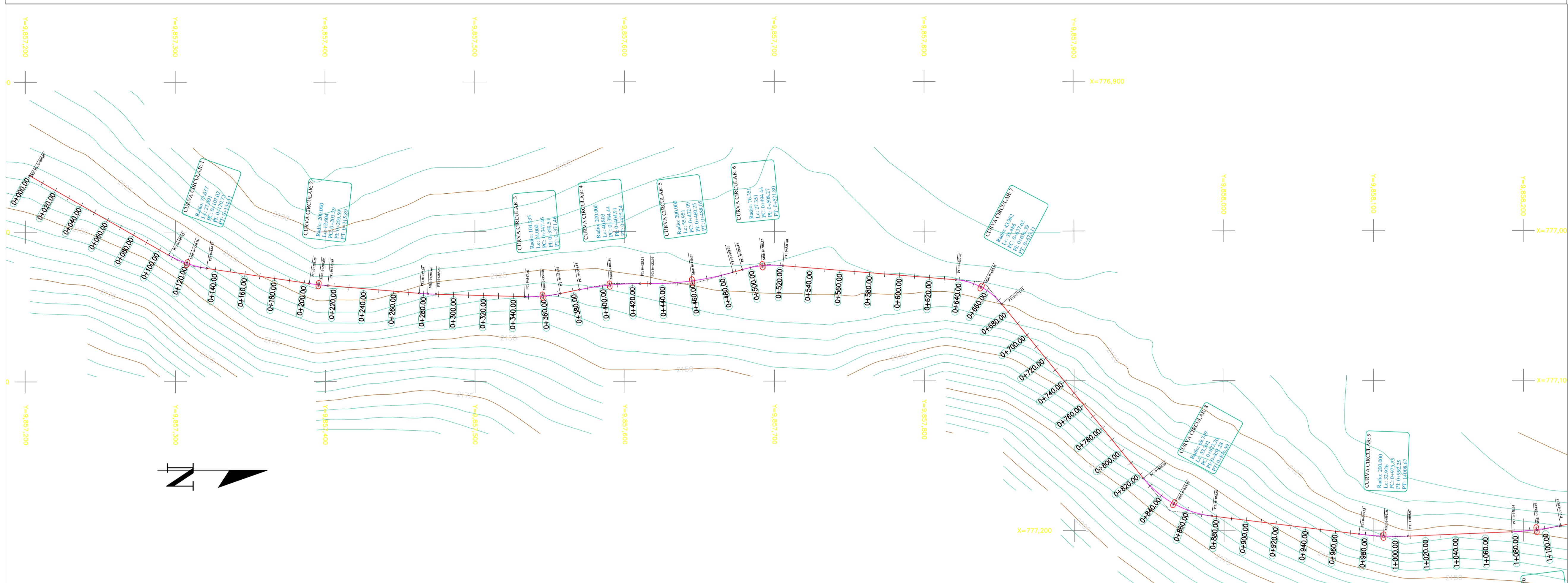
Medición de la viga benkelman



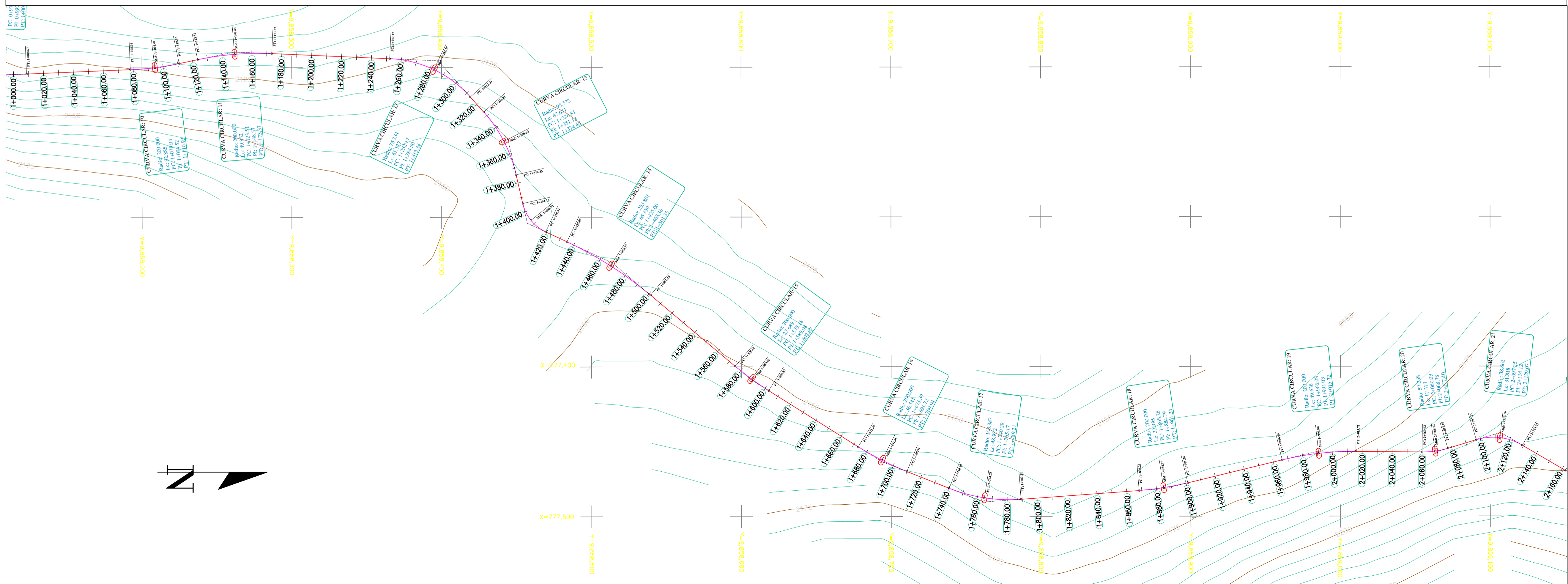
ANEXO

PLANOS DE DEL
PROYECTO

LEVANTAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA ----- KM 0+000.00 - 1+000.00



LEVANTAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA ----- KM 1+000.00 - 2+000.00



TEMA EXPERIMENTAL:

DIBUJO EN PLANTA DE LA VÍA

UBICACIÓN:

PROVINCIA	PROVINCIA
CANTÓN	CANTÓN
PARROQUIA	PARROQUIA

CONTENIDO:

DIBUJO EN PLANTA DE LA VÍA

ABCISA INICIAL	KM 0+000.00
ABCISA FINAL	KM 1+000.00
ABCISA INICIAL	KM 1+000.00
ABCISA FINAL	KM 2+000.00

NOMENCLATURA

SIMBOLOGÍA

LONGITUD DEL PROYECTO:

3.57158 km

FECHA:

DICIEMBRE - 2019

REALIZADO POR:

Jaime Eduardo Segovia Tipantasiq

REVISADO POR:

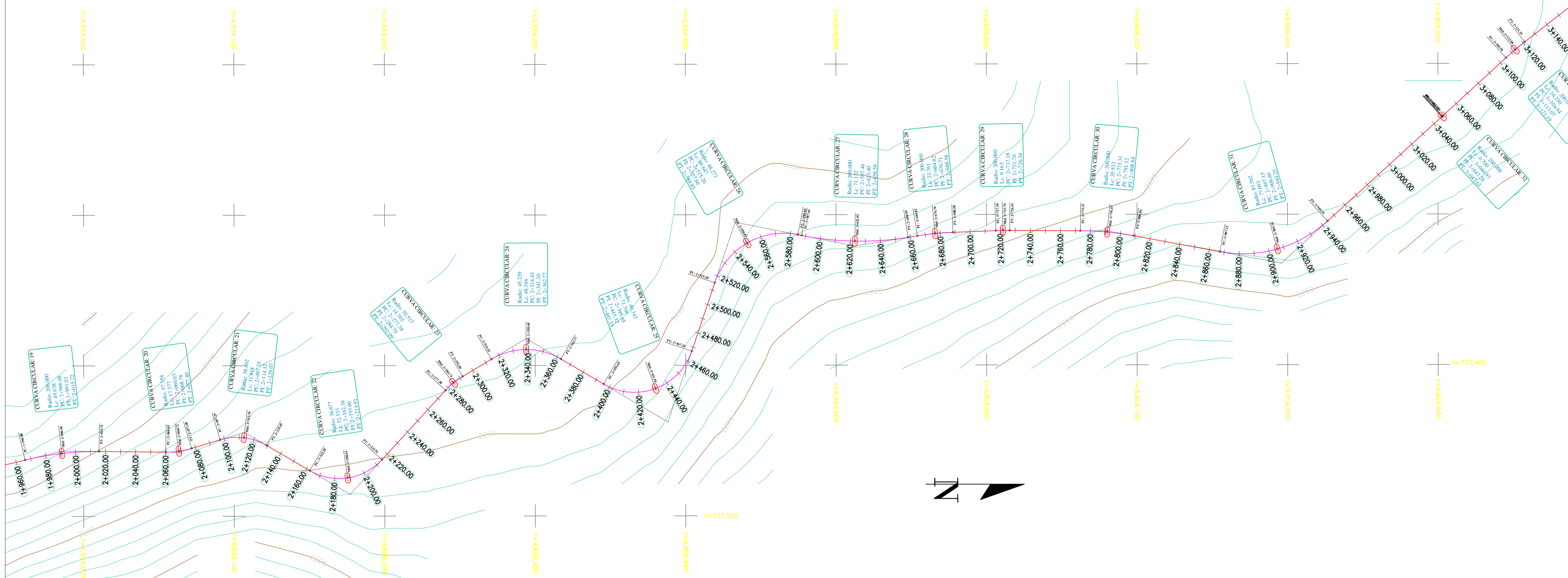
ESCALA:

1-----1500

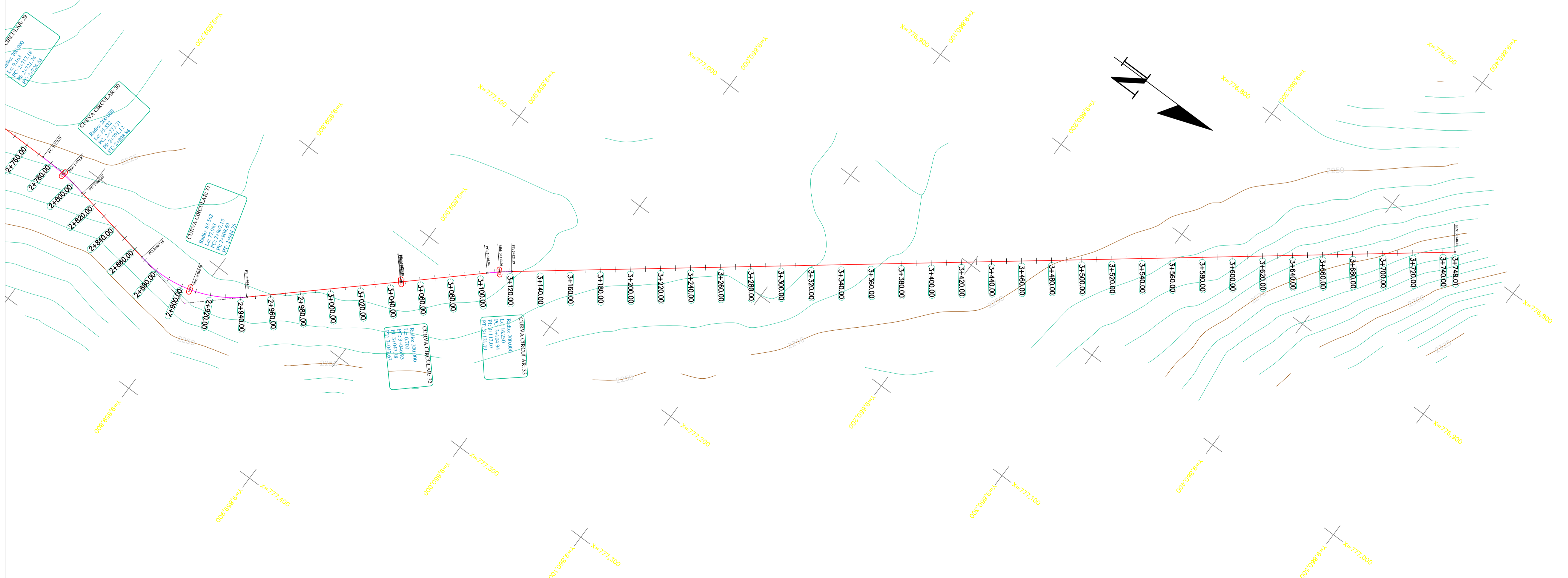
LÁMINA:

1 de 2

LEVANTAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA ----- KM 2+000.00 - 3+000.00



LEVANTAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA ----- KM 3+000.00 - 3+748.01



TEMA EXPERIMENTAL:

DIBUJO EN PLANTA DE LA VÍA

UBICACIÓN:

PROVINCIA	PROVINCIA
CANTÓN	CANTÓN
PARROQUIA	PARROQUIA

CONTENIDO:

DIBUJO EN PLANTA DE LA VÍA

ABCISA INICIAL	KM 2+000.00
ABCISA FINAL	KM 3+000.00
ABCISA INICIAL	KM 3+000.00
ABCISA FINAL	KM 3+748.01

NOMENCLATURA

SIMBOLOGÍA

LONGITUD DEL PROYECTO:

3.74801 km

FECHA:

DICIEMBRE - 2019

REALIZADO POR:

Jaime Eduardo Segovia Tipantasiq

REVISADO POR:

ESCALA:
1-----1500

LÁMINA:
2 de 2