



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

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

**TEMA:**

---

**“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA  
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN  
EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO,  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTOR:** Christian Paúl Alqui Castro

**TUTOR:** Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, MSc.

**AMBATO – ECUADOR**

**Enero – 2023**

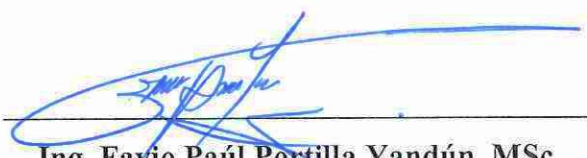
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Christian Paúl Alqui Castro, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804040150, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, enero 2023



---

Ing. Favio Paúl Portilla Yandún, MSc.  
TUTOR

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Christian Paúl Alqui Castro con C.I. 1804040150 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DELA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO DESDE KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2023



---

**Christian Paúl Alqui Castro**

**C.I. 1804040150**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, enero 2023



---

**Christian Paúl Alqui Castro**

**C.I. 1804040150**

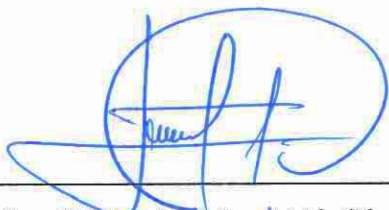
**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los Miembros de Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Christian Paúl Alqui Castro de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAGUA”**.

Ambato, enero 2023.

Por constancia firman:



---

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez, PhD.  
**MIEMBRO CALIFICADOR**



---

Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Mesías y Ruth, quienes me ayudaron a llegar a este momento más de lo que ellos suponen.

A mi hermana Nahomi, a mi familia y amigos que estuvieron ahí dándome fuerzas y ánimos para cumplir con esta meta.

A mi querido Nobu, que más que una mascota ha sido mi gran compañía en aquellas noches en las que realizaba este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme educarme y recibir los conocimientos necesarios para ser un profesional.

A mis maestros quienes supieron transmitir con gran sabiduría cada uno de sus conocimientos y experiencias adquiridas.

Al Ing. Fabio Portilla quien con sus conocimientos y profesionalismo supo guiarme y orientarme en el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto investigativo para obtener un proyecto viable y eficiente.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
2.1. Antecedentes del proyecto técnico.....	1
2.1.1. Fundamentación teórica .....	2
2.1.1.1. Pavimento.....	2
2.1.1.2. Funciones de un pavimento.....	2
2.1.1.3. Tipos de pavimento .....	2
2.1.1.4. Topografía en carreteras.....	4
2.1.1.5. Tráfico Promedio Diario Anual .....	4
2.1.1.6. Proyección de tráfico.....	4
2.1.1.7. Ejes equivalentes.....	4
2.1.1.8. Fallas en pavimentos .....	6
2.1.1.9. Índice de Condición del Pavimento .....	7



2.1.1.10. Tipos de fallas en pavimentos flexibles .....	7
2.1.1.11. Granulometría .....	11
2.1.1.12. Plasticidad .....	12
2.1.1.13. Límites de Atterberg .....	12
2.1.1.14. Clasificación de suelos .....	13
2.1.1.15. Ensayo Proctor .....	15
2.1.1.16. CBR.....	15
2.1.1.17. Densidad en campo y humedad natural .....	15
2.1.1.18. Contenido de asfalto.....	16
2.1.1.19. Deflexiones en pavimento flexible.....	16
2.1.1.20. Medición de deflexiones .....	16
2.1.1.21. Rehabilitación vial .....	17
2.1.1.22. Tratamientos Superficiales.....	20
2.2. Objetivos .....	21
2.2.1. Objetivo general .....	21
2.2.2. Objetivos específicos .....	21
CAPÍTULO II .....	22
METODOLOGÍA .....	22
3.1. Materiales.....	22
3.2. Métodos.....	26
3.2.1. Datos del proyecto técnico .....	26
3.2.2. Fases del proyecto .....	26
3.2.2.1. Fase 1: Levantamiento de información y Análisis de tráfico.....	27
3.2.2.2. Fase 2: Evaluación de la condición del pavimento .....	29
3.2.2.3. Fase 3. Estudio de Suelos.....	32
3.2.2.4. Fase 4. Estudio estructural del pavimento.....	33
CAPÍTULO III .....	34

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Análisis y discusión de los resultados.....	34
4.1.1. Ubicación del proyecto .....	34
4.1.2. Levantamiento georreferenciado de la vía .....	35
4.1.3. Análisis de tránsito.....	35
4.1.3.1. Estimación del TPDA .....	38
4.1.3.2. Cálculo del tráfico futuro .....	41
4.1.3.3. Clasificación de la vía en función del tráfico futuro.....	42
4.1.4. Análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI) .....	43
4.1.5. Estudio de suelos.....	49
4.1.5.1. Análisis Granulométrico .....	49
4.1.5.2. Límites de Atterberg .....	50
4.1.5.3. Clasificación de suelos.....	51
4.1.5.4. Compactación del suelo – Proctor Modificado.....	51
4.1.5.5. Densidad en campo .....	52
4.1.5.6. Relación de Soporte de California (CBR).....	53
4.1.6. Estudio de la capa asfáltica .....	53
4.1.6.1. Contenido de asfalto.....	53
4.1.6.2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto .....	54
4.1.7. Deflexiones en el pavimento con la viga Benkelman .....	56
4.1.7.1. Corrección por el brazo con relación 1:2 de la viga Benkelman .....	57
4.1.7.2. Corrección por efecto de la temperatura .....	58
4.1.7.3. Corrección por estacionalidad.....	59
4.1.7.4. Radio de curvatura .....	60
4.1.7.5. Deflexión Característica.....	62
4.1.7.6. Cálculo de Ejes Equivalentes .....	64
4.1.7.7. Deflexión Admisible .....	66

4.1.7.8. Deflexión Crítica.....	66
4.1.8. Plan de conservación vial.....	69
CAPÍTULO IV.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. Conclusiones .....	77
5.2. Recomendaciones.....	79
MATERIALES DE REFERENCIA .....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques”.....	5
Tabla 2. Clasificación del PCI .....	7
Tabla 3. Anomalías en pavimentos flexibles .....	7
Tabla 4. Clasificación AASHTO M-145 .....	14
Tabla 5. Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.....	15
Tabla 6. Opciones de reparo en función del tipo de anomalía y su severidad. ....	17
Tabla 7. Materiales y equipo – Levantamiento georreferenciado.....	22
Tabla 8. Especificaciones del equipo – Levantamiento georreferenciado.....	22
Tabla 9. Materiales y equipo – Estudio de suelos.....	23
Tabla 10. Especificaciones del equipo – Estudio de suelos.....	24
Tabla 11. Materiales y equipo – Estudio del Pavimento.....	25
Tabla 12. Especificaciones del equipo – Estudio del Pavimento.....	25
Tabla 13. Ensayos y Normas – Estudio de Suelos .....	33
Tabla 14. Ensayos y Normas – Estudio del pavimento.....	33
Tabla 15. Coordenadas de ubicación del proyecto.....	34
Tabla 16. Resumen conteo vehicular (06:00 a 18:00).....	35
Tabla 18. Registro de la hora pico .....	36
Tabla 19. Porcentajes de tráfico .....	38
Tabla 20. Cálculo del TPDS.....	39
Tabla 21. Índice de crecimiento vehicular para Tungurahua.....	41
Tabla 22. Tráfico proyectado .....	42
Tabla 23. Clasificación de carreteras .....	43
Tabla 24. Datos de la vía.....	43
Tabla 25. Unidades de muestreo para determinar el PCI.....	46
Tabla 26. Unidades de muestreo adicional. ....	46
Tabla 27. Clasificación del PCI y simbología.....	47
Tabla 28. Resumen del PCI de la vía en estudio.....	48
Tabla 29. Ubicación de las calicatas .....	49
Tabla 30. Clasificación por tamaño de partículas del suelo de subrasante. ....	50

Tabla 31. Límites de Atterberg .....	50
Tabla 32. Clasificación de las muestras de suelo método AASHTO M-145.....	51
Tabla 33. Clasificación de las muestras de suelo método SUCS.....	51
Tabla 34. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	52
Tabla 35. Resultados del ensayo Cono y Arena.....	52
Tabla 36. Resumen de resultados del CBR.....	53
Tabla 37. Contenido de asfalto de las muestras. ....	54
Tabla 38. Clasificación por tamaño de partículas del suelo sin asfalto .....	55
Tabla 39. Granulometría de agregados para mezclas asfálticas.....	55
Tabla 40. Lectura de las deflexiones obtenidas en campo .....	56
Tabla 41. Deflexiones corregidas por una relación del brazo de 1:2.....	57
Tabla 42. Deflexiones corregidas por temperatura .....	59
Tabla 43. Factores de corrección por estacionalidad .....	59
Tabla 44. Deflexiones corregidas por la estacionalidad.....	60
Tabla 45. Radios de curvatura.....	61
Tabla 46. Ecuaciones para el cálculo de la deflexión característica .....	62
Tabla 47. Desviación estándar de las deflexiones recuperables máximas .....	63
Tabla 48. Factor de daño según el tipo de vehículo.....	64
Tabla 49. Factores de distribución direccional .....	65
Tabla 50. Porcentajes de W18 en el carril DI .....	65
Tabla 51. Ejes equivalente .....	66
Tabla 52. Tipos de deflexiones .....	67
Tabla 53. Deflexiones, radios de curvatura y clasificación del comportamiento estructural.....	68
Tabla 54. Fallas encontradas en el pavimento y sus soluciones .....	70
Tabla 55. Características para áridos de sellos bituminosos .....	75
Tabla 56. Actividades para el mantenimiento periódico y rehabilitación.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de pavimento flexible .....	3
Figura 2. Estructura de pavimento rígido.....	3
Figura 3. Curva de distribución de tamaño de partículas.....	11
Figura 4. Límites de Atterberg.....	12
Figura 5. Clasificación de suelo por el método SUCS.....	14
Figura 6. Esquema (a) y principio de operación (b) de la Viga Benkelman.....	16
Figura 7. Sellado de grietas.....	19
Figura 8. Fresado.....	20
Figura 9. Bacheo .....	20
Figura 10. Formato de tabla para conteo vehicular.....	28
Figura 11. Formato para el cálculo del PCI .....	30
Figura 12. Nomograma de Valores deducidos – Piel de Cocodrilo.....	32
Figura 13. Vía Camino Real (Norte) abscisa 0+000 a 3+800.....	34
Figura 14. Composición vehicular .....	36
Figura 15. Comportamiento Horario y Diario del tránsito.....	37
Figura 16. Análisis de deflexiones .....	69

## RESUMEN

Con el fin de alargar la vida útil de la vía Camino Real (Norte) en el km 0+000 hasta km 3+800 se llevó a cabo un proceso de conservación de su pavimento, realizando diferentes actividades para conocer su estado y así determinar un plan de conservación acorde a sus necesidades. Se realizó un levantamiento topográfico del tramo lo que proporcionó información detallada sobre sus dimensiones. De este levantamiento se obtuvo un modelo digital de la vía. Se situó una estación de conteo vehicular para el análisis del tráfico, se proyectó el flujo vehicular para un período de diseño de 20 años resultando que, según el MTOP, la vía se clasifica como una Colectora Clase I. Para evaluar la condición de la superficie del pavimento se realizó una inspección visual siguiendo la metodología PCI, de la cual se obtuvo que la condición del pavimento es “Regular”. De igual forma se realizaron estudios de suelo para conocer las propiedades de la subrasante y, de esta manera, se la clasificó como Arena Limosa. Del ensayo de CBR se estableció que la subrasante tiene una calidad “Excelente”. Se midieron las deflexiones elásticas del pavimento con la ayuda de la Viga Benkelman, obteniendo que las deflexiones presentadas son del Tipo III. Finalmente se presenta un plan de conservación, en el que se toma en cuenta los resultados obtenidos de los diversos ensayos.

**Palabras clave:** Pavimento, Georreferenciación, Tráfico, PCI, CBR, Deflexiones, Rehabilitación.

## ABSTRACT

In order to extend the useful life of the Camino Real (North) road from km 0+000 to km 3+800, a pavement conservation process was carried out, carrying out different activities to find out its condition and thus determine a conservation plan according to your needs. A topographical survey of the section was carried out, which provided detailed information on its dimensions. From this survey, a digital model of the road was obtained. A vehicle counting station was located for traffic analysis, the vehicular flow was projected for a design period of 20 years, resulting in the road being classified as a Class I Collector according to the MTOP. To assess the condition of the surface of the pavement, a visual inspection was carried out following the PCI methodology, from which it was obtained that the condition of the pavement is "Regular". In the same way, soil studies were carried out to know the properties of the subgrade and, in this way, it was classified as Silty Sand. From the CBR test it was established that the subgrade has an "Excellent" quality. The elastic deflections of the pavement were measured with the help of the Benkelman Beam, obtaining that the deflections presented are of Type III. Finally, a conservation plan is presented, in which the results obtained from the various tests are considered.

**Keywords:** Pavement, Georeferencing, Traffic, PCI, CBR, Deflections, Rehabilitation.



## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del proyecto técnico**

El mantenimiento y conservación de la infraestructura vial ha adquirido considerable importancia durante los últimos años, debido a lo esencial que es disponer de vías adecuadas para el transporte. Sin embargo, a medida que las redes viales son utilizadas, éstas se van deteriorando y si no se mantienen oportunamente dicho deterioro alcanza niveles que pueden requerir su reconstrucción en períodos que no alcanzan los años útiles previstos. Por tal motivo en diversos países han hecho y están haciendo grandes esfuerzos para mejorar y conservar su vialidad básica. [1]

En América Latina y el Caribe, en promedio, el 21% de la red vial primaria pavimentada se encuentra en malas condiciones, lo que podría ser indicador de la falta significativa de mantenimiento.[2]

En países como Colombia, Sierra y Rivas en su tesis “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (DG 78 BIS Sur – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa” realizaron una comparativa entre el método PCI, de procedencia americana, y la metodología VIZIR, de procedencia francesa, aplicándolos para diagnosticar los daños presentes en una vía pavimentada. Ambos métodos se llevaron a cabo mediante inspección visual, reportando las fallas y anomalías encontradas en sus correspondientes formatos de registro, diferenciándose en sus parámetros de evaluación de daños. Los autores concluyen que el método PCI, a pesar de ser más laboriosa es la metodología más completa. [3]

En Ecuador, en la ciudad de Cuenca, Becerra y Delgado presentan en su tesis denominada “Evaluación de la condición del pavimento del sector el Valle y su marco sostenible” una evaluación funcional de la red de dicho sector empleando diversas metodologías, en donde establecen el estado superficial del pavimento. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante la metodología Windshield, se conoce que el estado de conservación de la red vial de El Valle es 2% Muy Bueno, 1% Bueno, 16% Regular y 39% en Pobre Condición. [4]

Dentro de la Provincia de Tungurahua, en investigaciones como la de Chango en su tesis “Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Quero - Salasaca en el tramo km 3 + 600 hasta km 6 + 780 de la provincia de Tungurahua”, se lleva a cabo una serie de ensayos y actividades necesarias para generar dicho proceso de conservación, como levantamiento topográfico, determinación del Tráfico Promedio Diario Actual (TPDA) y registro de fallas mediante el método PCI. La autora llega a la conclusión de que la vía estudiada corresponde a una de Mediana Capacidad y se encuentra en un estado de “Muy Bueno”. [5]

### **2.1.1. Fundamentación teórica**

#### **2.1.1.1. Pavimento**

Es una estructura vial multicapa, es decir, está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales. El pavimento se soporta sobre una subrasante natural o sobre una plataforma, que puede ser la subrasante mejorada, estabilizada o un terraplén. [6]

#### **2.1.1.2. Funciones de un pavimento**

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. [7]

#### **2.1.1.3. Tipos de pavimento**

De forma general, existen tres tipos de pavimentos para carreteras: Flexibles, Rígidos y Compuestos

- **Pavimentos Flexibles**

Los pavimentos flexibles suelen consistir en concreto asfáltico colocado sobre capas granulares de base/subbases soportadas por el suelo compactado, denominado subrasante. Algunas superficies pavimentadas con asfalto consisten en un tratamiento superficial bituminoso simple (BST, por sus siglas en inglés), mientras que otros pavimentos con superficie asfáltica más liviana son demasiado delgados para ser

considerados pavimentos flexibles (es decir, espesores de capa combinados de menos de 15 cm). [8]

**Figura 1.** Estructura de pavimento flexible



**Fuente:** E. Rodríguez “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. 2009 [9]

- **Pavimentos Rígidos**

Los pavimentos rígidos suelen consistir en una capa de hormigón de cemento portland colocada sobre la subrasante con o sin una capa de base intermedia. [8]

**Figura 2.** Estructura de pavimento rígido



**Fuente:** E. Rodríguez “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. 2009 [9]

- **Pavimentos Compuestos**

Los pavimentos compuestos suelen ser el resultado de la rehabilitación de pavimentos, en los que se utiliza hormigón portland para cubrir el hormigón asfáltico dañado o viceversa. [8]

#### **2.1.1.4. Topografía en carreteras**

La topografía es un factor principal de la localización física de una vía pues, en caso de diseño, afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales. [10]

#### **2.1.1.5. Tráfico Promedio Diario Anual**

Se abrevia con las siglas TPDA y representa el tráfico total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, es decir, es el volumen de tráfico promedio por día. Es la medida más recurrente de flujo vehicular. [10]

#### **2.1.1.6. Proyección de tráfico**

Consiste en la determinación del tráfico futuro. Las carreteras nuevas o los mejoramientos de las existentes se deben diseñar con base en el tráfico futuro.[10]

#### **2.1.1.7. Ejes equivalentes**

El tráfico está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, es por ellos que se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 kips. También conocidos como ESAL, siglas en inglés de Carga de Eje Equivalente Simple (Equivalent Single Axle Load). [11]

El concepto de eje equivalente se basa en la posibilidad de evaluar el daño que produce una determinada carga y compararlo con otra referencia. El eje equivalente o estándar es el eje único que produce efectos críticos o daños en el pavimento equivalentes a aquellos producidos por los distintos ejes mixtos. Debido a la equivalencia mencionada, un incremento en los niveles de carga tiene como consecuencia un aumento mayor en el número de ejes equivalentes, aunque el volumen de tráfico permanezca constante. [12]

La transformación del número equivalente de ejes de distinta naturaleza y peso en ESALs es una tarea compleja. Es necesario fijar adecuadamente el concepto de que el tipo de eje y su peso es más importante que el peso del vehículo en lo que respecta al comportamiento del pavimento. [11]

En la tabla, se muestran los pesos por eje y dimensiones según el tipo de vehículo presentados por la NEVI-12.

**Tabla 1. Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques”**

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
20A			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Fuente: NEVI-12-MTOP, “Volumen N°2 – Libro A. Norma para estudios y diseños viales”. 2013 [10]

### 2.1.1.8. Fallas en pavimentos

Los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, no fallan o colapsan repentinamente, sino que lo hacen en forma gradual y progresiva. La continua acción del tránsito y clima siempre tienen una manifestación en la superficie del pavimento. Se entiende por “daño” o “falla” en un pavimento toda indicación de un desempeño insatisfactorio del pavimento, es decir, todo apartamiento de un comportamiento definido como “perfecto”. [13]

### 2.1.1.9. Índice de Condición del Pavimento

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. [14]

Este índice es fácil de emplear y no requiere de equipos sofisticados o especiales para ejecutar las evaluaciones visuales. El procedimiento es enteramente visual, ofrece buena repetitividad y confiabilidad estadística de los resultados y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y el área afectada. Este índice tipifica el estado del pavimento con base en una escala que varía desde 0 (muy mal estado) hasta 100 (perfecto estado). [6]


**Tabla 2.** Clasificación del PCI

Rango de PCI	Calificación
85 — 100	Excelente
70 — 85	Muy Bueno
55 — 70	Bueno
40 — 55	Regular
25 — 40	Malo
10 — 25	Muy Malo
0 — 10	Fallado

**Fuente:** L. Vásquez, “Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras”. 2002 [14]







### 2.1.1.10. Tipos de fallas en pavimentos flexibles







**Tabla 3.** Anomalías en pavimentos flexibles

N.º	Anomalía	Descripción	Imagen
1	<b>Piel de cocodrilo</b>	Grietas interconectadas originadas por la fatiga de la superficie del asfalto bajo repetidas cargas de tráfico.	

N.º	Anomalía	Descripción	Imagen
2	<b>Exudación o Sangrado</b>	Película de material bituminoso generalmente pegajoso sobre la superficie del pavimento la cual crea un reflejo brillante superficial.	
3	<b>Agrietamiento en bloque</b>	Grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares de tamaños que van desde 30x30cm a 3x3m.	
4	<b>Bombeo y Hundimiento</b>	Son desplazamientos pequeños los unos hacia arriba y los otros hacia debajo de la superficie pavimentada.	
5	<b>Corrugación</b>	Serie de lomos espaciados en forma de ondas a intervalos regulares generalmente no mayores a 3m a lo largo del pavimento.	
6	<b>Depresiones</b>	Áreas de superficie del pavimento con elevaciones ligeramente más bajas, creadas por asentamiento del suelo.	
7	<b>Agrietamiento de Borde</b>	Grietas paralelas al borde del pavimento, en su mayor severidad el pavimento en el borde está totalmente desprendido.	



N.º	Anomalía	Descripción	Imagen
8	<b>Agrietamiento Reflejo de Juntas</b>	Ocurren solo en asfaltos construidos sobre losas de concreto de cemento.	
9	<b>Caída Externa de Vía / Hombrera</b>	Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la hombrera.	
10	<b>Agrietamiento Longitudinal y Transversal</b>	Son grietas paralelas o transversales al eje del pavimento.	
11	<b>Parchados</b>	Área de pavimento que fue reemplazado con un nuevo material para reparar el pavimento existente.	
12	<b>Agregados Pulidos</b>	El agregado en la superficie llega a ser liso al contacto con la mano, perdiendo adherencia con los vehículos.	
13	<b>Baches</b>	Son pequeñas depresiones en forma de cuenco, generalmente con bordes cortados y laderas verticales cerca de la cima del hoyo.	

N.º	Anomalía	Descripción	Imagen
14	<b>Cruce de Ferrocarril</b>	El cruce del ferrocarril ocasiona depresiones o bombeos alrededor y/o entre las vías.	
15	<b>Ruteo</b>	Es una depresión superficial en la ruta de la rueda, es poco perceptible.	
16	<b>Empellones</b>	Desplazamiento permanente y longitudinal de un área localizada de la superficie pavimentada causada por cargas de tráfico.	
17	<b>Agrietamiento Media Luna</b>	Producida cuando las ruedas frenan o dan vuelta, causando deslizamiento o deformación en la superficie del pavimento.	
18	<b>Protuberancia</b>	Onda gradual en forma de joroba hacia arriba de la superficie del pavimento.	
19	<b>Intemperismo</b>	Desgaste de la superficie del pavimento debido a pérdida de adherencia del asfalto o alquitrán.	

**Fuente:** UMSS, “Manual completo de diseño de pavimentos.”[7]

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

La metodología PCI contempla una investigación en campo en donde se determinan y analizan los diferentes tipos de fallas presentes o también llamadas anomalías. Según diversos manuales, estas anomalías se pueden clasificar en 19 tipos las cuales fueron las descritas en la Tabla 3.

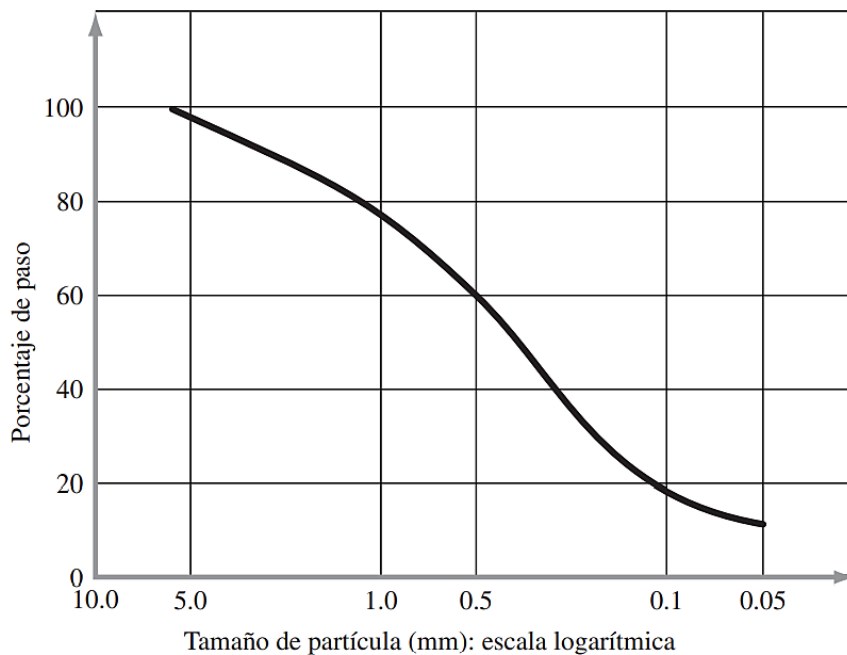
### 2.1.1.11. Granulometría

Se define como granulometría de un suelo a la distribución porcentual de los distintos tamaños de partículas que constituyen una muestra de dicho suelo. Dicha distribución se obtiene mediante análisis granulométrico. [15]

El análisis granulométrico es aquel procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas que constituyen el agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. [16]

Estas cantidades se representan en un gráfico semilogarítmico con el porcentaje de paso como la ordenada (escala aritmética) y el tamaño de la abertura del tamiz como la abscisa (escala logarítmica). Esta trama se conoce como curva de distribución de tamaño de partículas. [17]

**Figura 3.** Curva de distribución de tamaño de partículas



**Fuente:** Braja M. Das “Fundamentos de ingeniería geotécnica”. 2013 [17]

### 2.1.1.12. Plasticidad

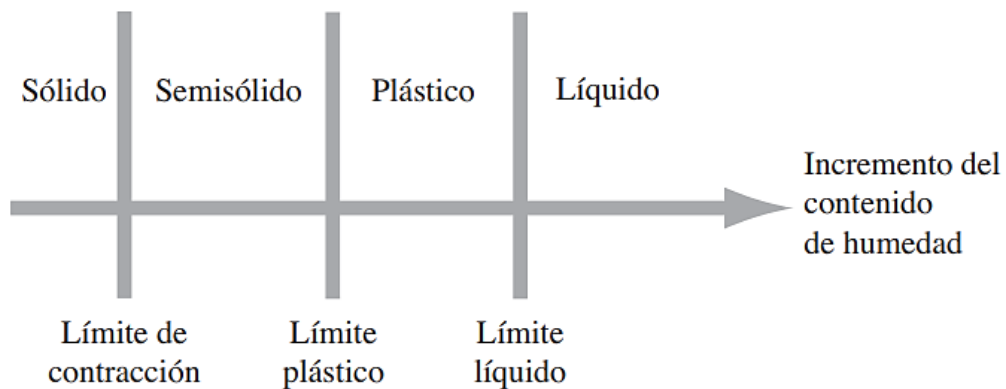
Dentro de la Mecánica de Suelos, la plasticidad se puede definir como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin variación de volumen apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. [17]

### 2.1.1.13. Límites de Atterberg

También llamados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así, cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, tiende a fluir como un líquido. Por el contrario, si el suelo se seca gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido (estados de consistencia), dependiendo del agua contenida. [15]

De este modo, los límites de Atterberg se definen como las fronteras entre los estados de consistencia. En la Figura 4 se pueden observar los diferentes estados de consistencia del suelo, además de los límites que los separan.

**Figura 4.** Límites de Atterberg.



**Fuente:** Braja M. Das “Fundamentos de ingeniería geotécnica”. 2013 [17]

- **Límite líquido**

Es el contenido de humedad en el cual un suelo en estado plástico comienza a fluir bajo la acción de una fuerza aplicada. Está dado por la cantidad de agua que contiene un suelo en el momento en que comienza a comportarse como un fluido y deja de comportarse como una masa sólida. [15]

- **Límite plástico**

Es el contenido de humedad en el cual un suelo en estado plástico deja de ser moldeable y comienza a agrietarse, sin perder sus propiedades plásticas, bajo la acción de una fuerza aplicada. [15]

- **Límite de contracción**

La masa de suelo se contrae a medida que éste pierde humedad gradualmente. Con la pérdida continua de humedad se alcanza un estado de equilibrio hasta el punto en el que más pérdida de humedad no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional. El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el cambio de volumen de la masa de suelo cesa se define como límite de contracción. [17]

- **Índice de Plasticidad**

Es el porcentaje de agua gravimétrico en el suelo entre el límite superior e inferior de plasticidad. Esto es, que indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica. [15]

#### **2.1.1.14. Clasificación de suelos**

Los suelos pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función de las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería. En la actualidad, dos elaborados sistemas de clasificación que utilizan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos son comúnmente utilizados para aplicaciones ingenieriles. Se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). [17]

- **Método AASHTO**

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

- **Método SUCS**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) emplea el mismo principio del método AASHTO, con la diferencia que para identificar la clasificación del suelo se hace uso de lo presentado en la Figura 5.

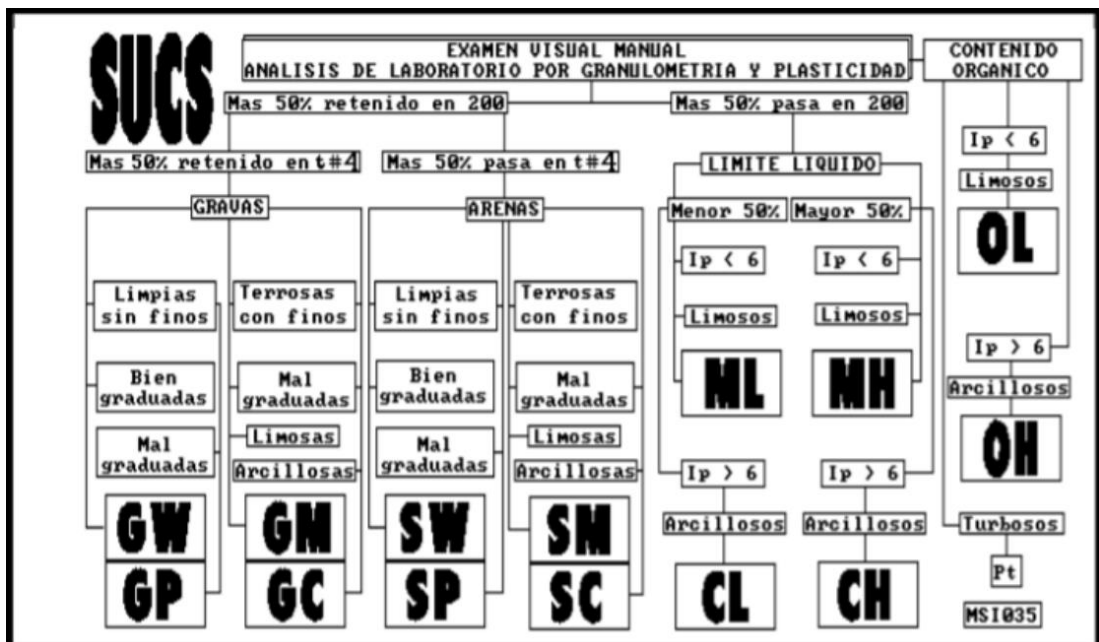
**Tabla 4.** Clasificación AASHTO M-145

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

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

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

**Figura 5.** Clasificación de suelo por el método SUCS



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

#### 2.1.1.15. Ensayo Proctor

El ensayo Proctor sirve para estimar la compactación máxima que puede alcanzar un suelo en relación con su grado de humedad en el laboratorio. Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados: el ensayo Proctor Estándar y el ensayo Proctor modificado. La diferencia entre ambos radica en la mayor energía utilizada en el modificado. Con estos ensayos se determina la máxima densidad seca que es posible alcanzar para suelos en determinadas condiciones de humedad. [18]

#### 2.1.1.16. CBR

El CBR es un método utilizado para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, subbase y base de pavimentos. Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros Stanton y Porter del Departamento de Carreteras de California, de ahí su nombre California Bearing Ratio (CBR) que en español significa Relación de Soporte California. En algunos países también se le conoce como Valor Relativo Soporte (VRS). Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras. [17]

**Tabla 5.** Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR

CBR	Clasificación general	Uso
2-5	Muy mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante
8-20	Regular - Buena	Subrasante
20-30	Excelente	Subrasante
30-60	Buena	Subbase
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

**Fuente:** AASHTO-93, Diseño de pavimentos

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 2.1.1.17. Densidad en campo y humedad natural

La densidad es una medida del estado de empaquetamiento de las partículas del suelo y para esto la densidad seca es una de las medidas más apropiadas.

La densidad de campo se realiza con el propósito de determinar las densidades húmeda y seca y, el contenido de humedad (humedad natural) del suelo in situ, para luego ser

comparado con densidad máxima del laboratorio con el propósito de determinar el grado de compactación. [19]

### 2.1.1.18. Contenido de asfalto

Es el porcentaje de asfalto incorporado en la mezcla. Parte del asfalto será absorbido por el agregado y el resto de asfalto formará una película que rodean las partículas. A los primeros se les denomina asfalto absorbido y al segundo asfalto efectivo. El óptimo contenido de asfalto de la mezcla está en función de la granulometría y el porcentaje de absorción del material. [20]

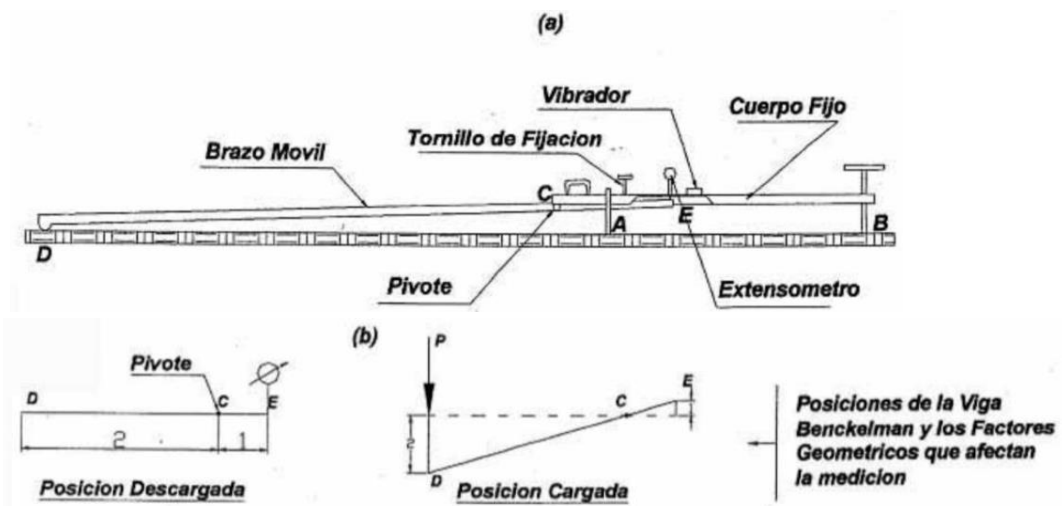
### 2.1.1.19. Deflexiones en pavimento flexible

Antes de examinar las medidas de deflexión realizadas con la viga Benkelman, es necesario describir los principales tipos de deformación a los que están sujetos los pavimentos. Todos los pavimentos, por muy bien diseñados y construidos que estén, sufren pequeñas deformaciones provocadas principalmente por la acción de las cargas de las ruedas. [21]

### 2.1.1.20. Medición de deflexiones

El instrumento que se ha utilizado en todo el mundo para medir la deflexión del pavimento es la viga Benkelman, diseñada por A. C. Benkelman, anteriormente miembro de la Oficina de Carreteras Públicas de los EE. UU., y utilizada por primera vez en la prueba de carretera WASHO en 1953. [21]

**Figura 6.** Esquema (a) y principio de operación (b) de la Viga Benkelman



**Fuente:** M. Gonzales & J. Valencia. “Deformaciones admisibles de subrasantes en proyectos de pavimentos” 2015 [22]



La viga de Benkelman se basa en un principio de brazo de palanca simple y utiliza indicadores de cuadrante para medir la deflexión de la superficie bajo una carga aplicada. [23]

#### 2.1.1.21. Rehabilitación vial

La rehabilitación vial puede ser definida como la acción de llevar una carretera deteriorada a su condición original. De esta manera se entiende que las actividades de rehabilitación implican el conocimiento del estado actual de la vía, es decir, la necesidad de evaluar su condición tanto superficial como estructural. [12]

Por lo general, la rehabilitación se inicia utilizando criterios de deterioro del pavimento o algún índice que refleje el tipo de deterioro presente y su extensión/gravedad, como es el caso del PCI. [24]

En la Tabla 6, se presentan las diferentes opciones de reparo en función del tipo de anomalía y su severidad, contemplados en la metodología PCI.

**Tabla 6.** Opciones de reparo en función del tipo de anomalía y su severidad.

N.º	Anomalía	Severidad	Opciones de reparo
1	<b>Piel de Cocodrilo</b>	Baja	No haga nada; Sello Superficial; Recubrimiento.
		Media	Parchado parcial o completo; Recubrimiento; Reconstrucción.
		Alta	Parchado parcial o completo; Recubrimiento; Reconstrucción.
2	<b>Exudación o Sangrado</b>	Baja	No haga nada.
		Media	Aplique arena / agregado y rodillo.
		Alta	Aplique arena / agregado y rodillo.
3	<b>Agrietamiento en Bloque</b>	Baja	Sellar grietas sobre 1/8 pulgadas (3.2 mm); Sello Superficial.
		Media	Sellar grietas; Reciclar superficie; Escarificar en caliente y recubrir.
		Alta	Sellar grietas; Reciclar superficie; Escarificar en caliente y recubrir.
4	<b>Bombeo y Hundimiento</b>	Baja	No haga nada.
		Media	Parchado longitudinal superficial, parcial o totalmente.
		Alta	Parchado profundo superficial, parcial o totalmente; Recubrir.

<b>N.º</b>	<b>Anomalía</b>	<b>Severidad</b>	<b>Opciones de reparo</b>
<b>5</b>	<b>Corrugación</b>	Baja	No haga nada.
		Media	Reconstrucción.
		Alta	Reconstrucción.
<b>6</b>	<b>Depresiones</b>	Baja	No haga nada.
		Media	Parchado profundo superficial, parcial o total.
		Alta	Parchado profundo superficial, parcial o total.
<b>7</b>	<b>Agrietamiento de Borde</b>	Baja	No haga nada; Sellar las grietas mayores a 1/8 pulgadas (3 mm).
		Media	Sellado de grietas; Parchado profundo parcial.
		Alta	Parchado profundo parcial.
<b>8</b>	<b>Agrietamiento Reflejo de Juntas</b>	Baja	Sellado de grietas mayores a 1/8 pulgadas (3 mm).
		Media	Sellado de grietas; Parchado profundo parcial.
		Alta	Parchado profundo parcial; Reconstrucción Juntas.
<b>9</b>	<b>Caída Externa de Vía / Hombrera</b>	Baja, Media y Alta	Rellenar las hombreras hasta emparejar con el borde del pavimento.
<b>10</b>	<b>Agrietamiento Longitudinal y Transversal</b>	Baja	No haga nada; Sellado de grietas mayores a 1/8 pulgadas (3 mm).
		Media	Sellado de grietas.
		Alta	Sellado de grietas; Parchado profundo parcial.
<b>11</b>	<b>Parchados</b>	Baja	No haga nada.
		Media	No haga nada; Reemplazar el parchado.
		Alta	Reemplazar el parchado.
<b>12</b>	<b>Agregados Pulidos</b>	Baja, Media y Alta	No haga nada; Tratamiento Superficial; Recubrimiento; Fresar y recubrir.
<b>13</b>	<b>Baches</b>	Baja	No haga nada; Parchado profundo parcial o total.
		Media	Parchado profundo parcial o total.
		Alta	Parchado profundo total.
<b>14</b>	<b>Cruce de Ferrocarril</b>	Baja	No haga nada.
		Media	Parchado próximo y profundo, Superficial o Parcial.
		Alta	Reconstrucción del Cruce.

N.º	Anomalía	Severidad	Opciones de reparo
15	Ruteo	Baja	No haga nada; Fresar y recubrir.
		Media	Parchado profundo superficial, parcial o total; Fresar y recubrir.
		Alta	Parchado profundo superficial, parcial o total; Fresar y recubrir.
16	Empellones	Baja	No haga nada; Fresar.
		Media	Fresar; Parchado profundo parcial o total.
		Alta	Fresar; Parchado profundo parcial o total.
17	Agrietamiento Media Luna	Baja	No haga nada; Parchado profundo parcial.
		Media	Parchado profundo parcial.
		Alta	Parchado profundo parcial.
18	Protuberancia	Baja	No haga nada.
		Media	No haga nada; Reconstrucción.
		Alta	Reconstrucción.
19	Intemperismo	Baja	No haga nada; Sello Superficial; Tratamiento Superficial.
		Media	Sello Superficial; Tratamiento Superficial; Recubrimiento.
		Alta	Tratamiento Superficial; Recubrimiento; Reciclaje; Reconstrucción.

**Fuente:** UMSS, “Manual completo de diseño de pavimentos.”[7]

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

De las opciones de reparo presentadas en la Tabla 6, se presenta a continuación imágenes de las más relevantes:

**Figura 7.** Sellado de grietas



**Fuente:** TRABIT “Ficha técnica de sellado de grietas” 2005 [25]

**Figura 8. Fresado**



**Fuente:** ASFALVIAS, “Asfaltados y Pavimentos”. 2021 [26]

**Figura 9. Bacheo**



**Fuente:** W. Sánchez, “Bacheo y Mantenimiento Rutinario”. 2021 [27]

#### **2.1.1.22. Tratamientos Superficiales**

Dentro de la categoría de tratamientos superficiales se encuentran todas las aplicaciones de asfalto, con o sin agregados, que se hacen sobre cualquier camino de tierra o superficie de pavimento, y cuyo espesor por lo general es menor a una pulgada. Los tratamientos superficiales sellan y sirven para prolongar la vida de los caminos, teniendo a la vez propósitos especiales según sea su tipo. Entre los diversos tratamientos existentes podemos mencionar:

- Tratamiento superficial simple y múltiple.
- Tratamiento superficial con aplicación única de asfalto.
- Riego de imprimación.
- Riego antipolvo.
- Lechadas asfálticas. [28]

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general**

Realizar una propuesta de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 0+000 hasta km 3+800 del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar un levantamiento topográfico de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 0+000 hasta km 3+800 del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.
- Realizar el aforo vehicular mediante conteo manual 12 horas diarias 7 días a la semana, para el cálculo del TPDA actual de la vía.
- Calificar el estado actual del pavimento existente, mediante el análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para el tramo y secciones determinadas.
- Estimar las deflexiones elásticas del pavimento mediante el ensayo de la viga Benkelman y las características de las capas del pavimento.
- Proponer un proceso de conservación del pavimento existente, mediante el análisis del tipo de tratamiento necesario y/o técnicas de reparación, de acuerdo con las especificaciones técnicas AASHTO y MTOP.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Materiales

A continuación, se especifican los diferentes materiales y equipos utilizados que sirvieron para la ejecución de los objetivos anteriormente presentados.

- **Levantamiento georreferenciado**

**Tabla 7.** Materiales y equipo – Levantamiento georreferenciado

Ensayos	Materiales	Equipos
Levantamiento Georreferenciado	Espray de pintura, clavos de hierro, combo	Receptor Satelital GPS, cinta métrica (50m)

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

**Tabla 8.** Especificaciones del equipo – Levantamiento georreferenciado

Espray de pintura	Cinta métrica	Receptor Satelital GPS Marca: GRAMIN Modelo: Oregon 650
		

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

- **Estudio de tráfico**

En el estudio de tráfico los materiales empleados fueron:

- Hojas con el formato de conteo vehicular
- Cronómetro
- Software Microsoft Excel

- **Evaluación de la condición del pavimento**

Se hizo uso del siguiente material:

- Hojas con el formato de inspección en campo
- Manual de anomalías PCI
- Flexómetro
- Regla
- Equipo de seguridad (chaleco, casco, cono)

- **Estudio de suelos**

**Tabla 9.** Materiales y equipo – Estudio de suelos

<b>Ensayos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Toma de muestras alteradas	Muestra de suelo, fundas	Barra, pico, pala, flexómetro (5m)
Análisis Granulométrico	Muestra de suelo	Tamices, tamizadora, balanza
Límite Líquido	250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua	Copa de Casagrande, recipientes, ranurador, horno, balanza, espátula
Límite Plástico	250g de muestra de suelo tamizado por el tamiz #40, agua	Placa de vidrio, recipientes, horno, balanza, espátula
Contenido de humedad de los suelos	Muestra de suelo	Horno, balanza, recipientes, equipo de manipulación de recipientes, otros utensilios.
Proctor Modificado	20 kg de muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, probeta, balanza, enrasador, bandeja, horno
Densidad en campo	Fundas, arena de Ottawa, clavos de hierro	Cono de arena, placa base, combo, cucharón, brocha, balanza
CBR	20 kg de muestra de suelo, agua	Moldes cilíndricos de metal, martillo compactador, probeta, balanza, enrasador, bandeja, horno, pesa anular, máquina multispeed, diales con trípode

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

**Tabla 10.** Especificaciones del equipo – Estudio de suelos

<p><b>Flexómetro</b></p> 	<p><b>Tamices</b></p> 	<p><b>Tamizador mecánico</b> Marca: CONTROLS</p> 
<p><b>Balanza</b> Marca: Sartorius</p> 	<p><b>Copa de Casagrande</b> Marca: Humboldt</p> 	<p><b>Horno</b> Marca: Humboldt</p> 
<p><b>Placa de vidrio</b></p> 	<p><b>Moldes cilíndricos</b></p> 	<p><b>Martillo compactador</b></p> 
<p><b>Probeta</b></p> 	<p><b>Pesas anulares</b></p> 	<p><b>Máquina multispeed</b> Marca: CONTROLS</p> 
<p><b>Dial con trípode</b></p> 	<p><b>Cono de arena</b></p> 	<p><b>Equipos varios</b></p> 

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro



- **Estudio Estructural del Pavimento**

**Tabla 11.** Materiales y equipo – Estudio del Pavimento

<b>Ensayos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Toma de muestras de asfalto	Fundas	Combo, cincel
Contenido de asfalto	500g de muestra disgregada, 2 gal de gasolina	Máquina centrifugadora, balanza, papel filtro, recipientes
Análisis Granulométrico	Muestra de suelo (áridos sin asfalto)	Tamices, tamizadora, balanza
Medición de deflexiones	Agua, tiza	Viga Benkelman, cincel, combo, termómetro, flexómetro (5m), volqueta (8.2ton)

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

**Tabla 12.** Especificaciones del equipo – Estudio del Pavimento

<b>Máquina centrifugadora</b> Marca: CONTROLS	<b>Papel filtro</b>	<b>Viga Benkelman</b> Marca: CONTROLS
		
<b>Termómetro</b>	<b>Volqueta</b> Marca: HINO Modelo: GH 1828	<b>Equipos varios</b>
		

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Los equipos presentados que se utilizaron para la ejecución del presente proyecto fueron facilitados por el laboratorio de Mecánica de suelo de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **3.2. Métodos**

#### **3.2.1. Datos del proyecto técnico**

- **Bibliográfica**

Durante la ejecución del presente proyecto, para el adecuado desarrollo del tema, se hizo uso de material de apoyo como fuentes bibliográficas, libros, artículos y normas para la recopilación de datos, definiciones y conceptos que traten sobre estrategias, métodos e intervenciones a las vías ya existentes, para así poder conservar y mantener su vida útil.

- **De Campo**

Para la ejecución de proyecto es necesario realizar visitas periódicas a la vía, en donde se llevarán a cabo varias actividades y ensayos como: obtención de datos georreferenciados en el sitio, extracción de muestras de suelo para los ensayos en laboratorio, ensayo de densidad de campo, conteo vehicular para la determinación del TPDA, aplicación de la Viga Benkelman para la obtención de las deflexiones del pavimento y la identificación visual de cada falla presente en la superficie de la vía para el cálculo del PCI.

- **De Laboratorio**

Se llevó a cabo una investigación en campo con el material recolectado en campo con el fin de conocer las propiedades y características de las muestras ensayadas. Para la realización de estos ensayos se hizo uso de los equipos y material previamente presentados.

#### **3.2.2. Fases del proyecto**

Para la ejecución del presente proyecto se decidió dividir las actividades realizadas en fases, las cuales se detallan a continuación:

### **3.2.2.1. Fase 1: Levantamiento de información y Análisis de tráfico**

Esta primera fase contempla las actividades de reconocimiento de la vía, tanto de su topografía como del comportamiento de tráfico sobre esta.

- **Levantamiento Topográfico**

Se obtuvo un levantamiento topográfico con la ayuda de un GPS de precisión marca GRAMIN modelo Oregon 650, a la par de un abscisado cada 50 m y mediciones del ancho del pavimento. El proyecto tiene una longitud de 3800 m correspondiente al tramo inicial de la vía Camino Real (Norte) del Cantón Ambato Provincia de Tungurahua.

- **Aforo vehicular**



El aforo vehicular se lo realizó mediante conteo manual durante 7 días seguidos correspondientes a una semana, siendo desde el lunes 9 de mayo hasta el domingo 15 de mayo de 2022, en el horario de 06:00 a 18:00 (12 horas) realizando el registro en intervalos de 15 minutos.

Se realizó de forma adicional un conteo manual el miércoles 08 de junio de 2022 en el horario de 18:00 a 06:00 en intervalos de 15 minutos, con la finalidad de obtener el porcentaje de tráfico en dicho horario. Los días de conteo no estuvieron afectados por ningún tipo de evento especial.

La estación de conteo se ubicó en la abscisa 0+000.

En la siguiente figura se muestra el formato sobre el cual se registraron los datos del conteo manual.

Figura 10. Formato de tabla para conteo vehicular

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 								
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA							
<b>ELABORADO POR</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos					
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>FECHA:</b>	lunes, 09 de mayo de 2022					
CONTEO VEHICULAR DÍA 1								
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL	
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES					TOTAL CAMIONES
			C-2P	C-2G	C-3	C>3		
6:00 - 6:15								
6:15 - 6:30								
6:30 - 6:45								
6:45 - 7:00								
7:00 - 7:15								
7:15 - 7:30								
7:30 - 7:45								
7:45 - 8:00								
8:00 - 8:15								
8:15 - 8:30								
8:30 - 8:45								
8:45 - 9:00								
9:00 - 9:15								
9:15 - 9:30								
9:30 - 9:45								
9:45 - 10:00								
10:00 - 10:15								
10:15 - 10:30								
10:30 - 10:45								
10:45 - 11:00								
11:00 - 11:15								
11:15 - 11:30								
11:30 - 11:45								
11:45 - 12:00								
12:00 - 12:15								
12:15 - 12:30								
12:30 - 12:45								
12:45 - 13:00								
13:00 - 13:15								
13:15 - 13:30								
13:30 - 13:45								
13:45 - 14:00								
14:00 - 14:15								
14:15 - 14:30								
14:30 - 14:45								
14:45 - 15:00								
15:00 - 15:15								
15:15 - 15:30								
15:30 - 15:45								
15:45 - 16:00								
16:00 - 16:15								
16:15 - 16:30								
16:30 - 16:45								
16:45 - 17:00								
17:00 - 17:15								
17:15 - 17:30								
17:30 - 17:45								
17:45 - 18:00								
<b>TOTAL</b>								

Elaborado por: Christian Paúl Alqui Castro

Las secciones en las que fue dividido el formato son las siguientes:

1. Consiste en el encabezado el cual se muestran los datos informativos tales como son el nombre de la universidad, facultad, nombres, fechas, ubicación y el número de estación.
2. En esta sección se muestran el intervalo en el cual se registra la circulación de los vehículos cada 15 minutos.
3. En esta parte de la tabla se ubican los vehículos clasificados por livianos, buses y camiones, y los camiones a su vez se clasifican por su número de ejes: 2 ejes, 3 ejes y mayor a 3 ejes.
4. La sección 4 refleja el valor total de los vehículos registrados en intervalos de 15 minutos.
5. Esta sección indica el valor total de vehículos que transitan por día y en total dentro del tramo de la vía en estudio durante 12 horas.

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

Para el cálculo del TPDA se recurrieron a las técnicas estadísticas aplicadas a la ingeniería de tránsito las cuales nos indican que se pueden expandir los valores de tráfico promedio diario semanal (TPDS) a valores de tráfico promedio diario anual (TPDA). [29]

### **3.2.2.2. Fase 2: Evaluación de la condición del pavimento**

Esta fase corresponde a un trabajo de campo en donde se identifican los daños presentes en el pavimento teniendo en cuenta el tipo de anomalía, severidad y extensión de estas, para el posterior cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

- **Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

Para determinar el PCI de una vía, primero se dividió la vía en unidades de inspección, llamadas “Unidades de Muestreo”, las cuales son una porción de una sección de pavimento designada solo con los propósitos de la inspección del pavimento. Para carreteras con pavimentos flexibles, una unidad de prueba deberá contener un área de  $232 \pm 93 \text{ m}^2$ . [7] Después se determinó el número mínimo de unidades de muestreo a ser evaluadas. Este procedimiento se detalla en la norma ASTM D 6433.



El formato de registro de datos y cálculos posteriores presenta las siguientes partes divididas en secciones:

1. En el encabezado se presentan los datos informativos acerca de la institución y el nombre del proyecto.
2. En esta parte de la tabla se muestran los datos generales como la vía, tramo, unidad de prueba, la persona que realizó la inspección, fecha, el área de muestreo, la abscisa inicial y la abscisa final.
3. Aquí se muestra gráficamente la ubicación de los daños de la calzada de cada una de las unidades de muestreo.
4. Se muestran los tipos de fallas que pueden existir en el pavimento, su descripción y su unidad.
5. En esta sección se coloca el número de daño, la severidad del daño, sus respectivas cantidades, la densidad (%) y el valor deducido de la densidad total.
6. Aquí se colocan las iteraciones necesarias para el cálculo del PCI, y los resultados obtenidos.

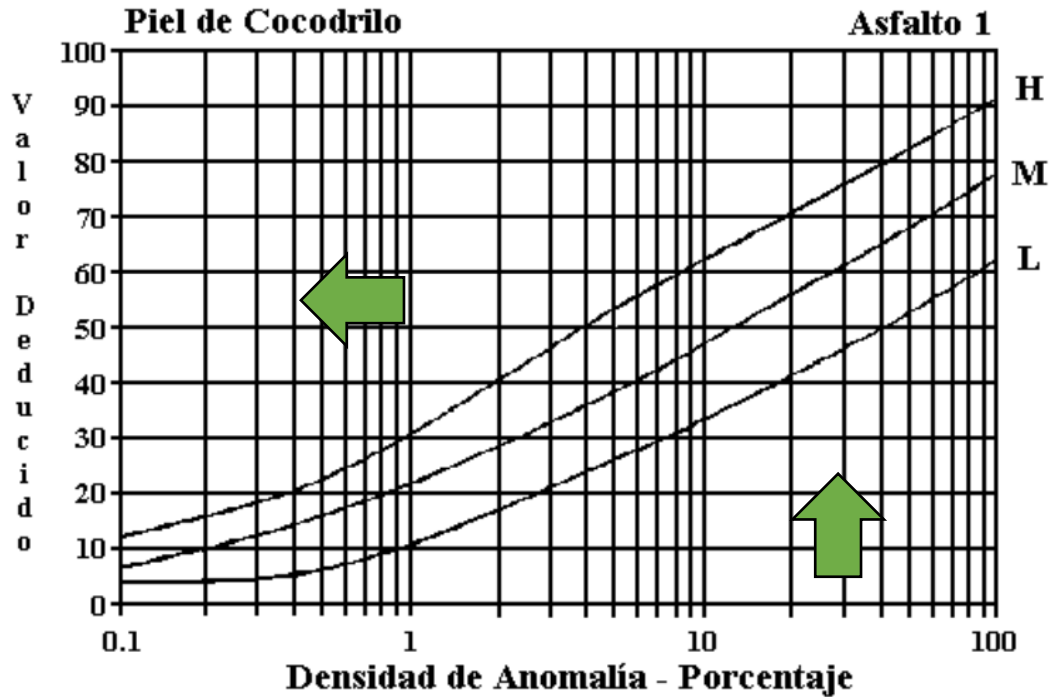
Terminada la inspección en campo se procede a realizar los cálculos para la obtención de valores deducidos y posterior cálculo del PCI.

Primero, para determinar los valores deducidos se suma el total de cantidad por cada tipo de falla y nivel de severidad, ajustándolo todos a una sola columna (columna “TOTAL” de la sección 5 del formato presentado en la Figura 11). Posterior a ello se calcula la densidad de las fallas, mediante la siguiente ecuación:

$$DENSIDAD = \frac{\text{Área total de la falla (m}^2\text{)}}{\text{Área de la unidad de muestreo (m}^2\text{)}} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Con este valor de densidad se obtiene el valor deducido por cada tipo de falla según el nivel de severidad, esto se lo realiza mediante la ayuda de nomogramas. A continuación, se presenta a manera de ejemplo el nomograma de valores deducidos para el tipo de falla Piel de Cocodrilo.

**Figura 12.** Nomograma de Valores deducidos – Piel de Cocodrilo



**Fuente:** UMSS, “Manual completo de diseño de pavimentos.”[7]

Para el uso del nomograma, se ingresa por el eje X el valor de densidad calculado hasta que intercepte con la curva correspondiente al nivel de severidad, siendo L=bajo (LOW), M=Medio (MEDIUM) y H=Alto (HIGH), y desde ahí se dirige hacia el eje Y obteniendo así el valor deducido. Todos los nomogramas utilizados se encuentran en el **Anexo B2**.

### **3.2.2.3. Fase 3. Estudio de Suelos**

Esta fase abarca la metodología seguida para la determinación de las propiedades y características del suelo del proyecto.

En la Tabla 13 se enlistan las actividades en campo y ensayos de laboratorio que se realizaron junto a su respectiva norma de referencia.



**Tabla 13.** Ensayos y Normas – Estudio de Suelos

<b>Ensayos</b>	<b>Norma</b>
Toma de muestras alteradas	NTE INEN 686
Análisis granulométrico	ASTM C136
Límite líquido	ASTM D4318
Límite plástico	ASTM D4318
Contenido de humedad de los suelos	ASTM D2216
Proctor modificado	AASHTO T-180 ASTM D1557
Densidad en campo	ASTM D1556
CBR	ASTM D1883

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### **3.2.2.4. Fase 4. Estudio estructural del pavimento**

Esta última fase corresponde a los ensayos tanto en campo como en laboratorio para la determinación del estado actual del pavimento, obteniendo el contenido de asfalto presente, determinando la distribución de tamaños de los áridos sin asfalto y midiendo las deflexiones elásticas mediante la viga Benkelman.

A continuación, se enlistan dichas actividades y sus respectivas normas de referencia.

**Tabla 14.** Ensayos y Normas – Estudio del pavimento

<b>Ensayos</b>	<b>Norma</b>
Contenido de asfalto	ASTM D2172
Análisis granulométrico	ASTM C136
Medición de deflexiones	AASHTO T256

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Análisis y discusión de los resultados

##### 4.1.1. Ubicación del proyecto

El proyecto corresponde a un tramo de la vía Camino Real (Norte) iniciando su recorrido en la abscisa 0+000 hasta la 3+800, dicho tramo se encuentra en su totalidad dentro de la parroquia Atahualpa, cantón Ambato provincia de Tungurahua. El tramo tiene una longitud de 3.8 km presentando las siguientes coordenadas geográficas:

**Tabla 15.** Coordenadas de ubicación del proyecto

Abscisa	Coordenada Norte	Coordenada Este
0+000 (Inicio)	9865441.3	765519.2
3+800 (Final)	9869162.5	766110.5

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

**Figura 13.** Vía Camino Real (Norte) abscisa 0+000 a 3+800



**Fuente:** Google Earth

#### 4.1.2. Levantamiento georreferenciado de la vía

Para el análisis georreferenciado de la vía Camino Real (Norte) en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+800, se utilizó un GPS de precisión marca GRAMIN modelo Oregon 650, adicional a ello se consideró un abscisado cada 50 m en donde se midieron los anchos de la vía.

Estos datos fueron llevados a un software que nos permite obtener el modelo digital de la vía (**Anexo F**).

De los datos procesado podemos destacar que el ancho promedio de la calzada es de 7.7 m y que en toda la totalidad del tramo existen dos carriles, uno por cada sentido.

#### 4.1.3. Análisis de tránsito

Siguiendo la metodología presentada en el Capítulo II se procedió con el conteo manual de los días 09 de mayo al domingo 15 de mayo de 2022. Los datos registrados del conteo vehicular se detallan en el **Anexo A**.

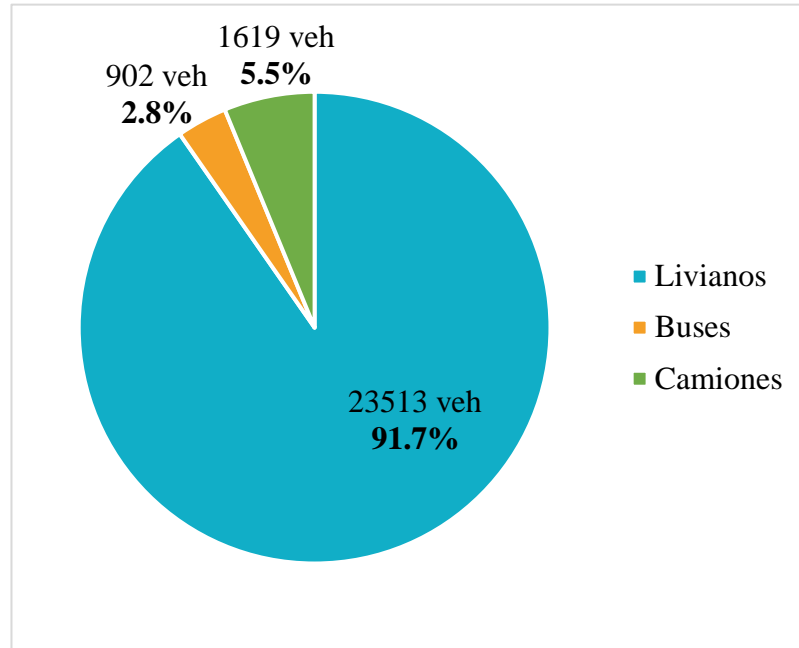
A continuación, se presenta un resumen de los vehículos totales contados por cada día de la semana (Tabla 16) y la composición por tipo de vehículo (Figura 14) de la abscisa en donde se realizó el conteo (Km 0+000) en el intervalo de 06:00 a 18.

**Tabla 16.** Resumen conteo vehicular (06:00 a 18:00)

<b>Día</b>	<b>Número de vehículos</b>
Lunes	4140
Martes	4075
Miércoles	3833
Jueves	4017
Viernes	4100
Sábado	3316
Domingo	2553
<b>Total Semana</b>	<b>26034</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

**Figura 14.** Composición vehicular



**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Durante el lunes 09 de mayo se registró la hora con mayor afluencia de vehículos durante la semana de estudio, siendo la hora pico en el intervalo de 07:00 a 8:00 llegando a un total de 610 vehículos como se indica en la siguiente tabla:

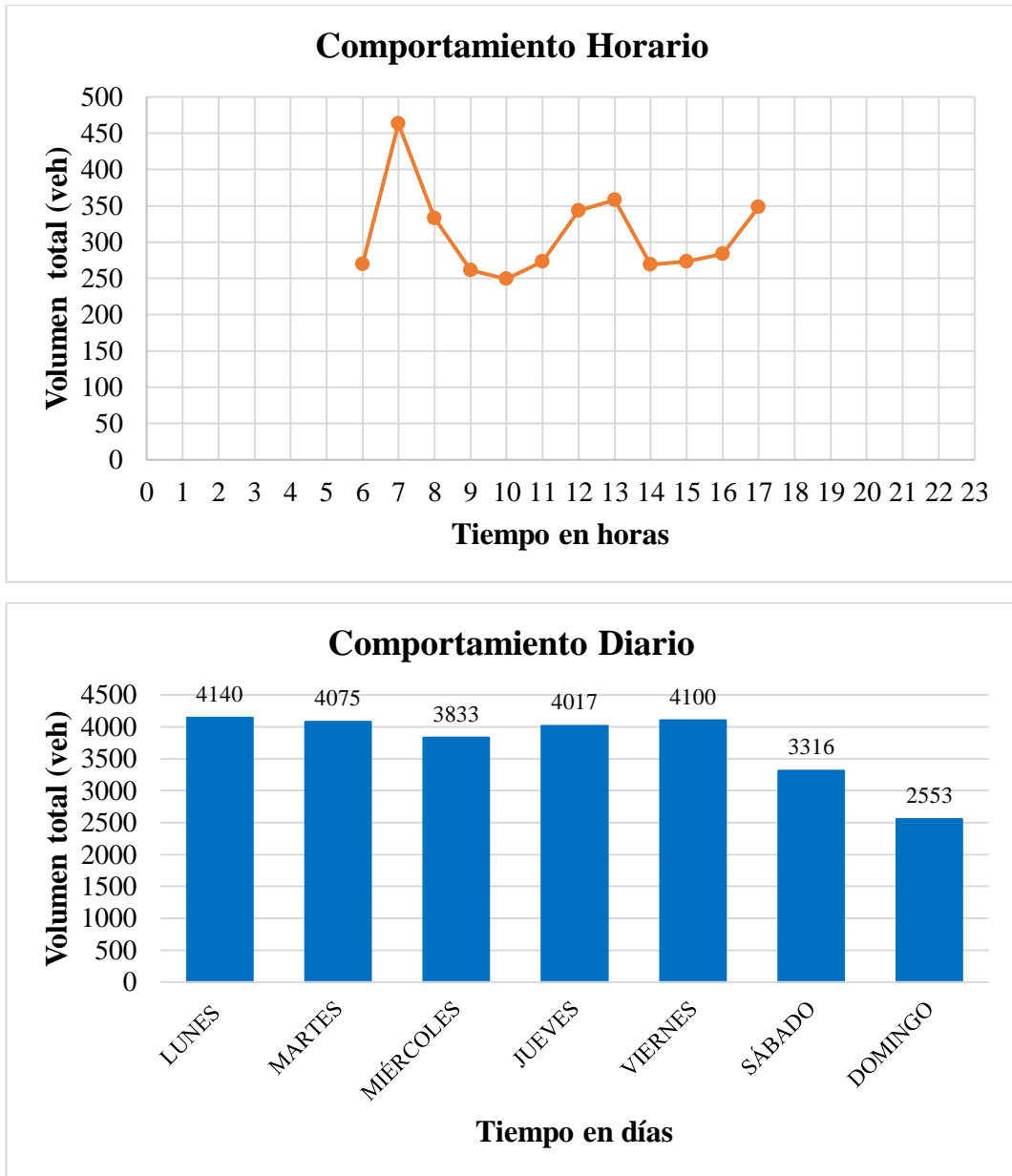
**Tabla 17.** Registro de la hora pico

HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
7:00-7:15	129	8	2	2	0	0	4	141	610
7:15-7:30	193	8	5	3	0	0	8	209	
7:30-7:45	113	6	5	1	0	0	6	125	
7:45-8:00	121	7	5	2	0	0	7	135	

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Con los datos registrados se obtuvo el comportamiento diario y horario del tránsito del tramo de vía en estudio, los cuales son representados gráficamente a continuación:

**Figura 15.** Comportamiento Horario y Diario del tránsito



**Elaboración:** Christian Paúl Alqui Castro

Del comportamiento horario podemos observar que el pico más alto de tránsito en las correspondientes 12 horas de estudio se dio a las 07:00. Por otra parte, en el comportamiento diario se observa como de lunes a viernes el tránsito es casi uniforme, siendo el lunes el día de mayor tránsito, por su parte el fin de semana el tránsito decae, observándose que el domingo es el día con menor tránsito de la semana.

Al calcular el promedio diario de los valores del comportamiento diario obtenemos 3720 vehículos, que al compararlo con la misma gráfica se obtiene que el miércoles es el día más cercano al promedio.

Por este razonamiento se decidió realizar un conteo adicional el miércoles 8 de junio de 2022 en el intervalo de 18:00 a 06:00 (**Anexo A-8**)

La estación de conteo se ubicó en la abscisa 3+800.

De este conteo se obtuvieron los siguientes resultados:

- De 18:00 a 24:00 un total de 620 vehículos.
- De 00:00 a 06:00 un total de 26 vehículos.

Al contar con los datos del conteo de la estación 3+800 se sabe que el total de vehículos correspondientes al miércoles en el intervalo de 06:00 a 18:00 es de 2883 vehículos, con estos datos se procedió a calcular el porcentaje de tráfico en los siguientes intervalos:

**Tabla 18.** Porcentajes de tráfico

<b>Intervalo de tiempo</b>	<b>Número de vehículos</b>	<b>Porcentaje de tráfico</b>
00:00 - 06:00	86	2.4%
06:00 - 18:00	2883	80.3%
18:00 - 24:00	620	17.3%
<b>TOTAL</b>	<b>3589</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### **4.1.3.1. Estimación del TPDA**

Para determinar el TPDA primero se realizó el cálculo del TPDS (Tránsito Promedio Diario Semanal) proyectando los datos del conteo vehicular en el intervalo de 06:00 a 18:00 presentados en la Tabla 16 utilizando los porcentajes de tráfico calculados presentados en la Tabla 18, obteniendo así los siguientes resultados:

**Tabla 19.** Cálculo del TPDS

<b>CÁLCULO DEL TPDS</b>					
<b>Intervalo de tiempo</b>		00:00 - 06:00	06:00 - 18:00	18:00 - 24:00	
<b>Porcentaje de tráfico</b>		2.4%	80.3%	17.3%	<b>TOTAL</b>
<b>Día (veh)</b>	<b>Lunes</b>	124	4140	891	5155
	<b>Martes</b>	122	4075	877	5074
	<b>Miércoles</b>	115	3833	825	4773
	<b>Jueves</b>	120	4017	864	5001
	<b>Viernes</b>	123	4100	882	5105
	<b>Sábado</b>	99	3316	714	4129
	<b>Domingo</b>	77	2553	550	3180

<b>TPDS</b>	<b>4631</b>
-------------	-------------

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

El TPDS presente en la Tabla 19 no es más que el promedio de los vehículos totales por día durante toda la semana. Con este valor se procedió al cálculo del TPDA.

El Volumen N.º 6 correspondiente a Conservación Vial de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 presenta la siguiente ecuación para el cálculo del TPDA en función del TPDS:

$$TPDA = TPDS \pm Z_c * \frac{S}{\sqrt{n}} * \left[ \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right] \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

**Zc:** Valor crítico o coeficiente de confianza, depende del nivel de confianza deseado. Para una distribución normal y un nivel de confianza de 90%,  $Z_c = 1.64$ . Si el nivel de confianza se aumenta a 95%,  $Z_c = 1.96$ . [29]

**S:** Desviación estándar de la muestra

**n:** Tamaño de la muestra (7 días)

**N:** Tamaño de la población (número de días del año)

La norma NEVI-12 muestra también como calcular la desviación estándar S presente en la ecuación (Ec. 3.1).

- **Cálculo de S**

$$S = \sqrt{\frac{\sum(TDi - TPDS)^2}{n - 1}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra (7 días)

TDi: Volumen de tránsito del día “i”

$$S = \sqrt{\frac{\sum(TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{3209970}{7 - 1}}$$

$$S = 731.43$$

- **Cálculo del TPDA**

Mediante la ecuación (Ec. 3.1) y con un nivel de confianza de 95% calculamos el TPDA:

$$TPDA = TPDS \pm Zc * \frac{S}{\sqrt{n}} * \left[ \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right]$$

$$TPDA = 4631 \pm 1.96 * \frac{731.43}{\sqrt{7}} * \left[ \sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right]$$

$$4094 \leq TPDA \leq 5169$$

Escogemos el valor más desfavorable:

$$TPDA = 5169 \text{ veh/día}$$

El TPDA del tramo de vía estudiado es de 5196 veh/día. Se indica además que al tratarse de una vía existente no se contempla un tráfico atraído para el cálculo del tráfico futuro. De igual forma, debido a las características y ordenanzas vigentes de la vía no es factible realizar una ampliación de esta.



#### 4.1.3.2. Cálculo del tráfico futuro

Para la determinación del tráfico proyectado es necesario plantearse un periodo de 20 años que inicia en el 2022 hasta el 2042 y aplicando la siguiente ecuación:

$$Tf = TPDA (1 + i)^n \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

Tf: Tráfico futuro

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de años proyectados

En la siguiente tabla se presentan índices de crecimiento vehicular obtenidos mediante datos de matriculación vehicular de Tungurahua, datos recopilados de la página oficial del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

**Tabla 20.** Índice de crecimiento vehicular para Tungurahua

Periodo	Índice de crecimiento
2022 - 2026	0.81%
2027 - 2031	0.66%
2031 - 2036	0.55%
2041 - 2046	0.47%

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Usando los valores de la Tabla 20 y desarrollando la ecuación (Ec. 3.3) se procede a calcular el tráfico futuro por tipo de vehículo obteniendo los resultados presentados en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Tráfico proyectado

Año	Tasa de crecimiento (%)	Tráfico Futuro (veh/día)						TPDA futuro (veh/día)
		Livianos	Buses	Camiones				
				C-2P	C-2G	C3	C>3	
2022	0.81%	4668	179	233	74	11	3	5168
2023	0.81%	4706	181	235	75	12	4	5213
2024	0.81%	4744	182	237	76	12	4	5255
2025	0.81%	4783	184	239	76	12	4	5298
2026	0.81%	4822	185	241	77	12	4	5341
2027	0.66%	4825	185	241	77	12	4	5344
2028	0.66%	4856	187	243	77	12	4	5379
2029	0.66%	4888	188	244	78	12	4	5414
2030	0.66%	4921	189	246	78	12	4	5450
2031	0.66%	4953	190	248	79	12	4	5486
2032	0.55%	4932	190	247	79	12	4	5464
2033	0.55%	4959	191	248	79	12	4	5493
2034	0.55%	4986	192	249	80	12	4	5523
2035	0.55%	5014	193	251	80	12	4	5554
2036	0.55%	5041	194	252	80	12	4	5583
2037	0.47%	5009	193	250	80	12	4	5548
2038	0.47%	5032	193	252	80	12	4	5573
2039	0.47%	5056	194	253	81	12	4	5600
2040	0.47%	5080	195	254	81	12	4	5626
2041	0.42%	5055	194	253	81	12	4	5599
2042	0.42%	5077	195	254	81	12	4	5623

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Con la proyección vehicular para un periodo de 20 años se obtiene un TPDA futuro de 5623 veh/día en el año 2042 en ambos sentidos de circulación.

#### **4.1.3.3. Clasificación de la vía en función del tráfico futuro**

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

**Tabla 22.** Clasificación de carreteras

FUNCIÓN		CLASE DE CARRETERA (Según MOP)	TPDA (AÑO FINAL DE DISEÑO)
Corredor Arterial	Colectora	RI - RII (1)	>8000
		I	3000-8000
		II	1000-3000
	Vecinal	III	300-1000
		IV	100-300
		V	300

**Nota:**

(1) RI – RII: Autopista

**Fuente:** MOP - Normas de diseño geométrico, 2003

El tramo de vía de estudio se clasifica como una **Colectora Tipo I**

**4.1.4. Análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

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

- **Unidades de muestreo**

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

**Tabla 23.** Datos de la vía

<b>Ancho promedio de vía (An)</b>	7.7 m
<b>Longitud del tramo (Lt)</b>	3800 m
<b>Área de muestra (A)</b>	230 ± 93 m <sup>2</sup>
<b>Error admisible estimado para PCI (e%)</b>	5
<b>Desviación estándar del PCI (σ)</b>	10

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

- **Longitud de unidades de muestreo**

$$L = \frac{A}{A_n} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

L: Longitud de la unidad de muestreo

A: Área de muestra

An: Ancho promedio de vía

$$L = \frac{230 \pm 93 \text{ m}^2}{7.7 \text{ m}}$$

$$17.8 \text{ m} \geq L \geq 42.0 \text{ m}$$

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

- **Unidades de muestreo totales (N)**

$$N = \frac{Lt}{L} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde:

N: Unidades de muestreo

Lt: Longitud del tramo

L: Longitud de la unidad de muestreo

$$N = \frac{3800 \text{ m}}{30 \text{ m}}$$

$$N = 127 \text{ unidades}$$

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

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

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%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades. (Para pavimento flexible  $\sigma = 10$ ) [14]

Si el número mínimo de unidades a evaluar es menor que 5 ( $n < 5$ ), todas las unidades deben evaluarse. [14]

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$
$$n = \frac{127 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (127 - 1) + 10^2}$$
$$n = 14.31 \approx 14 \text{ unidades}$$

Al obtener un  $n$  mayor a 5 se realizó una selección de unidades de muestreo para inspección, estas deben estar igualmente espaciadas por lo que se calculó un intervalo de muestreo.

- **Intervalo de muestreo (i)**

$$i = \frac{N}{n} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondeará al número entero inferior.

$$i = \frac{N}{n}$$
$$i = \frac{127}{14}$$
$$i = 9$$

Mediante los cálculos realizados se obtiene 127 unidades de muestreo, se tendrá en cuenta 14 unidades mínimas de muestreo para evaluar con un intervalo de 9 unidades, la unidad inicial se seleccionó al azar, teniendo en cuenta que debe quedar dentro del

intervalo calculado. En la siguiente tabla se muestran las abscisas inicial y final de cada unidad de muestreo seleccionadas.

**Tabla 24.** Unidades de muestreo para determinar el PCI

Unidad de muestreo	Abscisa Inicial	Abscisa Final
1	0+120	0+150
2	0+390	0+420
3	0+660	0+690
4	0+930	0+960
5	1+200	1+230
6	1+470	1+500
7	1+740	1+770
8	2+010	2+040
9	2+280	2+310
10	2+550	2+580
11	2+820	2+850
12	3+090	3+120
13	3+360	3+390
14	3+630	3+660

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Una vez determinadas las unidades de muestreo se puede realizar el trabajo en campo que consiste en la identificación visual de los daños localizados en el pavimento teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión.

Después de concluir con la inspección en campo se observaron 3 unidades de muestreo fuera de las escogidas (ver Tabla 24) en las cuales se encontraba una cantidad de anomalías considerables, por lo que se decidió añadir estas 3 unidades de muestreo “críticas” para el cálculo del PCI, en la siguiente tabla se muestran las abscisas inicial y final de cada unidad de muestreo adicional.

**Tabla 25.** Unidades de muestreo adicional.

Unidad de muestreo	Abscisa Inicial	Abscisa Final
Adicional 1	1+050	1+080
Adicional 2	1+860	1+890
Adicional 3	2+370	2+400

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

El PCI de la sección será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Tomando en cuenta la existencia de unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado mediante la siguiente expresión:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

PCI<sub>S</sub>: PCI de la sección del pavimento.

PCI<sub>R</sub>: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI<sub>A</sub>: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

En la Tabla 27 se muestra un cuadro resumen del PCI de cada unidad de muestreo de la 1 hasta la 14 y de las 3 adicionales, sus abscisas inicial y final, su área, valor de PCI y calificación según la Tabla 26. Los datos registrados en campo y tablas de cálculo realizadas por cada unidad de muestreo se encuentran en el Anexo B.

**Tabla 26.** Clasificación del PCI y simbología

Rango de PCI	Calificación	Simbología
85 — 100	Excelente	
70 — 85	Muy Bueno	
55 — 70	Bueno	
40 — 55	Regular	
25 — 40	Malo	
10 — 25	Muy Malo	
0 — 10	Fallado	

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

La Tabla 26 se la realizó en base a la Tabla 2 presentada en el Capítulo I, con el fin de presentar una clasificación basada en colores de tal forma que la clasificación sea más visual.

**Tabla 27.** Resumen del PCI de la vía en estudio

Unidad de Muestreo	Abs. Inicial	Abs. Final	Área Unidad (m <sup>2</sup> )	PCI	Calificación	Simbología
1	0+120	0+150	243.0	76	MUY BUENO	
2	0+390	0+420	241.5	34	MALO	
3	0+660	0+690	241.5	7	FALLADO	
4	0+930	0+960	228.0	31	MALO	
5	1+200	1+230	247.5	29	MALO	
6	1+470	1+500	252.0	20	MUY MALO	
7	1+740	1+770	218.3	42	REGULAR	
8	2+010	2+040	219.8	51	REGULAR	
9	2+280	2+310	213.8	54	REGULAR	
10	2+550	2+580	216.0	48	REGULAR	
11	2+820	2+850	212.3	65	BUENO	
12	3+090	3+120	243.0	26	MALO	
13	3+360	3+390	232.5	56	BUENO	
14	3+630	3+660	214.5	32	MALO	
<b>Promedio (PCI<sub>R</sub>):</b>				41	REGULAR	
Adicional 1	1+050	1+080	217.5	5	FALLADO	
Adicional 2	1+860	1+890	217.5	13	MUY MALO	
Adicional 3	2+370	2+400	211.5	17	MUY MALO	
<b>Promedio (PCI<sub>A</sub>):</b>				12	MUY MALO	
<b>PCI de la vía en estudio (PCI<sub>S</sub>):</b>				<b>40</b>	<b>REGULAR</b>	

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Al desarrollar la ecuación (Ec. 3.8) con los datos de la Tabla 27 tenemos:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N}$$

$$PCI_S = \frac{[(127 - 3) * 41] + (3 * 12)}{127}$$

$$PCI_S = 40$$



La vía Camino Real (Norte) en el tramo de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+800 de la provincia de Tungurahua presenta un PCI general de 40 con lo que respecta según la Tabla 26 de los rangos de calificación del PCI una calidad **REGULAR**.

#### 4.1.5. Estudio de suelos

Se llevaron a cabo pozos a cielo abierto también llamados calicatas. Estos pozos se los realizó a intervalos de 1000m (1km) en dónde primero se retiró una capa de 30cm para eliminar la materia vegetal y escombros que se puedan presentar en el terreno, posterior a ello se cava un pozo con dimensiones de 1.00x1.00x1.50 m de dónde se extrae 50 kg de muestra alterada de suelo para los ensayos en el laboratorio.

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

**Tabla 28.** Ubicación de las calicatas

N.º Calicata	Abscisa	Coordenadas (zona 17)	
		Este	Norte
1	0+500	765635.5	9865926.1
2	1+500	765750.3	9866898.5
3	2+500	765948.9	9867878.0
4	3+500	766098.9	9868862.7

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

##### 4.1.5.1. Análisis Granulométrico

La muestra seleccionada se colocó en una serie de tamices colocados progresivamente desde el más pequeño al más grande en donde se vierte una muestra de agregado seco de masa conocida para determinar así su distribución por tamaño. La representación granulométrica se realizó a escala semilogarítmica. (**Anexo C**)

A continuación, se presenta un cuadro resumen de la clasificación del suelo de acuerdo con el tamaño de sus partículas, clasificándolos como Grava a todo aquello retenido en el tamiz #4 (4.7 mm), Arena a lo que pasa el tamiz #4 (4.7 mm) y es retenido en el tamiz #200 (0.08 mm) y Finos a lo que pasa el tamiz #200 (0.08 mm).

**Tabla 29.** Clasificación por tamaño de partículas del suelo de subrasante.

Muestra	Abscisa	Clasificación		
		Grava	Arena	Finos
1	0+500	3.3%	71.7%	25.1%
2	1+500	4.3%	65.1%	30.6%
3	2+500	1.6%	66.2%	32.2%
4	3+500	0.0%	88.3%	11.7%
<b>Promedio del tramo</b>		<b>2.3%</b>	<b>72.8%</b>	<b>24.9%</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

De la Tabla 29 se observa que las cuatro muestras de suelo tienen una distribución de partículas similar, siendo en promedio 2.3% Grava, 72.8% Arena y 24.9% Finos.

#### 4.1.5.2. Límites de Atterberg

Se determinó el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP) de una muestra de suelo para el posterior cálculo del Índice de Plasticidad (IP), siendo este último el que indica la plasticidad del suelo ensayado.

En el **Anexo C** se detalla los datos obtenidos y cálculos para la obtención de los límites de Atterberg de las muestras de suelo obtenidas. En la Tabla 30 se detalla los resultados obtenidos para cada muestra de suelo.

**Tabla 30.** Límites de Atterberg

Muestra	Abscisa	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico
1	0+500	19.84%	19.01%	0.83%
2	1+500	20.95%	20.04%	0.91%
3	2+500	21.86%	21.09%	0.77%
4	3+500	19.85%	19.32%	0.53%
<b>Promedio del tramo</b>		<b>20.6%</b>	<b>19.9%</b>	<b>0.8%</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Al analizar la Tabla 30 nótese como (al igual que en granulometría) las 4 muestras muestran un comportamiento similar, teniendo en promedio un Límite Líquido de 20.6%, Límite Plástico de 19.9% e Índice Plástico 0.8% lo que denota en un suelo poco plástico.

#### 4.1.5.3. Clasificación de suelos

Con los resultados de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg podemos clasificar las muestras de suelo ensayadas en base al método AASHTO M-145 (ver

Tabla 4, Capítulo I) y al método SUCS (ver Figura 5, Capítulo I).

- **Método AASHTO M-145**

**Tabla 31.** Clasificación de las muestras de suelo método AASHTO M-145

Muestra	Abscisa	Clasificación	Grupo	Subgrupo	Tipo de material
1	0+500	Material granular	A-2	A-2-4	Arena limosa
2	1+500				
3	2+500				
4	3+500				

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

- **Método SUCS**

**Tabla 32.** Clasificación de las muestras de suelo método SUCS

Muestra	Abscisa	Clasificación	Símbolo del grupo	Nombre del grupo
1	0+500	Suelo granular	SM	Arena limosa
2	1+500			
3	2+500			
4	3+500			

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

A partir de las Tablas Tabla 31 y Tabla 32 se determina que el tipo de suelo presente en cada muestra de suelo es (según ambas clasificaciones) del tipo Arena limosa, de igual forma se evidencia que el suelo a lo largo de la vía estudiada mantiene propiedades y características similares.

#### 4.1.5.4. Compactación del suelo – Proctor Modificado

Se procedió a determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos compactados, obteniendo así el contenido óptimo de humedad (dato

necesario para el cálculo del CBR) y la densidad seca máxima a la que puede llevar el suelo ensayado.

En la Tabla 33 se presentan los resultados las muestras ensayadas. En el **Anexo C** se muestra cómo se obtienen los resultados de este ensayo.

**Tabla 33.** Resultados del ensayo Proctor Modificado

Muestra	Abscisa	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima
1	0+500	1.69	15.50%
2	1+500	1.66	14.82%
3	2+500	1.66	16.00%
4	3+500	1.72	13.80%
<b>Promedio del tramo</b>		<b>1.68</b>	<b>15.03%</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.5.5. Densidad en campo

Se realizó el ensayo para determinar la densidad en campo o “in situ” del suelo por el método Cono y Arena en las mismas abscisas en donde se realizaron las calicatas (ver Tabla 28) con el fin de comparar estos resultados con la densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado (ver Tabla 33). Los datos registrados en campo y cálculos realizados se presentan en el **Anexo C**.

La Tabla 34 muestra los resultados obtenidos del ensayo de Cono y Arena.

**Tabla 34.** Resultados del ensayo Cono y Arena

Ensayo	Abscisa	Densidad en campo (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad natural (%)	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Porcentaje de compactación (%)
1	0+500	1.21	20.94	1.69	71.34
2	1+500	1.20	9.76	1.66	72.10
3	2+500	1.38	11.02	1.66	83.05
4	3+500	1.24	11.93	1.72	72.20
<b>Promedio del tramo</b>		<b>1.26</b>	<b>13.41</b>	<b>1.68</b>	<b>74.67</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.5.6. Relación de Soporte de California (CBR)

El ensayo se lo realizó sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad con el fin de evaluar la capacidad de soporte del suelo de subrasante del pavimento evaluado. Los datos registrados y cálculos realizados se encuentran en el **Anexo C**.

En la Tabla 35 se detalla los porcentajes de CBR obtenidos para cada muestra de suelo, su clasificación y uso de acuerdo con la Tabla 5 presentada en el Capítulo I.

**Tabla 35.** Resumen de resultados del CBR

Muestra	Abscisa	CBR (%)	Clasificación	Uso
1	0+500	13.3	Regular-Buena	Subrasante
2	1+500	19.2	Regular-Buena	Subrasante
3	2+500	24.1	Excelente	Subrasante
4	3+500	25.3	Excelente	Subrasante
<b>Promedio del tramo</b>		<b>20.5</b>	<b>Excelente</b>	<b>Subrasante</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Después de haber realizado el ensayo respectivo, se obtiene un promedio de CBR del 20.5% para todo el tramo, correspondiéndole un comportamiento **Excelente** como subrasante.

#### 4.1.6. Estudio de la capa asfáltica

Para el estudio del asfalto se tomaron 8 muestras (2 por cada kilómetro) de aproximadamente 1kg, picando cuidadosamente el asfalto tanto en lado derecho como en el izquierdo de la vía.

##### 4.1.6.1. Contenido de asfalto

Se llevó a cabo la determinación cuantitativa del contenido de aglutinante de asfalto sobre las muestras de pavimento obtenidas mediante el método de extracción centrífuga. Los datos registrados durante la ejecución del ensayo y los cálculos realizados se encuentran en el **Anexo D**.

En la Tabla 36 se muestran los resultados del ensayo de contenido de asfalto tanto del lado derecho como del izquierdo además del promedio por abscisa.

**Tabla 36.** Contenido de asfalto de las muestras.

N.º	Abscisa	Contenido de asfalto		
		Izquierda	Derecha	Promedio
1	0+500	4.83%	4.74%	4.78%
2	1+500	4.91%	4.95%	4.93%
3	2+500	4.52%	4.85%	4.68%
4	3+500	4.95%	4.82%	4.88%

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

La capa asfáltica del proyecto presenta en promedio un 4.82% de contenido de asfalto, lo que indica que ha perdido parte de su contenido original a través del tiempo, facilitando así la aparición de fallas y anomalías sobre la superficie del pavimento.

La anomalía que más se ve afectada por este factor es el Intemperismo el cual aparece debido a la pérdida de adherencia del asfalto, evidenciándose de esta manera el porqué del alto grado de aparición de dicha anomalía sobre la capa asfáltica del presente proyecto (ver **Anexo B1**).

#### **4.1.6.2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto**

Una vez extraído el aglutinante de asfalto, se realizó el análisis granulométrico de los áridos sobrantes sin asfalto, para ello primero se mezclaron las muestras de los lados izquierdo y derecho de tal forma que se ensayase una única muestra por abscisa.

La representación granulométrica a escala semilogarítmica de cada muestra se encuentra en el **Anexo D**.

En la Tabla 37 se muestra la clasificación del suelo de acuerdo con el tamaño de sus partículas, clasificándolos como Grava a todo aquello retenido en el tamiz #4 (4.7 mm), Arena a lo que pasa el tamiz #4 (4.7 mm) y es retenido en el tamiz #200 (0.08 mm) y Finos a lo que pasa el tamiz #200 (0.08 mm).

**Tabla 37.** Clasificación por tamaño de partículas del suelo sin asfalto

Muestra	Abscisa	Clasificación		
		Grava	Arena	Finos
1	0+500	24.7%	66.1%	9.1%
2	1+500	33.7%	60.2%	6.1%
3	2+500	35.4%	57.3%	7.2%
4	3+500	33.9%	59.9%	6.2%
<b>Promedio del tramo</b>		<b>32.0%</b>	<b>60.9%</b>	<b>7.2%</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Analizando la Tabla 37 se observa como la distribución de partículas en las cuatro muestras ensayadas se mantiene similar, predominando el contenido de Arena (60.9% en promedio), seguido de Grava (32.0% en promedio) y con baja cantidad de finos (7.2% en promedio).

Los agregados que son utilizados para mezclas asfálticas deben cumplir con una granulometría específica, según las especificaciones del MOP-001-F-2002 para mezclas asfálticas las granulometrías a emplearse serán las siguientes:

**Tabla 38.** Granulometría de agregados para mezclas asfálticas

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

**Fuente:** Especificaciones MOP-001-F-2002 [30]

Analizando las curvas granulométricas de los agregados de las cuatro muestras ensayadas (ver **Anexo D**) podemos concluir que los agregados utilizados para la elaboración de la capa asfáltica en los cuatro puntos estudiados pertenecen al grupo 3/8" y que de igual forma cumplen con los límites establecidos.

#### 4.1.7. Deflexiones en el pavimento con la viga Benkelman

La viga Benkelman utilizada para el ensayo es un dispositivo que opera por medio de una palanca suspendida de un bastidor que transmite la deflexión vertical del punto de medida a un comparador, los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador.

Las lecturas se tomaron cada 200m iniciando por la abscisa 0+100, a una distancia de 0, 0.25, 1, 5 y 8 metros del punto inicial. En la Tabla 39 se presentan las lecturas obtenidas en campo teniendo además de otros parámetros como las abscisas, las lecturas del deflectómetro, la temperatura y espesor del pavimento.

**Tabla 39.** Lectura de las deflexiones obtenidas en campo

N.º	Abscisa	Lectura del deflectómetro en campo (x 10e-2 mm)						T °C	Espesor cm
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	0+100	0	19	28	31	33	33	30	4.5
2	0+300	0	22	28	33	38	38	30	4.8
3	0+500	0	23	30	33	37	38	31	4.5
4	0+700	0	23	32	39	41	44	31	5.1
5	0+900	0	21	35	43	51	52	31	5
6	1+100	0	21	29	42	46	49	30	4.1
7	1+300	0	18	24	38	47	47	29	4.3
8	1+500	0	17	27	39	44	44	29	4.5
9	1+700	0	13	31	38	42	42	30	5
10	1+900	0	15	34	47	49	53	31	5
11	2+100	0	15	39	50	55	55	31	4.1
12	2+300	0	16	33	48	49	49	31	4.5
13	2+500	0	14	29	40	41	41	30	4.3
14	2+700	0	18	31	47	51	51	30	4.8
15	2+900	0	19	35	51	55	55	29	5
16	3+100	0	21	27	41	50	50	31	5.5
17	3+300	0	16	27	36	48	48	29	4.8
18	3+500	0	14	23	35	41	45	29	5
19	3+700	0	9	20	31	36	41	30	5.5

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Con las deflexiones tomadas en campo es necesario realizar correcciones según la relación de brazos (1:2), por efecto de la temperatura y por estacionalidad.



#### 4.1.7.1. Corrección por el brazo con relación 1:2 de la viga Benkelman

Esta corrección se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$D = RB * (Df - Do) \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Donde:

D: Deflexiones

RB: Relación del brazo de la viga = 2

Df: Deflexión final

Do: Deflexión inicial

Realizando un cálculo típico de esta corrección con los datos del ensayo N.º 1 correspondiente a la abscisa 0+100 tenemos:

$$D0 = 2 * (33 - 0)$$

$$D0 = 66 \times 10^{-2} \text{mm}$$

**Tabla 40.** Deflexiones corregidas por una relación del brazo de 1:2

N.º	Abscisa	Deflexiones corregidas (x 10e-2 mm)						T °C	Espesor cm
		D0	D25	D50	D100	D500	D800		
1	0+100	66	28	10	4	0	0	30	4.5
2	0+300	76	32	20	10	0	0	30	4.8
3	0+500	76	30	16	10	2	0	31	4.5
4	0+700	88	42	24	10	6	0	31	5.1
5	0+900	104	62	34	18	2	0	31	5
6	1+100	98	56	40	14	6	0	30	4.1
7	1+300	94	58	46	18	0	0	29	4.3
8	1+500	88	54	34	10	0	0	29	4.5
9	1+700	84	58	22	8	0	0	30	5
10	1+900	106	76	38	12	8	0	31	5
11	2+100	110	80	32	10	0	0	31	4.1
12	2+300	98	66	32	2	0	0	31	4.5
13	2+500	82	54	24	2	0	0	30	4.3
14	2+700	102	66	40	8	0	0	30	4.8
15	2+900	110	72	40	8	0	0	29	5
16	3+100	100	58	46	18	0	0	31	5.5
17	3+300	96	64	42	24	0	0	29	4.8
18	3+500	90	62	44	20	8	0	29	5
19	3+700	82	64	42	20	10	0	30	5.5

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.7.2. Corrección por efecto de la temperatura

Debido a los cambios climáticos que se dan al momento de registrar las deflexiones en campo, es necesario aplicar una corrección tomando como referencia una temperatura estándar de 20 °C, como se indica en la siguiente ecuación:

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{D_t}{0.001 * (t - 20^{\circ}\text{C}) * h + 1} \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Donde:

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

$D_t$ : Deflexión recuperable

$t$ : Temperatura del pavimento

$h$ : Espesor de la capa asfáltica

Esta corrección debe ser aplicada solo a aquellas deflexiones en las que el espesor del pavimento es mayor a 5cm en vista que la afectación de la temperatura es poco significativa sobre pavimentos con un espesor menor al indicado.

Con los datos obtenidos de la Tabla 40, se presenta un cálculo típico de las deflexiones de la abscisa 0+700 y la tabla con las deflexiones corregidas por temperatura sobre aquellos pavimentos con espesores mayores a 5cm, los que no cumplieron con ello mantuvieron los datos de la Tabla 40.

Desarrollando la ecuación (Ec. 3.10)

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{D_t}{0.001 * (t - 20^{\circ}\text{C}) * h + 1}$$
$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{88}{0.001 * (31 - 20^{\circ}\text{C}) * 5.1 + 1}$$
$$D_{20^{\circ}\text{C}} = 83.3 \times 10^{-2} \text{mm}$$

**Tabla 41.** Deflexiones corregidas por temperatura

N.º	Abscisa	Deflexiones corregidas por temperatura (x 10e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	0+100	66.0	28.0	10.0	4.0	0.0	0.0
2	0+300	76.0	32.0	20.0	10.0	0.0	0.0
3	0+500	76.0	30.0	16.0	10.0	2.0	0.0
4	0+700	83.3	39.8	22.7	9.5	5.7	0.0
5	0+900	98.6	58.8	32.2	17.1	1.9	0.0
6	1+100	98.0	56.0	40.0	14.0	6.0	0.0
7	1+300	94.0	58.0	46.0	18.0	0.0	0.0
8	1+500	88.0	54.0	34.0	10.0	0.0	0.0
9	1+700	80.0	55.2	21.0	7.6	0.0	0.0
10	1+900	100.5	72.0	36.0	11.4	7.6	0.0
11	2+100	104.3	75.8	30.3	9.5	0.0	0.0
12	2+300	98.0	66.0	32.0	2.0	0.0	0.0
13	2+500	82.0	54.0	24.0	2.0	0.0	0.0
14	2+700	102.0	66.0	40.0	8.0	0.0	0.0
15	2+900	105.3	68.9	38.3	7.7	0.0	0.0
16	3+100	94.3	54.7	43.4	17.0	0.0	0.0
17	3+300	96.0	64.0	42.0	24.0	0.0	0.0
18	3+500	86.1	59.3	42.1	19.1	7.7	0.0
19	3+700	77.7	60.7	39.8	19.0	9.5	0.0

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.7.3. Corrección por estacionalidad

Las deflexiones deben ser corregidas por acción de las condiciones climáticas que se presentan a lo largo del año. CONREVIAl (Consortio de Rehabilitación Vial) propone el uso de factores para la corrección por afectación del clima según el tipo de suelo de subrasante y la época en que se realizó el ensayo.

**Tabla 42.** Factores de corrección por estacionalidad

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

**Fuente:** CONREVIAl, “Estudio de Rehabilitación de carreteras en el Perú” [12]

El suelo sobre el que se realizó el ensayo corresponde al tipo Arenosa-permeable, en una estación seca, por tal motivo se seleccionó un factor de corrección de 1.2. En la Tabla 43 se indica el número de estación, abscisas y deflexiones corregidas por efecto de estacionalidad obtenidas multiplicando las deflexiones de la Tabla 41 por el factor de corrección.

**Tabla 43.** Deflexiones corregidas por la estacionalidad

N.º	Abscisa	Deflexiones corregidas por estacionalidad (x 10e-2 mm)					
		D0	D25	D50	D100	D500	D800
1	0+100	79.2	33.6	12.0	4.8	0.0	0.0
2	0+300	91.2	38.4	24.0	12.0	0.0	0.0
3	0+500	91.2	36.0	19.2	12.0	2.4	0.0
4	0+700	100.0	47.7	27.3	11.4	6.8	0.0
5	0+900	118.3	70.5	38.7	20.5	2.3	0.0
6	1+100	117.6	67.2	48.0	16.8	7.2	0.0
7	1+300	112.8	69.6	55.2	21.6	0.0	0.0
8	1+500	105.6	64.8	40.8	12.0	0.0	0.0
9	1+700	96.0	66.3	25.1	9.1	0.0	0.0
10	1+900	120.6	86.4	43.2	13.6	9.1	0.0
11	2+100	125.1	91.0	36.4	11.4	0.0	0.0
12	2+300	117.6	79.2	38.4	2.4	0.0	0.0
13	2+500	98.4	64.8	28.8	2.4	0.0	0.0
14	2+700	122.4	79.2	48.0	9.6	0.0	0.0
15	2+900	126.3	82.7	45.9	9.2	0.0	0.0
16	3+100	113.2	65.6	52.1	20.4	0.0	0.0
17	3+300	115.2	76.8	50.4	28.8	0.0	0.0
18	3+500	103.3	71.2	50.5	23.0	9.2	0.0
19	3+700	93.3	72.8	47.8	22.7	11.4	0.0

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.7.4. Radio de curvatura

El cálculo del radio de curvatura se realiza para determinar la magnitud de la deformación lineal debido a la tracción por la flexión de las capas elásticas bajo cargas aplicando la siguiente ecuación:

$$Rc = \frac{3125}{D_0 - D_{25}} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Donde:

Rc: Radio de curvatura en metros

D<sub>0</sub>: Deflexión máxima a los 0 metros

D<sub>25</sub>: Deflexión a los 0.25 metros

Mediante los datos de la Tabla 43 se procede a realizar los cálculos para la obtención de los radios de curvatura, a continuación, se presenta un cálculo típico correspondiente a la abscisa 0+100 y la tabla de los radios de curvatura obtenidos.

$$Rc = \frac{3125}{90.6 - 59.6}$$

$$Rc = 100.9$$

**Tabla 44.** Radios de curvatura

N.º	Abscisa	Deflexiones corregidas		Radio de Curvatura (m)
		(x 10e-2 mm)		
		D0	D25	
1	0+100	79.2	33.6	68.5
2	0+300	91.2	38.4	59.2
3	0+500	91.2	36.0	56.6
4	0+700	100.0	47.7	59.8
5	0+900	118.3	70.5	65.4
6	1+100	117.6	67.2	62.0
7	1+300	112.8	69.6	72.3
8	1+500	105.6	64.8	76.6
9	1+700	96.0	66.3	105.2
10	1+900	120.6	86.4	91.6
11	2+100	125.1	91.0	91.6
12	2+300	117.6	79.2	81.4
13	2+500	98.4	64.8	93.0
14	2+700	122.4	79.2	72.3
15	2+900	126.3	82.7	71.6
16	3+100	113.2	65.6	65.8
17	3+300	115.2	76.8	81.4
18	3+500	103.3	71.2	97.2
19	3+700	93.3	72.8	152.6
<b>Promedio</b>		<b>107.8</b>	<b>66.5</b>	<b>80.2</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

#### 4.1.7.5. Deflexión Característica

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

**Tabla 45.** Ecuaciones para el cálculo de la deflexión característica

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

**Fuente:** CONREVIAL, “Estudio de Rehabilitación de carreteras en el Perú” [12]

El mismo método CONREVIAL recomienda trabajar con un 5% de probabilidad de superación de área, teniendo como valor de diseño un 95%, de esta manera la ecuación por aplicar será la siguiente:

$$D_c = \bar{D} + 1.645 * \sigma \quad (\text{Ec. 3.12})$$

Donde:

$\sigma$ : Desviación estándar

$\bar{D}$ : Deflexión media

- **Cálculo de Desviación Estándar**

Tomando como referencia los datos de la Tabla 44 se procede a calcular la desviación estándar de las deflexiones mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n - 1)}} \quad (\text{Ec. 3.13})$$

Donde:

$\sigma$ : Desviación estándar

$\bar{D}$ : Deflexión media

$D_i$ : Deflexión recuperable máxima corregida

$n$ : Número de datos

**Tabla 46.** Desviación estándar de las deflexiones recuperables máximas

N.º	Abscisa	D0	D0 – $\bar{D}$	(D0 – $\bar{D}$ ) <sup>2</sup>
1	0+100	79.2	-28.6	815.1
2	0+300	91.2	-16.6	273.9
3	0+500	91.2	-16.6	273.9
4	0+700	100.0	-7.8	60.2
5	0+900	118.3	10.5	111.2
6	1+100	117.6	9.8	97.0
7	1+300	112.8	5.0	25.5
8	1+500	105.6	-2.2	4.6
9	1+700	96.0	-11.8	138.1
10	1+900	120.6	12.8	164.3
11	2+100	125.1	17.4	301.6
12	2+300	117.6	9.8	97.0
13	2+500	98.4	-9.4	87.4
14	2+700	122.4	14.6	214.6
15	2+900	126.3	18.6	344.7
16	3+100	113.2	5.4	29.2
17	3+300	115.2	7.4	55.5
18	3+500	103.3	-4.4	19.4
19	3+700	93.3	-14.5	209.7
<b>Promedio</b>		<b>107.8</b>	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>3323.0</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Desarrollando la ecuación (Ec. 3.13) usando los datos de la Tabla 46 tenemos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{3323.0}{(19 - 1)}}$$

$$\sigma = 13.6$$

Con este valor de desviación estándar calculamos la deflexión característica desarrollando la ecuación (Ec. 3.12).

$$D_c = 107.8 + 1.645 * 13.6$$

$$D_c = 130.1x10^{-2}$$

#### 4.1.7.6. Cálculo de Ejes Equivalentes

Para transformar el volumen de tráfico que circula sobre la vía estudiada se emplea la siguiente ecuación:

$$W_{18} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n FD * TPDA \right) * 365 \right] * Fd * DI \quad (\text{Ec. 3.14})$$

Donde:

$W_{18}$ : Valor de ejes equivalentes

FD: Factor de daño

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

Fd: Factor de distribución direccional

DI: Porcentaje de  $W_{18}$  en el carril DI

**Tabla 47.** Factor de daño según el tipo de vehículo

FACTORES DE DAÑO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO									
Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	Tons	(P/6.6) <sup>4</sup>	Tons	(P/8.2) <sup>4</sup>	Tons	(P/15) <sup>4</sup>	Tons	(P/23) <sup>4</sup>	
Bus	4	0.135	8	0.906					1.041
C-2P	3	0.043							1.308
	7	1.265							
C-2G	7	1.265	11	3.238					4.504
C-3	7	1.265			20	3.160			4.426
C>3	7	1.265					24	1.186	2.451

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

En la siguiente tabla se presentan los factores de distribución según el número de carriles.



**Tabla 48.** Factores de distribución direccional

Número de carriles	Porcentaje de vehículos por carril
2	50%
5	45%
6 o más	40%

**Fuente:** AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

Y, por último, se presentan los porcentajes de W18 en el carril DI según el número de carriles en una dirección.

**Tabla 49.** Porcentajes de W18 en el carril DI

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

**Fuente:** AASHTO 93 Diseño de estructuras de Pavimentos

A continuación, se presenta un ejemplo con los datos del año 2022 desarrollando la ecuación (Ec. 3.14), se realizó el mismo procedimiento para todos los años presentados.

Al desarrollar la ecuación (Ec. 3.14), tenemos:

$$W_{18} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n FD * TPDA \right) * 365 \right] * Fd * DI$$

$$W_{18} = [(1.041 * 4668 + 1.308 * 179 + 4.504 * 233 + 4.426 * 74 + 2.451 * 3) * 365] * 0.5 * 1$$

$$W_{18} = 160673 \text{ ejes equivalentes}$$

**Tabla 50.** Ejes equivalentes

Año	Tráfico Futuro (veh/día)						W18
	Livianos	Buses	Camiones				
			C-2P	C-2G	C3	C>3	
2022	4668	179	233	74	11	3	160673
2025	4783	184	239	76	12	4	165954
2030	4921	189	246	78	12	4	170219
2035	5014	193	251	80	12	4	173816
2040	5080	195	254	81	12	4	175734
2042	5077	195	254	81	12	4	<b>175734</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

El número de ejes equivalentes para el año 2042 será de 175734 ejes equivalentes.

#### 4.1.7.7. Deflexión Admisible

La deflexión admisible se evalúa en función del tráfico de diseño, esta se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$D_{admin} = \left( \frac{1.15}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{4}} * 100 \quad (\text{Ec. 3.15})$$

Donde:

$D_{admin}$ : Deflexión admisible en millones

$W_{18}$ : Número de ejes equivalentes

$$D_{admin} = \left( \frac{1.15}{0.176} \right)^{\frac{1}{4}} * 100$$

$$D_{admin} = 159.9 \times 10^{-2} mm$$

#### 4.1.7.8. Deflexión Crítica

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

$$D_{cr} = \left( \frac{1.9}{W_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100 \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Donde:

$D_{cr}$ : Deflexión crítica en millones

$W_{18}$ : Número de ejes equivalentes

De esta manera, al desarrollar la ecuación (Ec. 3.16), tenemos:

$$D_{cr} = \left( \frac{1.9}{0.176} \right)^{\frac{1}{5.3}} * 100$$

$$D_{cr} = 156.7 \times 10^{-2} mm$$

Calculados las deflexiones correspondientes, el método de CONREVIAl propone determinar el tipo de deflexión comparando las deflexiones y el radio de curvatura.

En la Tabla 51 se detallan las características del pavimento de acuerdo con los tipos de deflexiones que se pueden presentar.

**Tabla 51.** Tipos de deflexiones

Tipo de deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno $D < D_{adm}$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D > D_{adm}$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D < D_{adm}$	Malo $R_c < 100$
Tipo IV	Malo $D > D_{adm}$	Malo $R_c < 100$

**Fuente:** CONREVIAl, “Estudio de Rehabilitación de carreteras en el Perú” [12]

En la Tabla 52 se detallan los resultados obtenidos del ensayo de medición de deflexiones, detallando la abscisa, deflexiones, radios de curvatura y la clasificación en base a lo presentado a la Tabla 51.

**Tabla 52.** Deflexiones, radios de curvatura y clasificación del comportamiento estructural.

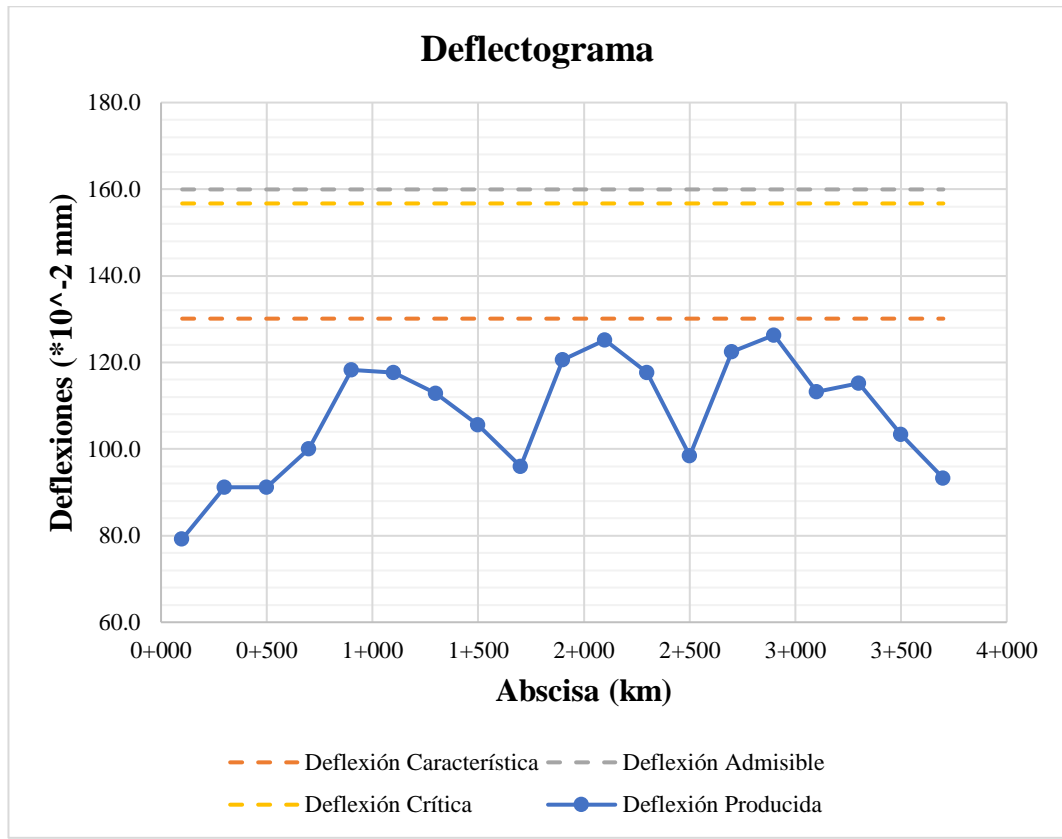
N.º	Abscisa	D0	Dc	Dadm	Dcr	Rc (m)	Tipo de deflexión	Comportamiento	
		(10 <sup>-2</sup> mm)						Subrasante	Pavimento
1	0+100	79.2	130.1	159.9	156.7	68.5	III	Bueno	Malo
2	0+300	91.2	130.1	159.9	156.7	59.2	III	Bueno	Malo
3	0+500	91.2	130.1	159.9	156.7	56.6	III	Bueno	Malo
4	0+700	100.0	130.1	159.9	156.7	59.8	III	Bueno	Malo
5	0+900	118.3	130.1	159.9	156.7	65.4	III	Bueno	Malo
6	1+100	117.6	130.1	159.9	156.7	62.0	III	Bueno	Malo
7	1+300	112.8	130.1	159.9	156.7	72.3	III	Bueno	Malo
8	1+500	105.6	130.1	159.9	156.7	76.6	III	Bueno	Malo
9	1+700	96.0	130.1	159.9	156.7	105.2	I	Bueno	Bueno
10	1+900	120.6	130.1	159.9	156.7	91.6	III	Bueno	Malo
11	2+100	125.1	130.1	159.9	156.7	91.6	III	Bueno	Malo
12	2+300	117.6	130.1	159.9	156.7	81.4	III	Bueno	Malo
13	2+500	98.4	130.1	159.9	156.7	93.0	III	Bueno	Malo
14	2+700	122.4	130.1	159.9	156.7	72.3	III	Bueno	Malo
15	2+900	126.3	130.1	159.9	156.7	71.6	III	Bueno	Malo
16	3+100	113.2	130.1	159.9	156.7	65.8	III	Bueno	Malo
17	3+300	115.2	130.1	159.9	156.7	81.4	III	Bueno	Malo
18	3+500	103.3	130.1	159.9	156.7	97.2	III	Bueno	Malo
19	3+700	93.3	130.1	159.9	156.7	152.6	I	Bueno	Bueno
<b>Promedio</b>		<b>107.8</b>	<b>130.1</b>	<b>159.9</b>	<b>156.7</b>	<b>80.2</b>	<b>III</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Con los datos obtenidos en la vía de estudio, se obtiene que, en promedio, la vía es de Tipo III, este tipo de deflexión se caracteriza por un buen comportamiento estructural de subrasante y un mal comportamiento de la estructura del pavimento.

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

Figura 16. Análisis de deflexiones



Elaborado por: Christian Paúl Alqui Castro

En la Figura 16 se puede observar las deflexiones obtenidas después de las correcciones realizadas, estas son menores a la deflexión característica, por lo tanto, la subrasante tiene un buen comportamiento mientras que su radio de curvatura es menor a 100 por lo tanto se puede determinar que el pavimento tiene comportamiento clasificado como malo.


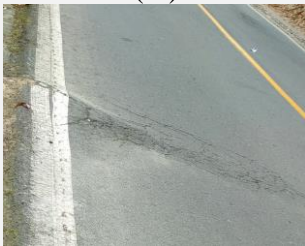
#### 4.1.8. Plan de conservación vial





Concluidos todos los ensayos previstos a ser realizados en este proyecto, se determinó que el suelo (subrasante) sobre el cual fue construido el pavimento es de buena calidad, esto corroborado por los resultados de los ensayos de CBR (ver Tabla 35) y Viga Benkelman (ver Tabla 52). Por otro lado, se estableció mediante la metodología PCI que la condición del pavimento es regular (ver Tabla 27), lo cual lo podemos constatar también con los resultados del ensayo de la Viga Benkelman, en donde se determinó que el comportamiento del pavimento es malo (ver Tabla 52), de esta manera podemos




concluir que, por un lado, la subrasante se encuentra en buen estado, y que, el pavimento posee un alto grado de deterioro.

A partir de la metodología PCI se establecen las actividades para reparar los daños del pavimento (presentadas en la Tabla 3 del Capítulo I) en función de las fallas encontradas. En la siguiente tabla se detallan el tipo de falla encontrada en la vía, su ubicación y su respectiva opción de reparo ya tomando en cuenta la severidad de la falla.


**Tabla 53.** Fallas encontradas en el pavimento y sus soluciones

Tipo de falla (Unidad)	Abscisa inicial	Abscisa final	Cantidad por intervenir	Opción de reparo
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> ) 	0+390	0+420	12.76	Parchado superficial o profundo. Recubrimiento con sello bituminoso.
	0+660	0+690	35.69	
	0+930	0+960	12.98	
	1+050	1+080	152.25	
	1+200	1+230	10.19	
	1+470	1+500	3.28	
	1+740	1+770	22.07	
	1+860	1+890	27.42	
	2+010	2+040	12.78	
	2+280	2+310	4.84	
	2+370	2+400	16.28	
	2+550	2+580	7.98	
	2+820	2+850	1.10	
	3+090	3+120	0.96	
3+360	3+390	3.45		
3+630	3+660	7.14		
4. Bombeo y Hundimiento (m) 	2+370	2+400	4.60	Parchado superficial o profundo.

<p>5. Corrugación (m2)</p> 	0+660	0+690	33.00	No haga nada.
<p>6. Depresiones (m2)</p> 	1+860	1+890	7.95	Parchado profundo o superficial.
	2+370	2+400	10.50	
<p>7. Agrietamiento en Borde (m)</p> 	0+930	0+960	0.70	Parchado profundo parcial.
	1+860	1+890	16.88	
	2+010	2+040	1.30	
<p>10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)</p> 	0+120	0+150	20.79	Sellado de grietas y Parchado profundo parcial.
	0+390	0+420	18.35	
	0+660	0+690	0.85	
	0+930	0+960	6.50	
	1+050	1+080	3.30	
	1+200	1+230	19.72	
	1+470	1+500	19.28	
	1+740	1+770	6.24	
	1+860	1+890	7.05	
	2+010	2+040	20.31	
	2+280	2+310	44.81	
	2+370	2+400	11.21	
	2+550	2+580	18.29	
	2+820	2+850	27.39	
	3+090	3+120	28.44	
3+360	3+390	7.85		
3+630	3+660	27.47		

<p>11. Parchados (m2)</p> 	0+120	0+150	0.49	Reemplazar el parchado (parcheo profundo)
	0+390	0+420	4.12	
	0+660	0+690	92.55	
	0+930	0+960	6.16	
	1+050	1+080	5.86	
	1+200	1+230	11.19	
	1+470	1+500	25.50	
	1+740	1+770	0.72	
	1+860	1+890	4.25	
	2+370	2+400	0.50	
	3+090	3+120	0.97	
	3+360	3+390	32.89	
	3+630	3+660	33.08	
<p>13. Baches (U)</p> 	0+390	0+420	2.00	Parchado profundo parcial o total.
	0+660	0+690	1.00	
	0+930	0+960	2.00	
	1+050	1+080	1.00	
	1+200	1+230	2.00	
	1+860	1+890	1.00	
	2+010	2+040	1.00	
	2+550	2+580	1.00	
	3+090	3+120	2.00	
	3+360	3+390	1.00	
<p>15. Ruteo (m2)</p> 	0+390	0+420	4.50	Fresar y recubrir.
	0+660	0+690	18.00	
	1+200	1+230	2.80	
	2+010	2+040	1.60	
	2+280	2+310	3.50	
	2+820	2+850	12.00	



<p>19. Intemperismo (m2)</p> 	0+120	0+150	12.15	<p>Recubrimiento (sello bituminoso).</p>
	0+390	0+420	96.60	
	0+930	0+960	91.20	
	1+050	1+080	108.75	
	1+200	1+230	87.20	
	1+470	1+500	201.60	
	1+860	1+890	87.00	
	2+370	2+400	11.78	
	2+820	2+850	2.49	
	3+090	3+120	85.05	
	3+630	3+660	42.90	

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Se detalla a continuación los trabajos que se deben realizar por cada operación de reparo propuesta en la Tabla 53.

- **Sellado de grietas y fisuras:** Al inicio de la operación se deberá remover de manera manual todo resto de antiguos sellos y/o materias sueltas. Después, se limpiará la suciedad, el polvo y los materiales sueltos mediante escobillado y aire comprimido.

El procedimiento general de la operación y los materiales utilizados varían en función del ancho de las grietas, de la siguiente manera:

Para grietas de hasta 6 mm de ancho se tratará toda el área afectada, limpiando el área, colocando un riego de liga hasta unos 150 mm más afuera, esparciendo y compactando arena en la superficie tratada.

Para grietas de ancho entre 6 y 20 mm se procederá con la limpieza de las grietas, colocación de un riego de liga y la mezcla selladora será tipo mástic asfáltico modificado con polímero.

Para grietas de ancho entre 20 y 70 mm se procederá con la limpieza de las grietas, colocación de un riego de liga y la mezcla selladora será tipo arena-emulsión asfáltica.

Para grietas de ancho superior a 70 mm se procederá con la limpieza de las grietas o cavidades, colocación de un riego de liga y esparcido y compactación de mezcla asfáltica en caliente. [29]

- **Parchado superficial y profundo:** Se procederá con la remoción del área deteriorada, delimitando el área por remover con pintura, esta comprenderá toda la zona deteriorada que presente fallas incluyendo unos 300 mm de pavimento en buenas condiciones.

La carpeta asfáltica deberá cortarse de tal forma que las paredes queden verticales, con empleo de sierras o taladros. Para el caso de Parchado Superficial, la remoción no debe superar el espesor de la carpeta asfáltica, en el caso de Parchado Profundo, la remoción debe alcanzar como mínimo hasta el punto en donde el material se encuentre firme, continuando incluso a las capas de base y/o subbase.

Para parchado profundo, idealmente todo lo removido debe reemplazarse con mezclas asfálticas, aun cuando parte de ello corresponda a antiguas bases o subbases. Si el espesor es igual o superior a 150 mm se optará por reemplazar la base y/o subbase con material de tipo base.

Para el relleno con la mezcla asfáltica primero deberá imprimarse el fondo de la zona removida o que quedó después de reemplazar la base (de ser el caso), utilizando como ligante emulsiones imprimantes o asfaltos cortados de curado medio.

Después de la imprimación, la mezcla asfáltica de relleno se extenderá y nivelará mediante rastrillos de tal forma que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento. La compactación deberá realizarse con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 ton de peso, o con rodillo manual dependiendo del espesor de capa a compactar, generalmente para parchado superficial. [29]

- **Fresado:** Este trabajo consiste en la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal del pavimento mediante fresado en frío.

Para la ejecución de los trabajos se deberá usar una máquina fresadora de la que se revisará su estado, potencia y capacidad productiva para el correcto cumplimiento del trabajo.

Antes del fresado, la superficie del pavimento deberá ser limpiada por medio de barrido y/o soplado.

El fresado se efectuará a temperatura ambiente y sin acción de solventes u otros productos ablandadores. Durante el manipuleo del material fresado, deberá evitarse su contaminación con suelos u otros materiales extraños. El material extraído deberá ser transportado y acopiado en sitios establecidos por un Fiscalizador.

Los trabajos de fresado no deberán producir daños en objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca de la zona. [29]

- **Sellos bituminosos:** Consiste en el recubrimiento del pavimento mediante un riego asfáltico, para el cual primero la superficie se barrerá cuidadosamente hasta eliminar toda basura, polvo, barro y otros materiales sueltos.

Los áridos que se usen para la preparación de los sellos bituminosos deberán cumplir con las siguientes características:

**Tabla 54.** Características para áridos de sellos bituminosos

- Equivalente de arena	Mín. 45%	(3.822.4.3 del NEVI 12)
- Índice de Plasticidad	NP	(3.314.2.01 del NEVI 12)
- Adherencia Riedel-Weber	0-5	(3.822.4.2 del NEVI 12)
- Desgaste Los Angeles	Máx. 35%	(3.803 del NEVI 12)
- Índice de Trituración Total	Máx. 3,5%	(3.307.2.6 del NEVI 12)
- Adherencia Método Estático	Mín. 95%	(3.403.4.4 (4) del NEVI 12)

**Fuente:** NEVI-12-MTOP, “VOLUMEN N°6 - CONSERVACIÓN VIAL.”  
Quito, 2013. [29]

Las aplicaciones se realizarán cuando la temperatura atmosférica y de la superficie por sellas sea 10°C o superior. Los riegos se aplicarán con

distribuidor a presión o, si el área es demasiado grande se utilizarán las barras de riego del distribuidor de asfalto. Para superficies pequeñas se podrá emplear una barra manual.

Se debe revisar que los riegos se distribuyan uniformemente por la superficie. Los procedimientos para este trabajo no deberán afectar otras áreas del pavimento y demás elementos del camino no incluidos en el trabajo. [29]

Mediante la interpretación de los resultados del ensayo de la Viga Benkelman se determinó que las deflexiones del pavimento son de TIPO III lo que indica que su radio de curvatura y deflexión son pequeños, debido al buen comportamiento estructural de la subrasante y comportamiento deficiente del pavimento, debido posiblemente a que la capa asfáltica está asentada sobre empedrado.

Una vez terminada la interpretación de resultados, se presenta en la siguiente tabla un resumen de la Tabla 53, mostrándose las actividades a realizar y la cantidad a intervenir para el mantenimiento periódico del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo km 0+000 hasta km 3+800, además de otras actividades generales extras recomendadas.

**Tabla 55.** Actividades para el mantenimiento periódico y rehabilitación.

N.º	Actividad	Cantidad	Unidad
1	Sellado de grietas y fisuras	287.85	m
2	Parchado superficial	363.62	m <sup>2</sup>
3	Parchado profundo	241.75	m <sup>2</sup>
4	Fresado	42.40	m <sup>2</sup>
5	Recubrimiento (Sellos bituminosos)	869.12	m <sup>2</sup>
6	Limpieza de cunetas	1800.00	m
7	Mantenimiento de señalización vertical	-	-
8	Mantenimiento de señalización horizontal	-	-
9	Limpieza general de la vía	-	-

**Elaborado por:** Christian Paúl Alqui Castro

Las actividades presentadas en la Tabla 55 se deberán realizar siguiendo el procedimiento previamente presentado o siguiendo los lineamientos de la norma NEVI 12. VOLUMEN N°6 - CONSERVACIÓN VIAL.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se realizó una propuesta de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo Km 0+000 hasta Km 3+800 del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, mediante los estudios comprendidos en este proyecto, estableciéndose que, según el estado actual del tramo, este requiere de un mantenimiento periódico.
- Se realizó un levantamiento topográfico de la vía Camino Real (Norte) en el tramo Km 0+000 hasta Km 3+800 con la ayuda de un GPG de precisión marca GRAIMAN modelo Oregon 650, con los datos de este levantamiento se obtuvo un modelo digital de la vía mediante el software Civil 3D. Con la información registrada se obtuvo que en promedio la calzada tiene un ancho de 7.7 metros, y que cuenta con cunetas al lado izquierdo de la vía.
- Se realizó el aforo vehicular mediante conteo manual, evidenciándose que la composición vehicular del tráfico se conforma de un 91.7% de vehículos livianos, un 2.8% de buses y un 5.5 %; y, por medio de métodos estadísticos, se logró estimar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) obteniendo un total de 5169 veh/día. Se estableció que el tráfico futuro para el año 2042 (con un período de diseño de 20 años) será de 5623 veh/día con lo cual se clasificó la vía como una Colectora Clase I según la MTOP 2002.
- Se calificó el estado actual del pavimento existente mediante una inspección visual su superficie siguiendo la metodología PCI, analizándose 17 unidades de muestreo en total, 14 mínimas y 3 adicionales. De estas unidades se obtuvo que el tramo en estudio posee un valor de PCI de 40, indicando que la condición del pavimento es regular. Del estudio de suelos se concluye que la subrasante se clasifica como una Arena Limosa, según los métodos AASHTO y SUCS. Se llegó a la conclusión de que la subrasante presenta un comportamiento excelente, determinado por los resultados del ensayo de CBR del cual se obtuvo que, en promedio, el valor de CBR de la subrasante es de 20.5%, por lo cual no es necesario un mejoramiento del suelo.

- Se estimaron las deflexiones elásticas mediante el ensayo de la Viga Benkelman obteniendo que la deflexión promedio del pavimento es de  $107.8 \times 10^{-2}$  mm. Se calculó además las deflexiones características, admisible, crítica y radios de curvatura con lo cual se pudo determinar que las deflexiones del pavimento son del Tipo III lo cual indica un buen comportamiento estructural de la subrasante y un comportamiento deficiente del pavimento debido posiblemente a que la capa asfáltica está asentada sobre empedrado. De la capa asfáltica se logró determinar, por medio de extracción centrífuga, el contenido de asfalto, obteniendo en promedio un total de 4.82%. Y, de sus agregados, se concluyó que la granulometría empleada para la mezcla asfáltica fue del tipo 3/8" según las especificaciones MOP-001-F-2002.
- Se propuso un proceso de conservación del pavimento existente mediante la interpretación de los resultados de los ensayos, considerándose principalmente los resultados de CBR, Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Medición de deflexiones mediante la Viga Benkelman, exponiendo que el tramo requiere de un mantenimiento periódico y se detallaron, además, las actividades por realizar.

## 5.2. Recomendaciones

- Con el fin de prevalecer la seguridad de las personas durante la ejecución de los ensayos en campo, se recomienda el uso de equipo de prevención y protección personal tales como casco, chaleco, guantes y conos de seguridad.
- Durante la realización del levantamiento topográfico evitar los días lluviosos no solo para prevenir daños en los equipos, sino también para conservar una adecuada precisión del GPS.
- Se recomienda determinar puntos estratégicos para la ubicación de estaciones de conteo vehicular, escogiéndose lugares cómodos y con amplia visibilidad, para evitar contratiempos durante el conteo.
- Para evitar retrasos y confusiones durante la inspección visual del método PCI tener a la mano un manual donde se encuentren detalladas todas las fallas que se puedan presentar.
- Durante la medición de deflexiones con la Viga Benkelman, evitar en lo posible las pendientes de tal manera que el equipo pueda ser nivelado correctamente y así evitar lecturas erróneas.
- Instruirse sobre el correcto manejo de los diferentes equipos utilizados en los ensayos tanto de campo como en laboratorio, para evitar el daño de estos y facilitar la ejecución del ensayo.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] CAF, “Mantenimiento vial. Informe sectorial (Serie informes sectoriales. Infraestructura),” 2010, Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/402>
- [2] C. Pastor, “El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad,” *El Manten. como Herram. para conseguir Infraestruct. alta Calid. y durabilidad*, Jan. 2020, doi: 10.18235/0002140.
- [3] C. C. Rivas-Quintero Andrés Felipe - Sierra-Díaz, “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa,” 2016. [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/13987>
- [4] A. E. Becerra Delgado and P. S. Sánchez Reinoso, “Evaluación de la condición del pavimento del sector el Valle y su marco sostenible,” Cuenca, 2018. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30292>
- [5] E. T. Chango Periche, “Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Quero - Salasaca en el tramo km 3 + 600 hasta km 6 + 780 de la provincia de Tungurahua,” Ambato, 2019. Accessed: May 25, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30018>
- [6] H. A. Rondon Quintana, *Pavimentos: materiales, construccion y diseno*. Ecoe Ediciones, 2016. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/70435>
- [7] UMSS, “Manual completo de diseño de pavimentos.” Cochabamba.
- [8] A. T. Papagiannakis and E. A. Masad, “Introduction,” in *Pavement Design and Materials*, John Wiley & Sons, Ltd, 2012, pp. 1–12. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470259924.ch1>.



- [9] E. D. Rodríguez Velásquez, “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla,” Piura, 2009.
- [10] NEVI-12-MTOP, “VOLUMEN N° 2 - LIBRO A: NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES,” vol. 2. Quito, 2013.
- [11] O. V. Cordo, *Diseño de Pavimentos – AASHTO 93*, 3rd ed. La Paz, 2006.
- [12] CONREVIAl, “Evaluación y Diseño Preliminar para Rehabilitación de Pavimentos Bituminosos,” in *Estudio de Rehabilitación de carreteras en el Perú*, Lima: Dirección General de Transporte Terrestre.
- [13] MOPC, “Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (Catálogo de fallas).” República Dominicana, 2016.
- [14] L. Vásquez, “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS,” *ingepav*, 2002.
- [15] J. C. Guerra Torralbo, *Mecánica de suelos: conceptos basicos y aplicaciones*. Dextra Editorial, 2018. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/131540>
- [16] " Jose and S. Cañas, “Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz N°. 200 en agregado mineral por lavado,” *Dep. Mecánica Estructural*, 2007, Accessed: May 29, 2022. [Online]. Available: <http://geotech.uta.edu/lab/Main//sieve/index.htm>,
- [17] B. M. Das, *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, 4th ed. México D.F.: Cengage Learning, 2013.
- [18] F. Villalobos, *Mecánica de suelos (2a. ed.)*. Editorial ebooks Patagonia - Ediciones UCSC, 2016. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/196179>
- [19] Y. Benalcazar, “PRACTICA N° 8 MEDICIÓN DE LA DENSIDAD EN CAMPO”.
- [20] S. Minaya and A. Ordóñez, *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*, 2nd ed.



Lima, 2006.

- [21] F. B. L. Carneiro, “Benkelman Beam-Auxiliary Instrument of the Maintenance Engineer”.
- [22] M. Gonzales and J. Valencia, “Deformaciones admisibles de subrasantes en proyectos de pavimentos,” Cusco, 2015.
- [23] G. W. Sharpe and H. F. Southgate, “Highway Administration Development of a Rational Overlay Design Method for Pavements,” 1979.
- [24] A. T. Papagiannakis and E. A. Masad, “Pavement Rehabilitation,” in *Pavement Design and Materials*, John Wiley & Sons, Ltd, 2012, pp. 451–472. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470259924.ch13>.
- [25] TRABIT, “Ficha Técnica sellado de grietas”.
- [26] ASFALVIAS, “Empresa de Fresado de Asfalto | ASFALVIAS Asfaltados y Pavimentos.” [https://www.asfalvias.com/fresado-de-asfalto/#lightbox\[gallery\\_image\\_1\]/0](https://www.asfalvias.com/fresado-de-asfalto/#lightbox[gallery_image_1]/0) (accessed Oct. 17, 2022).
- [27] W. Sánchez, “Carreteras de Esmeraldas son intervenidas con bacheo y mantenimiento rutinario por parte del MTOP – Ministerio de Transporte y Obras Públicas.” <https://www.obraspublicas.gob.ec/carreteras-de-esmeraldas-son-intervenidas-con-bacheo-y-mantenimiento-rutinario-por-parte-del-mtop/> (accessed Oct. 17, 2022).
- [28] R. E. Flres Escoto, “Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos para el municipio de Santa Tecla,” Universidad de El Salvador, 2008. Accessed: Oct. 14, 2022. [Online]. Available: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2097/>
- [29] NEVI-12-MTOP, “VOLUMEN N°6 - CONSERVACIÓN VIAL.” Quito, 2013.
- [30] Ministerio de Obras Públicas, “ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES,” 2002.



**ANEXOS**

**ANEXO A**  
**CONTEO VEHICULAR**



A-1. Conteo vehicular día 1, lunes 09 de mayo de 2022.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos						
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>FECHA:</b>	lunes, 09 de mayo de 2022						
CONTEO VEHICULAR DÍA 1									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	29	3	2	2	0	0	4	36	347
6:15 - 6:30	65	6	3	0	0	0	3	74	
6:30 - 6:45	109	5	3	1	0	0	4	118	
6:45 - 7:00	111	2	3	3	0	0	6	119	610
7:00 - 7:15	129	8	2	2	0	0	4	141	
7:15 - 7:30	193	8	5	3	0	0	8	209	
7:30 - 7:45	113	6	5	1	0	0	6	125	
7:45 - 8:00	121	7	5	2	0	0	7	135	
8:00 - 8:15	116	7	3	0	1	0	4	127	398
8:15 - 8:30	82	6	7	0	6	0	13	101	
8:30 - 8:45	96	3	2	5	1	0	8	107	
8:45 - 9:00	55	5	3	0	0	0	3	63	263
9:00 - 9:15	59	3	3	1	0	0	4	66	
9:15 - 9:30	52	5	6	0	0	0	6	63	
9:30 - 9:45	64	3	4	0	1	0	5	72	
9:45 - 10:00	50	4	6	2	0	0	8	62	
10:00 - 10:15	64	1	3	1	0	0	4	69	259
10:15 - 10:30	61	6	4	1	1	0	6	73	
10:30 - 10:45	51	0	6	3	1	0	10	61	
10:45 - 11:00	48	2	3	3	0	0	6	56	
11:00 - 11:15	53	3	2	3	0	0	5	61	288
11:15 - 11:30	66	4	3	1	1	1	6	76	
11:30 - 11:45	58	2	6	2	0	0	8	68	
11:45 - 12:00	73	6	3	1	0	0	4	83	
12:00 - 12:15	72	5	3	3	0	0	6	83	
12:15 - 12:30	81	2	4	1	1	0	6	89	388
12:30 - 12:45	93	4	6	2	0	0	8	105	
12:45 - 13:00	95	9	6	0	0	1	7	111	
13:00 - 13:15	122	6	3	0	0	0	3	131	378
13:15 - 13:30	75	6	6	1	1	0	8	89	
13:30 - 13:45	76	4	3	3	0	0	6	86	
13:45 - 14:00	63	4	3	2	0	0	5	72	
14:00 - 14:15	54	6	4	0	0	0	4	64	
14:15 - 14:30	60	2	6	3	1	0	10	72	272
14:30 - 14:45	56	5	3	3	0	0	6	67	
14:45 - 15:00	61	2	2	3	1	0	6	69	
15:00 - 15:15	55	2	2	0	0	0	2	59	278
15:15 - 15:30	66	3	3	1	0	1	5	74	
15:30 - 15:45	62	3	3	0	2	1	6	71	
15:45 - 16:00	67	5	2	0	0	0	2	74	
16:00 - 16:15	59	3	2	2	0	1	5	67	
16:15 - 16:30	74	4	2	3	0	0	5	83	291
16:30 - 16:45	52	1	2	1	0	0	3	56	
16:45 - 17:00	75	3	7	0	0	0	7	85	
17:00 - 17:15	84	1	3	4	0	0	7	92	368
17:15 - 17:30	84	6	4	2	0	0	6	96	
17:30 - 17:45	88	1	1	3	0	1	5	94	
17:45 - 18:00	77	3	3	3	0	0	6	86	
<b>TOTAL</b>	3669	195	175	77	18	6	276	4140	



A-2. Conteo vehicular día 2, martes 10 de mayo de 2022.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos						
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>FECHA:</b>	martes, 10 de mayo de 2022						
CONTEO VEHICULAR DÍA 2									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	22	5	3	0	0	0	3	30	338
6:15 - 6:30	54	6	2	3	0	0	5	65	
6:30 - 6:45	108	8	2	1	0	0	3	119	
6:45 - 7:00	115	4	3	2	0	0	5	124	
7:00 - 7:15	132	7	3	2	0	0	5	144	559
7:15 - 7:30	167	6	1	0	0	0	1	174	
7:30 - 7:45	125	5	2	1	0	0	3	133	
7:45 - 8:00	98	5	3	2	0	0	5	108	
8:00 - 8:15	101	4	3	1	0	0	4	109	373
8:15 - 8:30	103	2	4	0	0	0	4	109	
8:30 - 8:45	61	4	2	1	0	0	3	68	
8:45 - 9:00	79	4	4	0	0	0	4	87	
9:00 - 9:15	53	2	4	2	0	0	6	61	272
9:15 - 9:30	55	1	3	2	0	0	5	61	
9:30 - 9:45	76	1	6	0	0	0	6	83	
9:45 - 10:00	58	3	5	1	0	0	6	67	
10:00 - 10:15	48	2	5	1	0	1	7	57	242
10:15 - 10:30	46	3	4	1	0	0	5	54	
10:30 - 10:45	58	2	4	2	0	0	6	66	
10:45 - 11:00	53	4	6	2	0	0	8	65	
11:00 - 11:15	67	2	3	3	0	0	6	75	260
11:15 - 11:30	40	5	6	1	0	0	7	52	
11:30 - 11:45	50	1	3	0	0	0	3	54	
11:45 - 12:00	70	3	5	1	0	0	6	79	
12:00 - 12:15	67	3	5	3	0	0	8	78	394
12:15 - 12:30	74	4	3	1	0	0	4	82	
12:30 - 12:45	125	3	5	1	0	0	6	134	
12:45 - 13:00	88	8	3	1	0	0	4	100	
13:00 - 13:15	111	5	4	0	0	0	4	120	387
13:15 - 13:30	90	3	3	0	0	0	3	96	
13:30 - 13:45	78	3	6	0	0	0	6	87	
13:45 - 14:00	77	3	4	0	0	0	4	84	
14:00 - 14:15	58	3	3	1	0	0	4	65	297
14:15 - 14:30	72	4	4	2	1	0	7	83	
14:30 - 14:45	57	1	3	3	1	0	7	65	
14:45 - 15:00	74	4	5	0	0	1	6	84	
15:00 - 15:15	73	1	3	2	1	0	6	80	288
15:15 - 15:30	55	3	1	0	0	0	1	59	
15:30 - 15:45	64	1	3	0	0	0	3	68	
15:45 - 16:00	68	6	6	0	1	0	7	81	
16:00 - 16:15	62	1	4	1	0	0	5	68	293
16:15 - 16:30	69	4	6	2	0	0	8	81	
16:30 - 16:45	60	0	4	1	0	0	5	65	
16:45 - 17:00	72	3	4	0	0	0	4	79	
17:00 - 17:15	74	1	5	3	0	0	8	83	372
17:15 - 17:30	94	4	4	1	0	0	5	103	
17:30 - 17:45	89	1	6	2	0	0	8	98	
17:45 - 18:00	78	3	6	1	0	0	7	88	
<b>TOTAL</b>	3668	161	186	54	4	2	246	4075	



A-3. Conteo vehicular día 3, miércoles 11 de mayo de 2022.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui								
<b>ABSCISA:</b>	0+000								
<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos								
<b>FECHA:</b>	miércoles, 11 de mayo de 2022								
CONTEO VEHICULAR DÍA 3									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	21	6	3	1	0	0	4	31	329
6:15 - 6:30	49	4	4	0	0	0	4	57	
6:30 - 6:45	108	6	3	0	0	0	3	117	
6:45 - 7:00	114	5	3	2	0	0	5	124	
7:00 - 7:15	133	4	3	2	0	0	5	142	573
7:15 - 7:30	165	7	5	3	0	0	8	180	
7:30 - 7:45	133	4	5	1	0	0	6	143	
7:45 - 8:00	96	4	5	3	0	0	8	108	
8:00 - 8:15	103	4	3	2	0	0	5	112	349
8:15 - 8:30	91	5	3	3	0	0	6	102	
8:30 - 8:45	66	0	4	1	0	0	5	71	
8:45 - 9:00	54	2	6	2	0	0	8	64	
9:00 - 9:15	53	2	3	3	1	0	7	62	254
9:15 - 9:30	52	3	3	1	0	0	4	59	
9:30 - 9:45	54	1	3	1	0	0	4	59	
9:45 - 10:00	67	2	3	2	0	0	5	74	
10:00 - 10:15	47	2	6	2	0	0	8	57	226
10:15 - 10:30	46	3	2	3	0	0	5	54	
10:30 - 10:45	48	0	3	3	0	0	6	54	
10:45 - 11:00	55	2	2	2	0	0	4	61	
11:00 - 11:15	52	4	5	1	0	0	6	62	242
11:15 - 11:30	48	4	0	1	0	0	1	53	
11:30 - 11:45	56	1	1	0	0	0	1	58	
11:45 - 12:00	61	4	3	1	0	0	4	69	
12:00 - 12:15	69	2	5	2	0	0	7	78	351
12:15 - 12:30	69	2	3	2	0	0	5	76	
12:30 - 12:45	90	6	3	1	0	0	4	100	
12:45 - 13:00	86	4	5	1	1	0	7	97	
13:00 - 13:15	101	4	6	0	0	0	6	111	363
13:15 - 13:30	99	3	3	2	0	0	5	107	
13:30 - 13:45	69	2	3	3	0	0	6	77	
13:45 - 14:00	58	4	5	1	0	0	6	68	
14:00 - 14:15	47	1	5	2	0	0	7	55	249
14:15 - 14:30	52	7	4	2	0	0	6	65	
14:30 - 14:45	57	1	3	3	0	0	6	64	
14:45 - 15:00	53	2	7	2	0	1	10	65	
15:00 - 15:15	68	2	3	1	0	0	4	74	259
15:15 - 15:30	56	3	3	2	0	0	5	64	
15:30 - 15:45	53	2	3	0	0	0	3	58	
15:45 - 16:00	56	3	3	1	0	0	4	63	
16:00 - 16:15	58	1	4	0	0	0	4	63	271
16:15 - 16:30	63	2	6	1	0	0	7	72	
16:30 - 16:45	54	0	3	1	0	0	4	58	
16:45 - 17:00	71	3	4	0	0	0	4	78	
17:00 - 17:15	77	1	5	3	0	0	8	86	367
17:15 - 17:30	94	4	6	2	0	0	8	106	
17:30 - 17:45	75	1	4	2	0	0	6	82	
17:45 - 18:00	81	3	8	0	1	0	9	93	
<b>TOTAL</b>	3428	142	185	74	3	1	263	3833	

A-4. Conteo vehicular día 4, jueves 12 de mayo de 2022.



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos						
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>FECHA:</b>	jueves, 12 de mayo de 2022						
CONTEO VEHICULAR DÍA 4									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	23	4	3	0	0	0	3	30	330
6:15 - 6:30	64	4	1	0	0	0	1	69	
6:30 - 6:45	117	4	2	1	0	0	3	124	
6:45 - 7:00	92	4	6	4	1	0	11	107	
7:00 - 7:15	134	7	4	3	0	0	7	148	571
7:15 - 7:30	164	4	3	1	0	0	4	172	
7:30 - 7:45	131	6	3	0	0	0	3	140	
7:45 - 8:00	99	2	7	2	1	0	10	111	
8:00 - 8:15	99	4	4	0	0	0	4	107	380
8:15 - 8:30	94	5	2	2	0	0	4	103	
8:30 - 8:45	85	0	3	2	0	0	5	90	
8:45 - 9:00	71	2	3	3	0	1	7	80	
9:00 - 9:15	51	2	6	3	0	0	9	62	259
9:15 - 9:30	65	3	6	0	0	0	6	74	
9:30 - 9:45	50	1	3	1	0	0	4	55	
9:45 - 10:00	59	3	4	1	1	0	6	68	
10:00 - 10:15	54	0	5	1	1	0	7	61	231
10:15 - 10:30	55	3	6	1	0	0	7	65	
10:30 - 10:45	41	0	3	1	0	0	4	45	
10:45 - 11:00	52	2	3	2	1	0	6	60	
11:00 - 11:15	56	2	4	3	0	1	8	66	274
11:15 - 11:30	56	2	3	1	0	0	4	62	
11:30 - 11:45	59	0	4	2	0	0	6	65	
11:45 - 12:00	69	6	5	1	0	0	6	81	
12:00 - 12:15	75	0	4	1	0	0	5	80	344
12:15 - 12:30	66	6	3	1	0	0	4	76	
12:30 - 12:45	90	4	5	3	0	0	8	102	
12:45 - 13:00	78	4	3	1	0	0	4	86	
13:00 - 13:15	112	4	4	4	0	0	8	124	407
13:15 - 13:30	98	2	0	2	0	0	2	102	
13:30 - 13:45	93	1	6	1	0	0	7	101	
13:45 - 14:00	74	2	4	0	0	0	4	80	
14:00 - 14:15	67	2	6	3	0	0	9	78	291
14:15 - 14:30	63	6	5	3	0	0	8	77	
14:30 - 14:45	58	4	2	2	1	0	5	67	
14:45 - 15:00	61	2	3	2	0	1	6	69	
15:00 - 15:15	56	3	4	0	0	0	4	63	260
15:15 - 15:30	56	2	3	1	0	0	4	62	
15:30 - 15:45	62	0	3	0	0	0	3	65	
15:45 - 16:00	60	4	5	1	0	0	6	70	
16:00 - 16:15	62	1	8	0	0	0	8	71	295
16:15 - 16:30	64	3	3	1	0	0	4	71	
16:30 - 16:45	62	1	7	1	1	0	9	72	
16:45 - 17:00	75	2	2	0	1	1	4	81	
17:00 - 17:15	65	1	2	0	0	0	2	68	375
17:15 - 17:30	88	2	3	1	0	0	4	94	
17:30 - 17:45	92	4	6	1	0	0	7	103	
17:45 - 18:00	99	3	8	0	0	0	8	110	
<b>TOTAL</b>	3616	133	192	64	8	4	268	4017	

A-5. Conteo vehicular día 5, viernes 13 de mayo de 2022.



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		<b>CONTEO VEHICULAR DÍA 5</b>							
		<b>TIPO DE VEHÍCULOS</b>							
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	32	7	1	0	0	0	1	40	351
6:15 - 6:30	70	3	2	1	0	0	3	76	
6:30 - 6:45	112	3	4	0	0	0	4	119	
6:45 - 7:00	107	6	2	1	0	0	3	116	
7:00 - 7:15	133	6	6	2	0	0	8	147	556
7:15 - 7:30	166	3	5	2	0	0	7	176	
7:30 - 7:45	130	3	3	1	0	0	4	137	
7:45 - 8:00	90	2	3	1	0	0	4	96	
8:00 - 8:15	110	3	3	1	0	0	4	117	385
8:15 - 8:30	105	3	5	2	0	0	7	115	
8:30 - 8:45	73	2	3	3	0	0	6	81	
8:45 - 9:00	63	3	5	1	0	0	6	72	
9:00 - 9:15	65	2	5	2	0	0	7	74	283
9:15 - 9:30	57	5	3	0	0	0	3	65	
9:30 - 9:45	60	1	6	3	0	1	10	71	
9:45 - 10:00	66	2	4	1	0	0	5	73	
10:00 - 10:15	48	2	2	0	0	0	2	52	258
10:15 - 10:30	67	2	2	0	0	0	2	71	
10:30 - 10:45	62	0	4	2	0	0	6	68	
10:45 - 11:00	60	3	4	0	0	0	4	67	
11:00 - 11:15	63	1	5	0	2	0	7	71	257
11:15 - 11:30	55	3	4	2	2	0	8	66	
11:30 - 11:45	50	5	2	1	0	0	3	58	
11:45 - 12:00	54	3	3	2	0	0	5	62	
12:00 - 12:15	71	0	3	0	0	1	4	75	338
12:15 - 12:30	72	5	2	0	1	0	3	80	
12:30 - 12:45	69	2	7	0	0	0	7	78	
12:45 - 13:00	98	3	2	2	0	0	4	105	
13:00 - 13:15	119	3	5	0	0	0	5	127	393
13:15 - 13:30	106	3	5	0	2	0	7	116	
13:30 - 13:45	73	1	6	0	0	0	6	80	
13:45 - 14:00	58	6	3	3	0	0	6	70	
14:00 - 14:15	56	2	1	0	1	0	2	60	265
14:15 - 14:30	58	5	3	2	0	0	5	68	
14:30 - 14:45	58	1	3	3	0	0	6	65	
14:45 - 15:00	64	2	4	1	1	0	6	72	
15:00 - 15:15	68	3	3	1	1	0	5	76	319
15:15 - 15:30	60	2	2	0	1	1	4	66	
15:30 - 15:45	65	0	5	0	0	0	5	70	
15:45 - 16:00	95	4	6	1	1	0	8	107	
16:00 - 16:15	69	0	3	2	0	0	5	74	309
16:15 - 16:30	72	2	6	1	0	0	7	81	
16:30 - 16:45	64	1	6	0	0	0	6	71	
16:45 - 17:00	73	4	5	1	0	0	6	83	
17:00 - 17:15	71	0	4	2	0	0	6	77	386
17:15 - 17:30	100	2	5	0	0	0	5	107	
17:30 - 17:45	96	0	4	0	0	0	4	100	
17:45 - 18:00	91	2	7	2	0	0	9	102	
<b>TOTAL</b>	3724	126	186	49	12	3	250	4100	





A-6. Censo vehicular día 6, sábado 14 de mayo de 2022.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui								
<b>ABSCISA:</b>	0+000								
<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos								
<b>FECHA:</b>	sábado, 14 de mayo de 2022								
CONTEO VEHICULAR DÍA 6									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	11	4	1	1	0	0	2	17	107
6:15 - 6:30	16	1	1	0	0	0	1	18	
6:30 - 6:45	26	3	2	1	0	0	3	32	
6:45 - 7:00	31	4	3	2	0	0	5	40	
7:00 - 7:15	45	2	3	1	0	0	4	51	235
7:15 - 7:30	50	2	1	2	0	0	3	55	
7:30 - 7:45	53	2	3	2	0	0	5	60	
7:45 - 8:00	60	3	3	3	0	0	6	69	
8:00 - 8:15	53	1	5	1	1	0	7	61	275
8:15 - 8:30	62	3	3	0	0	0	3	68	
8:30 - 8:45	65	0	3	2	0	0	5	70	
8:45 - 9:00	67	2	6	1	0	0	7	76	
9:00 - 9:15	60	1	3	3	1	0	7	68	284
9:15 - 9:30	49	4	3	2	1	0	6	59	
9:30 - 9:45	62	3	5	2	0	0	7	72	
9:45 - 10:00	75	5	3	1	1	0	5	85	
10:00 - 10:15	61	4	3	2	1	0	6	71	291
10:15 - 10:30	60	3	5	1	0	0	6	69	
10:30 - 10:45	66	1	5	0	0	0	5	72	
10:45 - 11:00	72	3	4	0	0	0	4	79	
11:00 - 11:15	83	1	5	2	2	0	9	93	323
11:15 - 11:30	69	1	3	2	0	0	5	75	
11:30 - 11:45	73	2	3	1	0	0	4	79	
11:45 - 12:00	73	1	1	1	0	0	2	76	
12:00 - 12:15	61	1	2	0	1	0	3	65	306
12:15 - 12:30	66	1	3	3	0	0	6	73	
12:30 - 12:45	79	1	3	1	1	0	5	85	
12:45 - 13:00	76	4	3	0	0	0	3	83	
13:00 - 13:15	84	1	4	1	0	0	5	90	331
13:15 - 13:30	74	2	3	0	0	0	3	79	
13:30 - 13:45	70	2	3	0	0	0	3	75	
13:45 - 14:00	83	1	2	0	1	0	3	87	
14:00 - 14:15	58	2	4	0	0	0	4	64	268
14:15 - 14:30	58	2	3	0	0	0	3	63	
14:30 - 14:45	65	1	3	0	0	0	3	69	
14:45 - 15:00	66	2	4	0	0	0	4	72	
15:00 - 15:15	65	3	5	0	0	0	5	73	262
15:15 - 15:30	57	0	3	0	0	0	3	60	
15:30 - 15:45	66	1	1	1	0	0	2	69	
15:45 - 16:00	54	2	3	1	0	0	4	60	
16:00 - 16:15	74	1	3	0	1	0	4	79	313
16:15 - 16:30	81	5	2	0	0	0	2	88	
16:30 - 16:45	65	1	3	2	0	0	5	71	
16:45 - 17:00	72	1	2	0	0	0	2	75	
17:00 - 17:15	78	1	5	0	0	0	5	84	321
17:15 - 17:30	91	2	3	1	0	0	4	97	
17:30 - 17:45	67	1	2	1	0	0	3	71	
17:45 - 18:00	63	2	4	0	0	0	4	69	
<b>TOTAL</b>	<b>3015</b>	<b>96</b>	<b>150</b>	<b>44</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>205</b>	<b>3316</b>	

A-7. Conteo vehicular día 7, domingo 15 de mayo de 2022.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos						
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>FECHA:</b>	domingo, 15 de mayo de 2022						
CONTEO VEHICULAR DÍA 7									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
6:00 - 6:15	13	1	0	0	0	0	0	14	88
6:15 - 6:30	23	1	1	0	0	0	1	25	
6:30 - 6:45	14	1	1	1	0	0	2	17	
6:45 - 7:00	28	0	3	1	0	0	4	32	
7:00 - 7:15	24	1	2	0	0	0	2	27	134
7:15 - 7:30	34	3	1	0	0	0	1	38	
7:30 - 7:45	29	0	3	1	1	0	5	34	
7:45 - 8:00	29	2	3	1	0	0	4	35	
8:00 - 8:15	40	0	3	0	0	0	3	43	166
8:15 - 8:30	36	2	1	0	0	0	1	39	
8:30 - 8:45	37	0	0	0	0	0	0	37	
8:45 - 9:00	42	2	3	0	0	0	3	47	
9:00 - 9:15	47	2	3	0	0	0	3	52	208
9:15 - 9:30	33	2	2	0	0	0	2	37	
9:30 - 9:45	59	0	3	2	0	0	5	64	
9:45 - 10:00	50	2	3	0	0	0	3	55	
10:00 - 10:15	66	0	4	0	0	0	4	70	235
10:15 - 10:30	46	1	3	0	0	0	3	50	
10:30 - 10:45	50	2	3	0	0	0	3	55	
10:45 - 11:00	58	1	1	0	0	0	1	60	
11:00 - 11:15	50	0	3	0	0	0	3	53	262
11:15 - 11:30	74	1	0	0	0	0	0	75	
11:30 - 11:45	61	2	2	1	0	0	3	66	
11:45 - 12:00	64	1	2	1	0	0	3	68	
12:00 - 12:15	79	0	2	0	0	0	2	81	279
12:15 - 12:30	66	5	0	0	0	0	0	71	
12:30 - 12:45	59	0	3	0	0	0	3	62	
12:45 - 13:00	62	2	1	0	0	0	1	65	
13:00 - 13:15	66	0	3	0	0	0	3	69	247
13:15 - 13:30	47	1	0	0	0	0	0	48	
13:30 - 13:45	70	1	2	0	0	0	2	73	
13:45 - 14:00	54	1	2	0	0	0	2	57	
14:00 - 14:15	68	0	3	0	0	0	3	71	241
14:15 - 14:30	52	1	3	0	0	0	3	56	
14:30 - 14:45	51	3	3	0	0	0	3	57	
14:45 - 15:00	53	1	3	0	0	0	3	57	
15:00 - 15:15	57	0	3	0	0	0	3	60	240
15:15 - 15:30	67	2	4	0	0	0	4	73	
15:30 - 15:45	46	0	2	1	0	0	3	49	
15:45 - 16:00	56	1	1	0	0	0	1	58	
16:00 - 16:15	38	0	1	0	0	0	1	39	211
16:15 - 16:30	53	1	1	0	0	0	1	55	
16:30 - 16:45	61	1	3	0	0	0	3	65	
16:45 - 17:00	49	0	3	0	0	0	3	52	
17:00 - 17:15	59	0	2	0	0	0	2	61	242
17:15 - 17:30	57	2	2	0	0	0	2	61	
17:30 - 17:45	59	0	1	0	0	1	2	61	
17:45 - 18:00	57	0	1	1	0	0	2	59	
<b>TOTAL</b>	2393	49	99	10	1	1	111	2553	

**A-8. Censo vehicular adicional, miércoles 10 de mayo de 2022.**



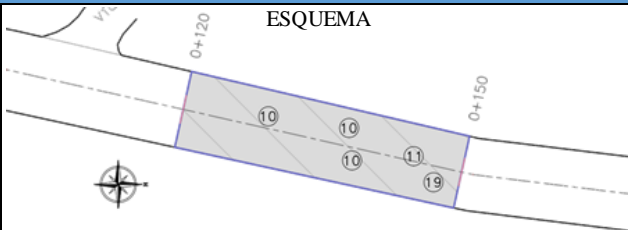
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
<b>ELABORADO POR:</b>	Christian Alqui	<b>SENTIDO:</b>	Ambos Sentidos						
<b>ABSCISA:</b>	3+800	<b>FECHA:</b>	miércoles, 08 de junio de 2022						
CONTEO VEHICULAR ADICIONAL (18:00 - 06:00)									
HORA	TIPO DE VEHÍCULOS						TOTAL CAMIONES	TOTAL	TOTAL POR HORA
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES						
			C-2P	C-2G	C-3	C>3			
18:00 - 18:15	63	0	7	0	0	0	7	70	282
18:15 - 18:30	70	2	0	2	0	0	2	74	
18:30 - 18:45	64	4	1	1	0	0	2	70	
18:45 - 19:00	62	2	2	2	0	0	4	68	
19:00 - 19:15	63	1	2	0	0	0	2	66	161
19:15 - 19:30	22	1	0	1	0	0	1	24	
19:30 - 19:45	31	4	0	0	0	0	0	35	
19:45 - 20:00	35	0	1	0	0	0	1	36	
20:00 - 20:15	25	0	1	0	0	0	1	26	79
20:15 - 20:30	22	1	0	0	0	0	0	23	
20:30 - 20:45	17	1	0	1	0	0	1	19	
20:45 - 21:00	10	0	1	0	0	0	1	11	
21:00 - 21:15	18	2	0	0	0	0	0	20	52
21:15 - 21:30	12	0	0	0	0	0	0	12	
21:30 - 21:45	13	0	0	1	0	0	1	14	
21:45 - 22:00	6	0	0	0	0	0	0	6	
22:00 - 22:15	11	0	0	0	1	0	1	12	36
22:15 - 22:30	10	0	1	0	0	0	1	11	
22:30 - 22:45	6	0	0	0	0	0	0	6	
22:45 - 23:00	6	0	0	0	1	0	1	7	
23:00 - 23:15	1	0	1	0	0	0	1	2	10
23:15 - 23:30	3	0	0	0	0	0	0	3	
23:30 - 23:45	2	0	0	0	0	0	0	2	
23:45 - 0:00	3	0	0	0	0	0	0	3	
0:00 - 0:15	1	0	0	0	0	0	0	1	9
0:15 - 0:30	2	0	0	0	0	0	0	2	
0:30 - 0:45	2	0	0	0	0	0	0	2	
0:45 - 1:00	3	0	0	0	0	1	1	4	
1:00 - 1:15	2	0	0	0	0	0	0	2	6
1:15 - 1:30	1	0	0	0	0	0	0	1	
1:30 - 1:45	2	0	0	0	0	0	0	2	
1:45 - 2:00	1	0	0	0	0	0	0	1	
2:00 - 2:15	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2:15 - 2:30	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:30 - 2:45	1	0	0	0	0	0	0	1	
2:45 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:00 - 3:15	0	0	0	0	0	0	0	0	3
3:15 - 3:30	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:30 - 3:45	1	0	0	0	0	0	0	1	
3:45 - 4:00	2	0	0	0	0	0	0	2	
4:00 - 4:15	3	0	2	0	0	0	2	5	14
4:15 - 4:30	2	0	0	0	0	0	0	2	
4:30 - 4:45	2	0	1	0	0	0	1	3	
4:45 - 5:00	4	0	0	0	0	0	0	4	
5:00 - 5:15	5	0	0	0	0	0	0	5	53
5:15 - 5:30	6	2	0	0	0	0	0	8	
5:30 - 5:45	19	2	0	0	0	0	0	21	
5:45 - 6:00	17	1	0	0	1	0	1	19	
<b>TOTAL</b>	651	23	20	8	3	1	32	706	

**ANEXO B**

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



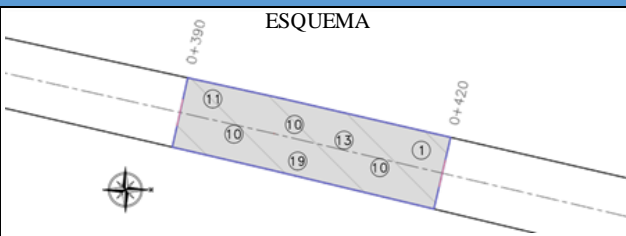
## Anexo B1. Unidades de muestreo PCI

### B1-1. Unidad de muestreo PCI N.º 1

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	1												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	243 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	0+120												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	0+150												
													
ANOMALÍAS (UNIDADES)													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)												
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)												
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )												
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )												
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
15. Ruteo (m <sup>2</sup> )	16. Empellones (m <sup>2</sup> )												
17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )												
19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO									
10 L	0.20	0.20	0.05	0.12	0.10	0.12	0.30			1.09	0.45	0	
10 M	1.20	4.40	3.60	1.00						10.20	4.20	10	
10 H	4.30	3.90	1.30							9.50	3.91	20	
11 L	0.49									0.49	0.20	0	
19 L	12.15									12.15	5.00	4	
#	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV
1	20	10	4										
2	20	10	4								34	3	20
3	20	10	2								32	2	24
4	20	2	2								24	1	24
5													
6													
7													
8													



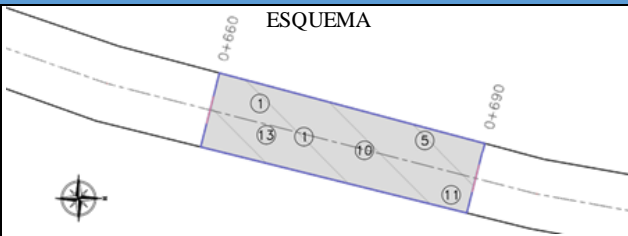
HDV = 20	m = 8.35	-
CDVs = 24		<b>PCI = 76</b>

**B1-2. Unidad de muestreo PCI N.º 2**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 											
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO											
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)										
<b>TRAMO:</b>	0+000 a 3+800										
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	2										
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui										
<b>FECHA:</b>	30/05/2022										
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	241.5 m <sup>2</sup>										
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	0+390										
<b>ABSCISA FINAL:</b>	0+420										
											
ANOMALÍAS (UNIDADES)											
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)										
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)										
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)										
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )										
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )										
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)										
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )										
15. Ruteo (m <sup>2</sup> )	16. Empellones (m <sup>2</sup> )										
17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )										
19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )											
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO							
1 M	8.54			8.54							
1 H	1.92	2.30		4.22							
10 L	0.56	0.80	0.38	2.33							
10 M	0.95	3.00	1.60	12.02							
10 H	4.00			4.00							
11 L	1.76	1.80	0.56	4.12							
13 L	1.00	1.00		2.00							
15 L	4.50			4.50							
19 L	96.60			96.60							
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO								TOTAL	q	CDV
1	39	35	18	13	12	11	11	4			
2	39	35	18	13	12	11	6.62		134.62	7	66
3	39	35	18	13	12	11	2		130	6	64
4	39	35	18	13	12	2	2		121	5	63
5	39	35	18	13	2	2	2		111	4	64
6	39	35	18	2	2	2	2		100	3	64
7	39	35	2	2	2	2	2		84	2	60
8	39	2	2	2	2	2	2		51	1	51



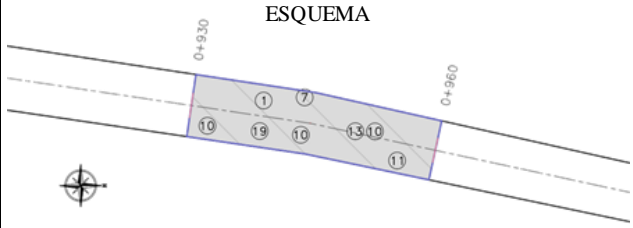
HDV = 39	m = 6.6	11 * 0.6
CDVs = 66		PCI = 34

**B1-3. Unidad de muestreo PCI N.º 3**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 														
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA													
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO														
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)													
<b>TRAMO:</b>	0+000 a 3+800													
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	3													
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui													
<b>FECHA:</b>	30/05/2022													
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	241.5 m <sup>2</sup>													
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	0+660													
<b>ABSCISA FINAL:</b>	0+690													
														
ANOMALÍAS (UNIDADES)														
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)													
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)													
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)													
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)													
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)													
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)													
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)													
15. Ruteo (m2)	16. Empellones (m2)													
17. Agrietamiento Media Luna (m2)	18. Protuberancia (m2)													
19. Intemperismo (m2)														
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO										
1 M	2.00	7.65	19.20							28.85	11.95	49		
1 H	6.84									6.84	2.83	45		
5 L	33.00									33.00	13.66	16		
10 M	0.85									0.85	0.35	0		
11 L	0.38	1.26	0.91							2.55	1.06	2		
11 M	90.00									90.00	37.27	53		
13 L	1.00									1.00	0.41	10		
15 L	18.00									18.00	7.45	25		
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV	
1	53	49	45	25	16	10	2							
2	53	49	45	25	16	3.16						191.16	6	88
3	53	49	45	25	16	2						190	5	92
4	53	49	45	25	2	2						176	4	93
5	53	49	45	2	2	2						153	3	90
6	53	49	2	2	2	2						110	2	76
7	53	2	2	2	2	2						63	1	63
8														

HDV = 53	m = 5.32	10 * 0.32
CDVs = 93	PCI = 7	



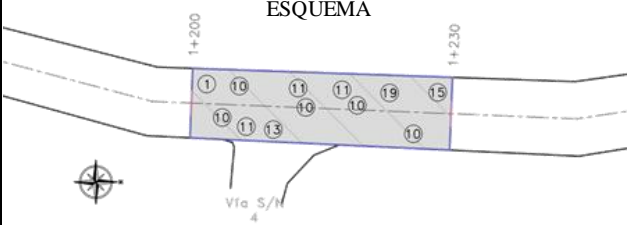
**B1-4. Unidad de muestreo PCI N.º 4**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	4												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	228 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	0+930												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	0+960												
<b>ESQUEMA</b>													
													
<b>ANOMALÍAS (UNIDADES)</b>													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m <sup>2</sup> )											
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)	16. Empellones (m <sup>2</sup> )											
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )											
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )											
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )	19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )											
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
<b>ANOMALÍA SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD %</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>									
1 L	2.72			2.72	1.19	11							
1 M	0.38	0.60				0.98	0.43	15					
1 H	4.24	0.67	4.38					9.29	4.07	50			
7 H	0.70							0.70	0.31	9			
10 L	0.60	0.50	0.50	0.70	0.40	0.60	0.70			4.00	1.75	1	
10 M	0.60									0.60	0.26	0	
10 H	1.90									1.90	0.83	8	
11 L	4.00	1.28	0.88							6.16	2.70	7	
13 L	1.00	1.00								2.00	0.88	19	
19 M	91.20									91.20	40.00	33	
<b># ITERACIÓN</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>										<b>TOTAL</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	50	33	19	15	11	9	8	7	1				
2	50	33	19	15	11	5.33					133.33	6	65
3	50	33	19	15	11	2					130	5	68
4	50	33	19	15	2	2					121	4	69
5	50	33	19	2	2	2					108	3	68
6	50	33	2	2	2	2					91	2	65
7	50	2	2	2	2	2					60	1	60
8													

HDV = 50	m = 5.59	9 * 0.59
CDVs = 69		<b>PCI = 31</b>



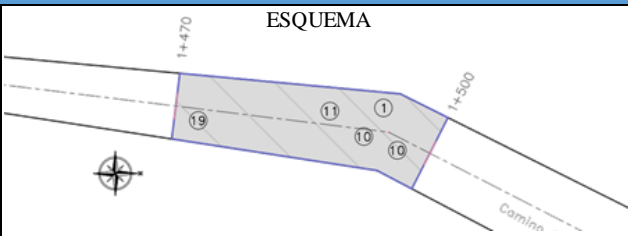


**B1-5. Unidad de muestreo PCI N.º 5**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 														
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA													
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO														
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)													
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800													
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	5													
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui													
<b>FECHA:</b>	30/05/2022													
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	247.5 m <sup>2</sup>													
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	1+200													
<b>ABSCISA FINAL:</b>	1+230													
														
ANOMALÍAS (UNIDADES)														
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m2)												
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)	16. Empellones (m2)												
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)	18. Protuberancia (m2)												
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)	19. Intemperismo (m2)												
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)													
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1 M	5.40	3.75	0.60	0.30	0.14							10.19	4.12	38
10 L	0.37	0.35	1.10									1.82	0.74	2
10 M	0.65	0.90	1.20	2.70	2.70	1.60	0.60	1.45	4.00			15.80	6.38	14
10 H	1.10	1.00										2.10	0.85	8
11 L	2.70	2.71	0.18	3.60								9.18	3.71	8
11 M	2.01											2.01	0.81	9
13 L	1.00	1.00										2.00	0.81	18
15 M	2.80											2.80	1.13	20
19 M	80.00											80.00	32.32	30
19 H	7.20											7.20	2.91	24
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV	
1	38	30	24	20	18	14	9	8	8	2				
2	38	30	24	20	18	14	6.24					150.24	7	71
3	38	30	24	20	18	14	2					146	6	70
4	38	30	24	20	18	2	2					134	5	70
5	38	30	24	20	2	2	2					118	4	69
6	38	30	24	2	2	2	2					100	3	64
7	38	30	2	2	2	2	2					78	2	57
8	38	2	2	2	2	2	2					50	1	50



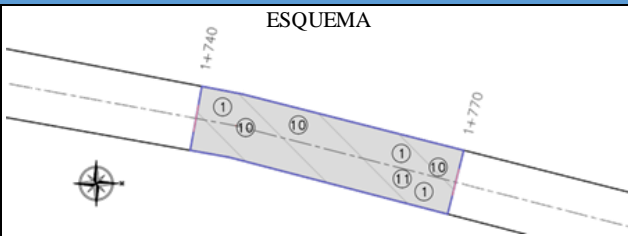
HDV = 38	m = 6.69	9 * 0.69
CDVs = 71		PCI = 29

**B1-6. Unidad de muestreo PCI N.º 6**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 									
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)								
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800								
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	6								
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui								
<b>FECHA:</b>	30/05/2022								
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	252 m <sup>2</sup>								
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	1+470								
<b>ABSCISA FINAL:</b>	1+500								
									
ANOMALÍAS (UNIDADES)									
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)								
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)								
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)								
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )								
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )								
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)								
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )								
15. Ruteo (m <sup>2</sup> )	16. Empellones (m <sup>2</sup> )								
17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )								
19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )									
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO					
1 H	3.28		1.30	34					
10 L	0.32		0.13	0					
10 M	1.82	1.10 11.42	5.69	13					
10 H	1.47	3.15	1.83	12					
11 H	25.50		10.12	53					
19 M	201.6		80.00	41					
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO						TOTAL	q	CDV
1	53	41	34	13	12				
2	53	41	34	13	12		153	5	
3	53	41	34	13	2		143	4	
4	53	41	34	2	2		132	3	
5	53	41	2	2	2		100	2	
6	53	2	2	2	2		61	1	
7									
8									



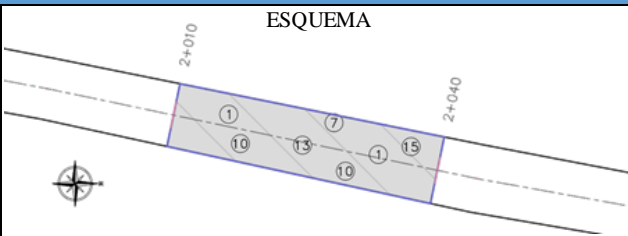
HDV = 53	m = 5.32	-
CDVs = 80	PCI = 20	

**B1-7. Unidad de muestreo PCI N.º 7**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 												
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA											
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO												
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)											
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800											
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	7											
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui											
<b>FECHA:</b>	30/05/2022											
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	218.25 m <sup>2</sup>											
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	1+740											
<b>ABSCISA FINAL:</b>	1+770											
<b>ESQUEMA</b> 												
ANOMALÍAS (UNIDADES)												
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m2)										
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombreira (m)	16. Empellones (m2)										
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)										
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)	18. Protuberancia (m2)										
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)	19. Intemperismo (m2)										
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)											
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)											
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	1.90	0.21								2.11	0.97	10
1 M	2.70	5.43	1.68	6.80	1.68					18.28	8.38	46
1 H	1.68									1.68	0.77	28
10 L	0.41	0.30								0.71	0.33	0
10 M	0.81									0.81	0.37	0
10 H	2.70	2.02								4.72	2.16	15
11 L	0.50	0.23								0.72	0.33	0
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO									TOTAL	q	CDV
1	46	28	15	10								
2	46	28	15	10						99	4	57
3	46	28	15	2						91	3	58
4	46	28	2	2						78	2	56
5	46	2	2	2						52	1	52
6												
7												
8												



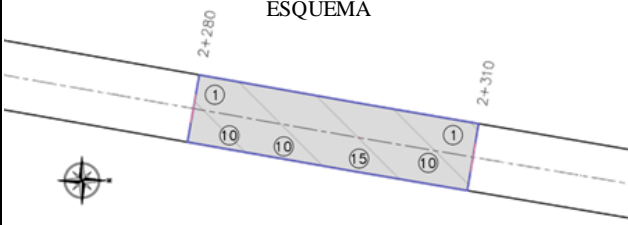
HDV = 46	m = 5.96	-
CDVs = 58	PCI = 42	

**B1-8. Unidad de muestreo PCI N.º 8**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)			
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800			
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	8			
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui			
<b>FECHA:</b>	30/05/2022			
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	219.75 m <sup>2</sup>			
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	2+010			
<b>ABSCISA FINAL:</b>	2+040			
				
ANOMALÍAS (UNIDADES)				
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)			
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)			
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)			
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)			
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)			
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)			
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)			
15. Ruteo (m2)	16. Empellones (m2)			
17. Agrietamiento Media Luna (m2)	18. Protuberancia (m2)			
19. Intemperismo (m2)				
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	1.17 2.88 0.74	4.79	2.18	19
1 M	1.17 6.82	7.99	3.63	35
7 H	1.30	1.30	0.59	9
10 L	0.70 0.84	1.54	0.70	0
10 M	3.24 1.42 3.37 1.88 5.00 2.54 1.32	18.77	8.54	17
13 L	1.00	1.00	0.46	11
15 L	1.60	1.60	0.73	7
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	35 19 17 11 9 7			
2	35 19 17 11 9 7	98	6	48
3	35 19 17 11 9 2	93	5	48
4	35 19 17 11 2 2	86	4	49
5	35 19 17 2 2 2	77	3	49
6	35 19 2 2 2 2	62	2	46
7	35 2 2 2 2 2	45	1	45
8				



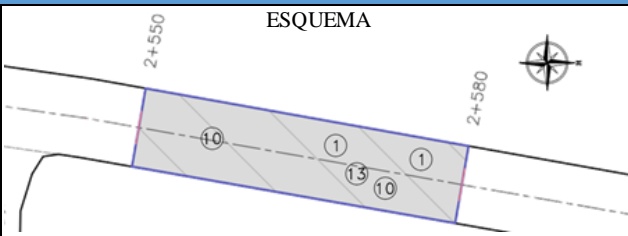
HDV = 35	m = 6.97	-
CDVs = 49	PCI = 51	

**B1-9.** Unidad de muestreo PCI N.º 9

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)			
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800			
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	9			
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui			
<b>FECHA:</b>	30/05/2022			
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	213.75 m <sup>2</sup>			
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	2+280			
<b>ABSCISA FINAL:</b>	2+310			
				
ANOMALÍAS (UNIDADES)				
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)			
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)			
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)			
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)			
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)			
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)			
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)			
15. Ruteo (m2)	16. Empellones (m2)			
17. Agrietamiento Media Luna (m2)	18. Protuberancia (m2)			
19. Intemperismo (m2)				
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	1.08 0.26	1.34	0.63	8
1 H	3.50	3.50	1.64	36
10 L	0.41 0.25 0.43 0.43 0.54 0.63 1.20 25.00 6.06	34.95	16.35	10
10 M	1.08 2.40 0.77 0.37	4.62	2.16	6
10 H	1.90 3.34	5.24	2.45	16
15 L	3.50	3.50	1.64	11
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	36 16 11 10 8 6			
2	36 16 11 10 8 6	87	6	42
3	36 16 11 10 8 2	83	5	43
4	36 16 11 10 2 2	77	4	44
5	36 16 11 2 2 2	69	3	44
6	36 16 2 2 2 2	60	2	44
7	36 2 2 2 2 2	46	1	46
8				



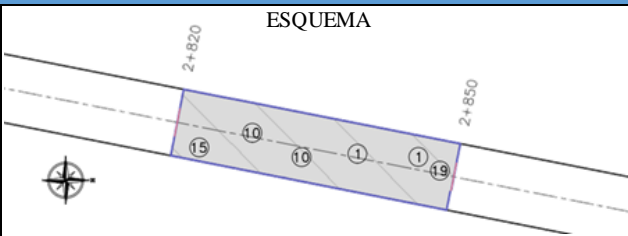
HDV = 36	m = 6.88	-
CDVs = 46	PCI = 54	

**B1-10. Unidad de muestreo PCI N.º 10**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA			
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)			
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800			
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	10			
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui			
<b>FECHA:</b>	30/05/2022			
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	216 m <sup>2</sup>			
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	2+550			
<b>ABSCISA FINAL:</b>	2+580			
				
ANOMALÍAS (UNIDADES)				
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)			
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)			
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)			
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)			
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)			
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)			
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)			
15. Ruteo (m2)	16. Empellones (m2)			
17. Agrietamiento Media Luna (m2)	18. Protuberancia (m2)			
19. Intemperismo (m2)				
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	0.50 0.68	1.18	0.55	7
1 M	0.98	0.98	0.45	6
1 H	3.83 1.99	5.82	2.69	44
10 L	0.60 0.48 0.48 0.60 0.60	2.76	1.28	0
10 M	0.80 3.55 5.20 2.50 1.80 0.80 0.88	15.53	7.19	16
13 L	1.00	1.00	0.46	11
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	44 16 11 7 6	84	5	43
2	44 16 11 7 6	80	4	45
3	44 16 11 2 2	75	3	48
4	44 16 2 2 2	66	2	48
5	44 2 2 2 2	52	1	52
6				
7				
8				



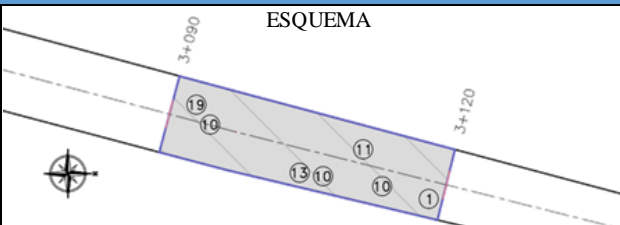
HDV = 44	m = 6.14	-
CDVs = 52	PCI = 48	

**B1-11. Unidad de muestreo PCI N.º 11**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	11												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	212.25 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	2+820												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	2+850												
<b>ESQUEMA</b>													
													
ANOMALÍAS (UNIDADES)													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)				15. Ruteo (m <sup>2</sup> )								
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)				16. Empellones (m <sup>2</sup> )								
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)				17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )								
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )				18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )								
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )				19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )								
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	0.96	0.14									1.10	0.52	8
10 L	2.50	0.47	0.40	0.50	0.75	0.40	1.45	1.70	0.95	15.00	24.12	11.36	9
10 M	0.75	1.30	0.72	0.50							3.27	1.54	4
15 L	12.00										12.00	5.65	23
19 H	2.49										2.49	1.17	18
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV
1	23	18	9	8	4								
2	23	18	9	8	4						62	5	30
3	23	18	9	8	2						60	4	33
4	23	18	9	2	2						54	3	34
5	23	18	2	2	2						47	2	35
6	23	2	2	2	2						31	1	31
7													
8													

HDV = 23	m = 8.07	-
CDVs = 35	PCI = 65	



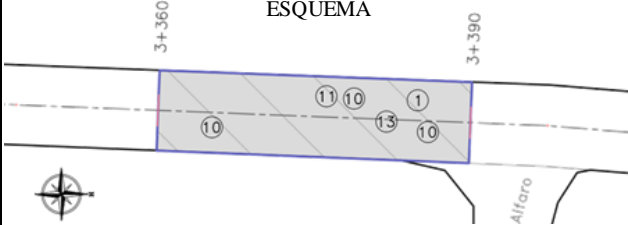
B1-12. Unidad de muestreo PCI N.º 12

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 														
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA													
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO														
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)													
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800													
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	12													
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui													
<b>FECHA:</b>	30/05/2022													
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	243 m <sup>2</sup>													
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	3+090													
<b>ABSCISA FINAL:</b>	3+120													
														
ANOMALÍAS (UNIDADES)														
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m2)												
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)	16. Empellones (m2)												
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)	18. Protuberancia (m2)												
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)	19. Intemperismo (m2)												
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)													
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1 M	0.96											0.96	0.40	14
10 L	0.37											0.37	0.15	0
10 M	1.30	3.73	1.10	0.77	1.80	0.91	0.83					10.44	4.30	11
10 H	11.00	2.30	2.53	1.80								17.63	7.26	29
11 L	0.97											0.97	0.40	1
13 L	1.00	1.00										2.00	0.82	18
13 M	1.00											1.00	0.41	19
19 M	12.15											12.15	5.00	14
19 H	72.90											72.90	30.00	62
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV	
1	62	29	19	18	14	14	11	1						
2	62	29	19	18	6.86							134.86	5	70
3	62	29	19	18	2							130	4	74
4	62	29	19	2	2							114	3	71
5	62	29	2	2	2							97	2	69
6	62	2	2	2	2							70	1	70
7														
8														

HDV = 62	m = 4.49	14 * 0.49
CDVs = 74		PCI = 26



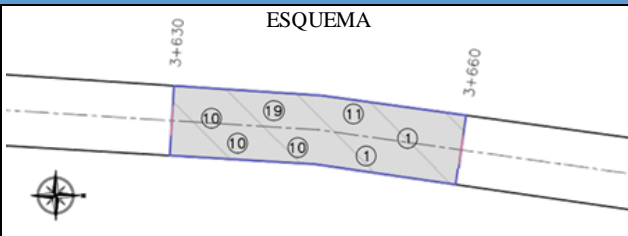


**B1-13. Unidad de muestreo PCI N.º 13**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	13												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	232.5 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	3+360												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	3+390												
													
ANOMALÍAS (UNIDADES)													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m <sup>2</sup> )											
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)	16. Empellones (m <sup>2</sup> )											
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )											
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )											
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )	19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )											
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 H	1.43	2.02									3.45	1.48	36
10 L	0.70	0.20	0.30	0.25	0.67	0.40	0.28	0.65	0.65		4.10	1.76	0
10 M	0.40	0.65									1.05	0.45	0
10 H	2.70										2.70	1.16	9
11 L	28.50	1.45	2.94								32.89	14.14	20
13 L	1.00										1.00	0.43	11
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV
1	36	20	11	9									
2	36	20	11	9							76	4	43
3	36	20	11	2							69	3	44
4	36	20	2	2							60	2	44
5	36	2	2	2							42	1	42
6													
7													
8													



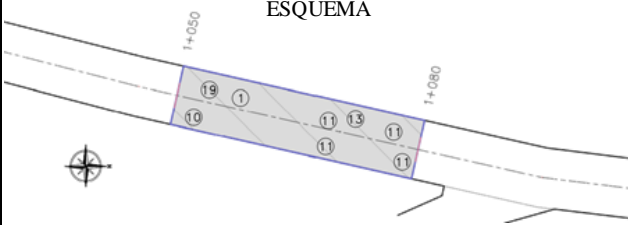
HDV = 36	m = 6.88	-
CDVs = 44	PCI = 56	

**B1-14. Unidad de muestreo PCI N.º 14**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 														
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA													
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO														
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)													
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800													
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	14													
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui													
<b>FECHA:</b>	30/05/2022													
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	214.5 m <sup>2</sup>													
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	3+630													
<b>ABSCISA FINAL:</b>	3+660													
														
ANOMALÍAS (UNIDADES)														
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	15. Ruteo (m2)												
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)	16. Empellones (m2)												
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)	18. Protuberancia (m2)												
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)	19. Intemperismo (m2)												
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)													
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD										TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1 L	2.52											2.52	1.17	12
1 M	1.92	0.72										2.64	1.23	24
1 H	1.98											1.98	0.92	30
10 L	0.80	0.65	0.40	0.95	0.54	0.56						3.90	1.82	0
10 M	1.10	2.20	1.95	1.80	0.30	1.60	1.72	1.70	1.35			13.72	6.40	24
10 H	4.00	1.15	1.30	1.76	1.64							9.85	4.59	22
11 L	0.33	28.50	1.70	2.55								33.08	15.42	20
19 M	42.90											42.90	20.00	8
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV	
1	30	24	24	22	20	12	8							
2	30	24	24	22	20	12	8					140	7	68
3	30	24	24	22	20	12	2					134	6	65
4	30	24	24	22	20	2	2					124	5	65
5	30	24	24	22	2	2	2					106	4	61
6	30	24	24	2	2	2	2					86	3	55
7	30	24	2	2	2	2	2					64	2	47
8	30	2	2	2	2	2	2					42	1	42



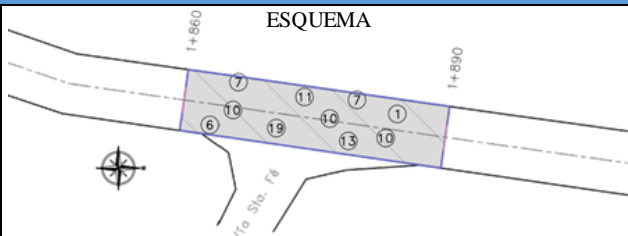
HDV = 30	m = 7.43	-
CDVs = 68	PCI = 32	

**B1-15. Unidad de muestreo PCI Adicional 1**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 												
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA											
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO												
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)											
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800											
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	Adicional 1											
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui											
<b>FECHA:</b>	30/05/2022											
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	217.5 m <sup>2</sup>											
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	1+050											
<b>ABSCISA FINAL:</b>	1+080											
<b>ESQUEMA</b> 												
ANOMALÍAS (UNIDADES)												
1. Piel de Cocodrilo (m2)	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)				15. Ruteo (m2)							
2. Exudación o Sangrado (m2)	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)				16. Empellones (m2)							
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)				17. Agrietamiento Media Luna (m2)							
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m2)				18. Protuberancia (m2)							
5. Corrugación (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)				19. Intemperismo (m2)							
6. Depresiones (m2)	13. Baches (U)											
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)											
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1 L	21.75									21.75	10.00	33
1 H	97.88	32.63								130.50	60.00	85
10 H	3.30									3.30	1.52	11
11 L	0.66	1.30	0.55	0.65	2.70					5.86	2.70	7
13 M	1.00									1.00	0.46	19
19 M	32.63									32.63	15.00	21
19 H	76.13									76.13	35.00	64
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO									TOTAL	q	CDV
1	85	64	33	21	19	11	7					
2	85	64	12.5							161.46	3	93
3	85	64	2							151	2	95
4	85	2	2							89	1	89
5												
6												
7												
8												



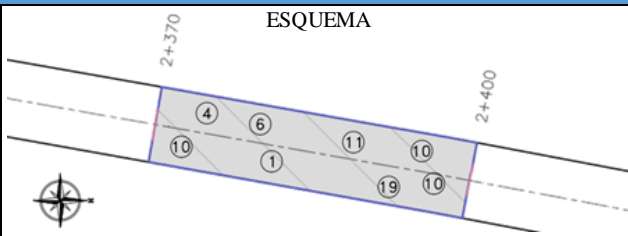
HDV = 85	m = 2.38	33 * 0.38
CDVs = 95		PCI = 5

**B1-16. Unidad de muestreo PCI Adicional 2**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	Adicional 2												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	217.5 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	1+860												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	1+890												
													
ANOMALÍAS (UNIDADES)													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)												
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombrera (m)												
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )												
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )												
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
15. Ruteo (m <sup>2</sup> )	16. Empellones (m <sup>2</sup> )												
17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )												
19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO									
1 M	3.90			3.90	1.79	27							
1 H	16.28	7.24		23.52	10.81	63							
6 L	7.95			7.95	3.66	8							
7 L	0.90			0.90	0.41	3							
7 H	11.30	2.53	1.45	0.70	15.98	7.35	36						
10 L	0.68	0.58			1.26	0.58	0						
10 M	3.02	2.77			5.79	2.66	7						
11 L	0.98	2.24	1.04		4.25	1.95	5						
13 L	1.00				1.00	0.46	11						
19 M	87.00				87.00	40.00	32						
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV
1	63	36	32	27	11	8	7	5	3				
2	63	36	32	27	4.38						162.38	5	82
3	63	36	32	27	2						160	4	87
4	63	36	32	2	2						135	3	82
5	63	36	2	2	2						105	2	74
6	63	2	2	2	2						71	1	71
7													
8													

HDV = 63	m = 4.4	11 * 0.4
CDVs = 87	PCI = 13	

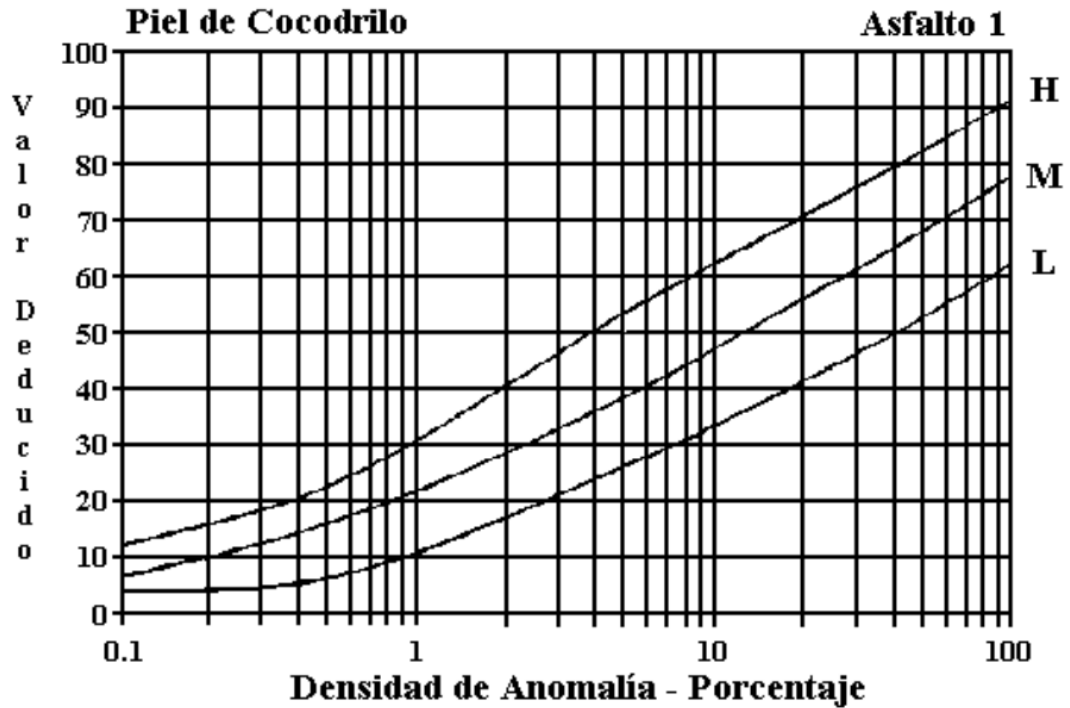
**B1-17. Unidad de muestreo PCI Adicional 3**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 													
<b>PROYECTO:</b>	ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA												
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO													
<b>VÍA:</b>	Camino Real (Norte)												
<b>TRAMO:</b>	01 - 0+000 a 3+800												
<b>UNIDAD DE PRUEBA:</b>	Adicional 3												
<b>REALIZADO POR:</b>	Christian Alqui												
<b>FECHA:</b>	30/05/2022												
<b>ÁREA DE PRUEBA:</b>	211.5 m <sup>2</sup>												
<b>ABSCISA INICIAL:</b>	2+370												
<b>ABSCISA FINAL:</b>	2+400												
													
ANOMALÍAS (UNIDADES)													
1. Piel de Cocodrilo (m <sup>2</sup> )	8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)												
2. Exudación o Sangrado (m <sup>2</sup> )	9. Caída Externa de Vía / Hombreira (m)												
3. Agrietamiento en Bloque (m <sup>2</sup> )	10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)												
4. Bombeo y Hundimiento (m)	11. Parchados (m <sup>2</sup> )												
5. Corrugación (m <sup>2</sup> )	12. Agregados Pulidos (m <sup>2</sup> )												
6. Depresiones (m <sup>2</sup> )	13. Baches (U)												
7. Agrietamiento en Borde (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m <sup>2</sup> )												
15. Ruteo (m <sup>2</sup> )	16. Empellones (m <sup>2</sup> )												
17. Agrietamiento Media Luna (m <sup>2</sup> )	18. Protuberancia (m <sup>2</sup> )												
19. Intemperismo (m <sup>2</sup> )													
ANOMALÍA SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO									
1 L	0.98		0.46	7									
1 M	0.90	1.38	1.54	22									
1 H	3.50	1.80	5.69	57									
4 M	1.10		0.52	9									
4 H	3.50		1.65	39									
6 L	10.50		4.96	10									
10 L	0.60	0.30	1.29	0									
10 M	1.20	1.60	4.01	10									
11 L	0.50		0.23	0									
19 M	1.28		0.61	8									
19 H	10.50		4.96	30									
# ITERACIÓN	VALOR DEDUCIDO										TOTAL	q	CDV
1	57	39	30	22	10	10	9	8	7				
2	57	39	30	22	9.49						157.49	5	80
3	57	39	30	22	2						150	4	83
4	57	39	30	2	2						130	3	79
5	57	39	2	2	2						102	2	72
6	57	2	2	2	2						65	1	65
7													
8													

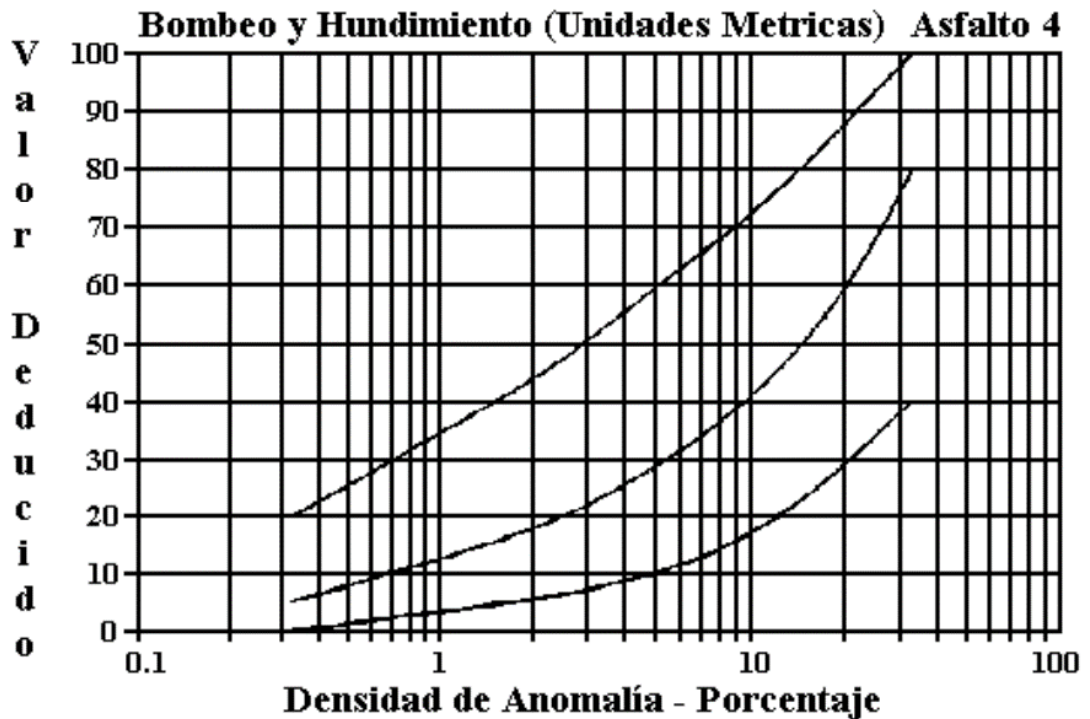
HDV = 57	m = 4.95	10 * 0.95
CDVs = 83	PCI = 17	

**ANEXO B2. Nomogramas de valores deducidos y valores deducidos corregidos**  
 A continuación, se muestran los nomogramas utilizados para la obtención de valores deducidos solo de las fallas encontradas en el pavimento del presente proyecto.

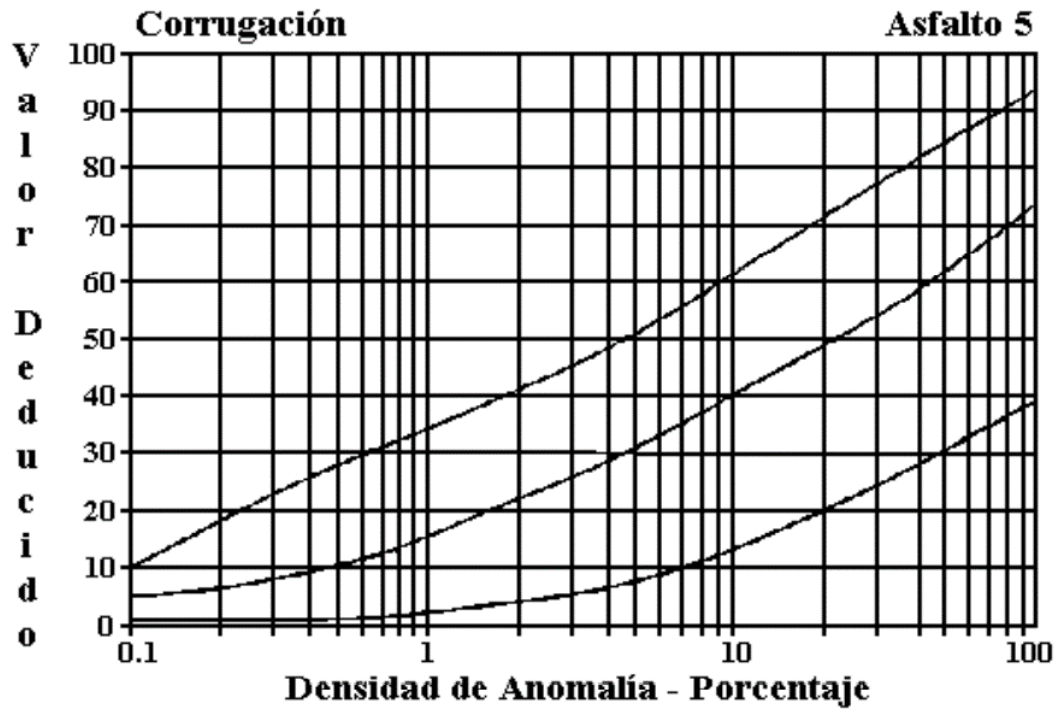
**B2-1. Piel de cocodrilo**



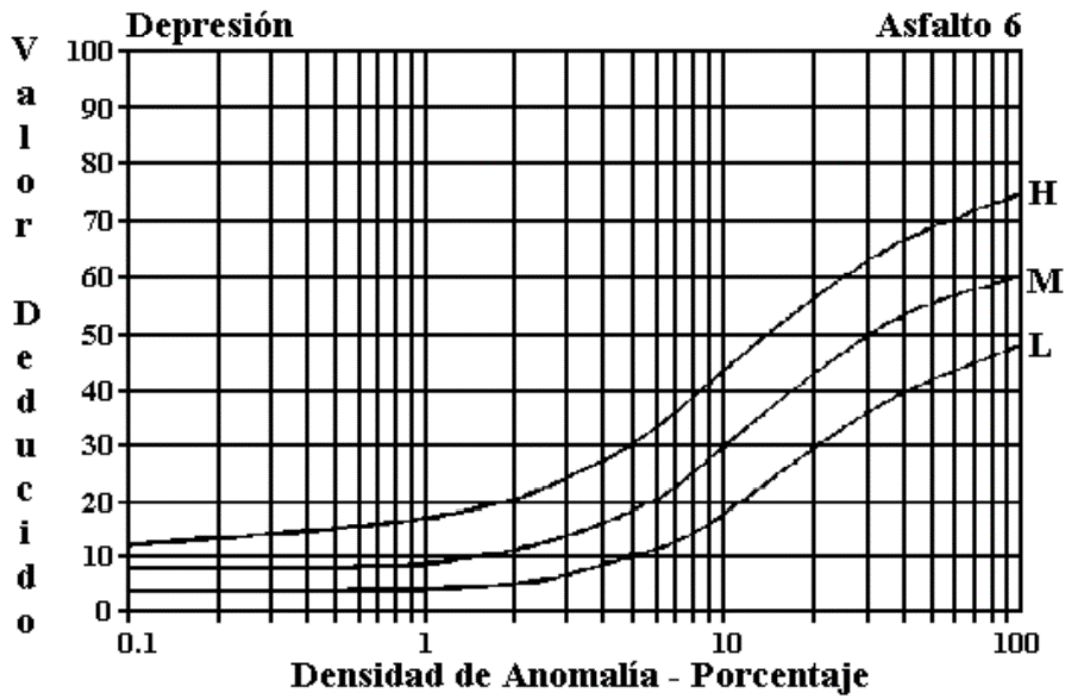
**B2-2. Bombeo y Hundimiento**



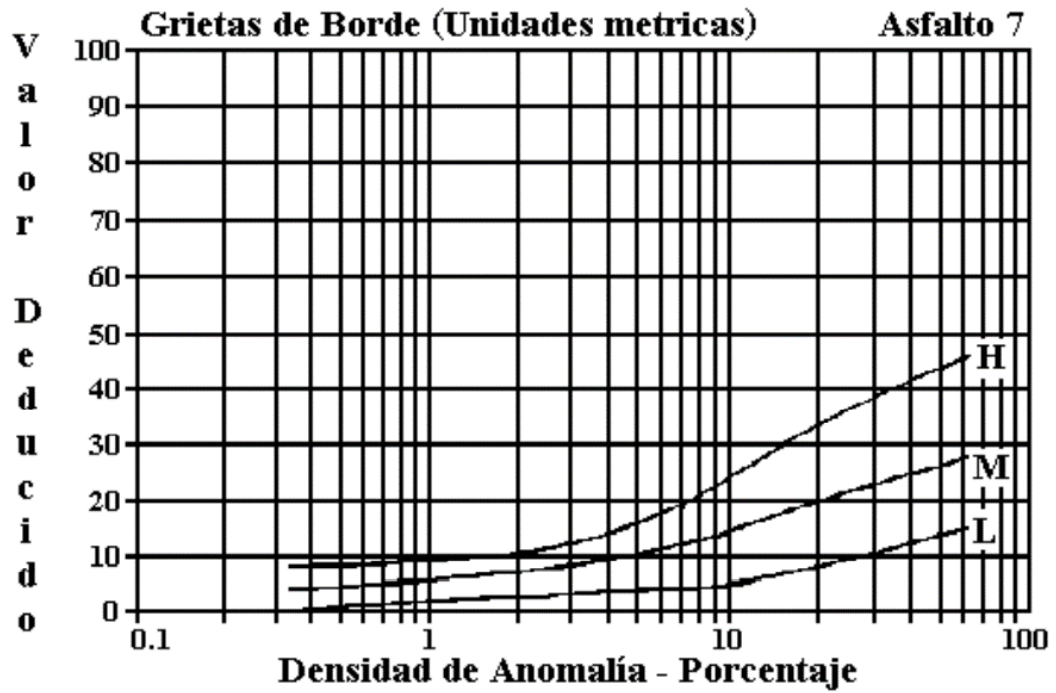
B2-3. Corrugación



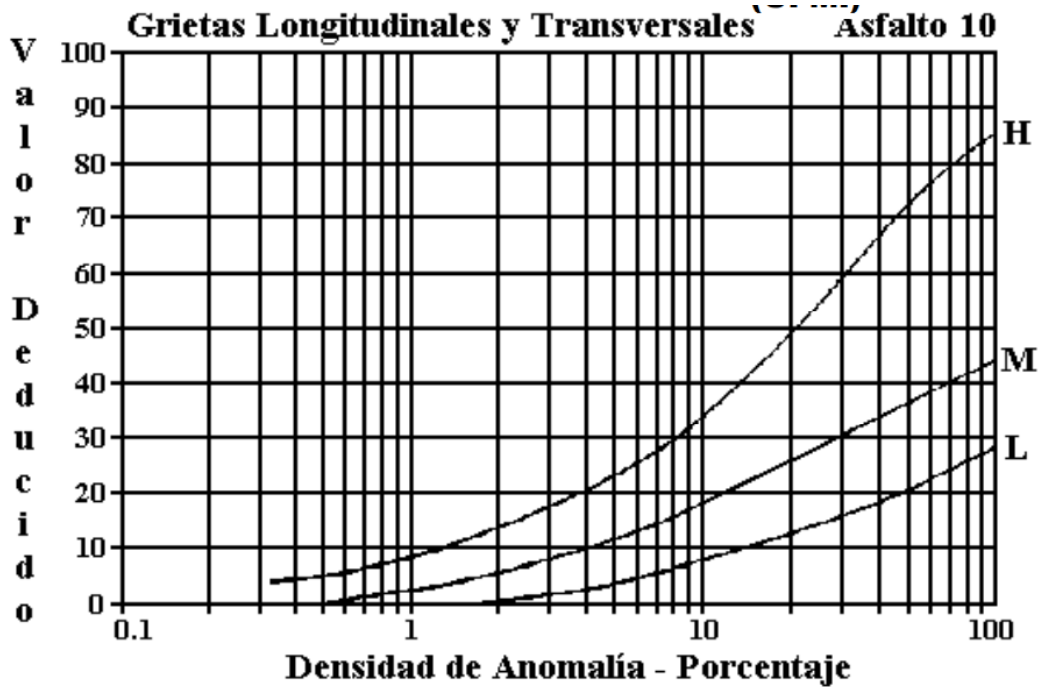
B2-4. Depresión



B2-5. Grietas de Borde

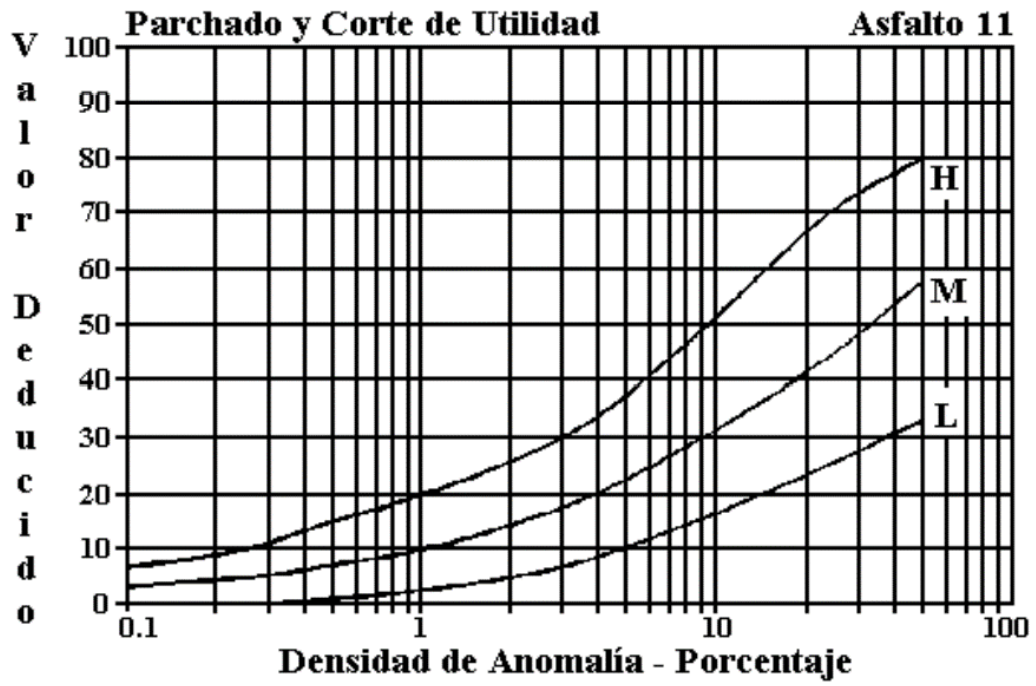


B2-6. Grietas Longitudinales y Transversales

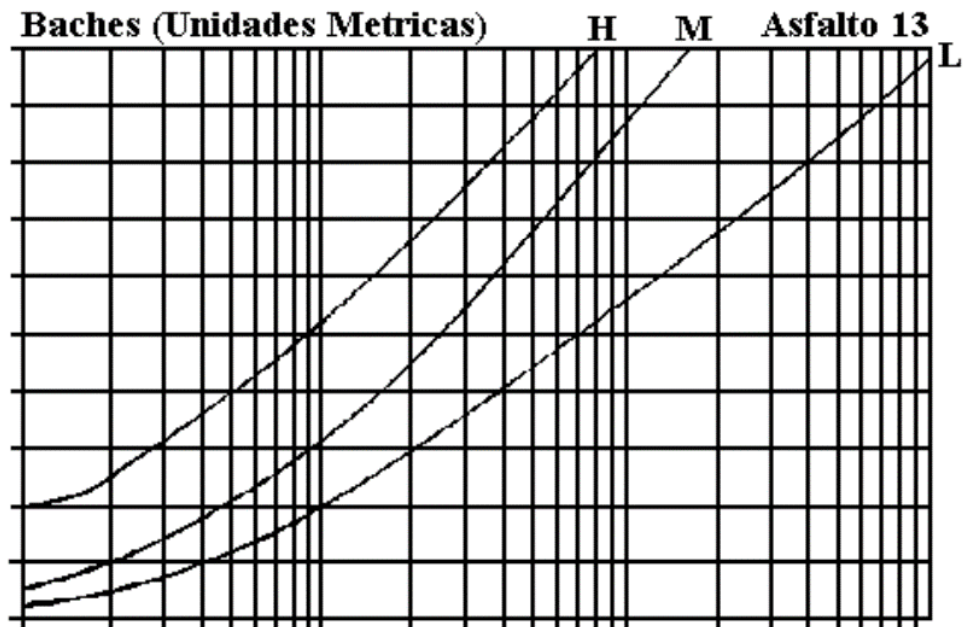




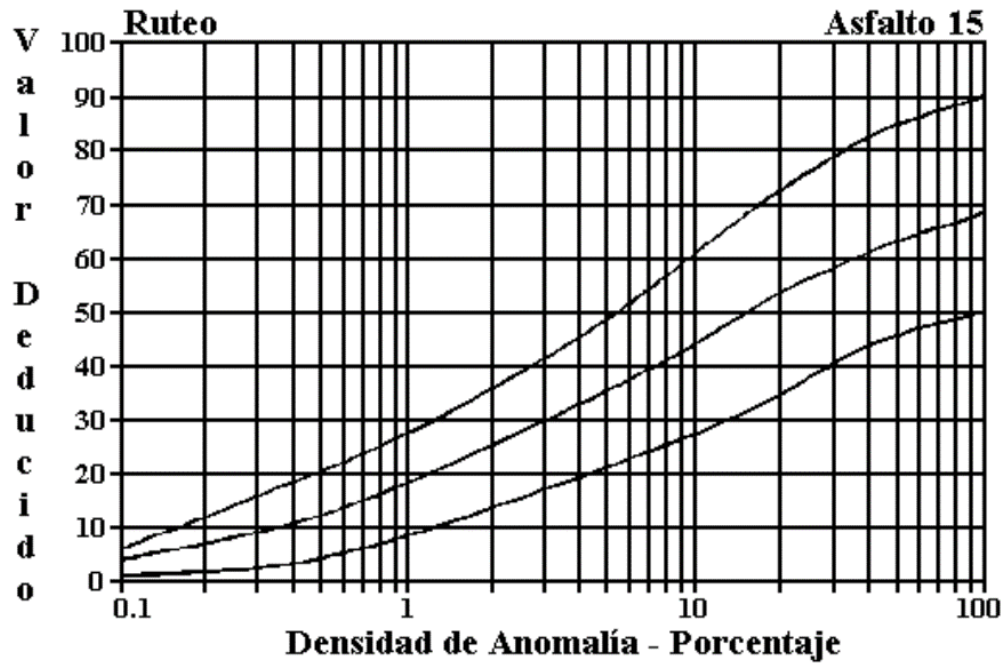
B2-7. Parches



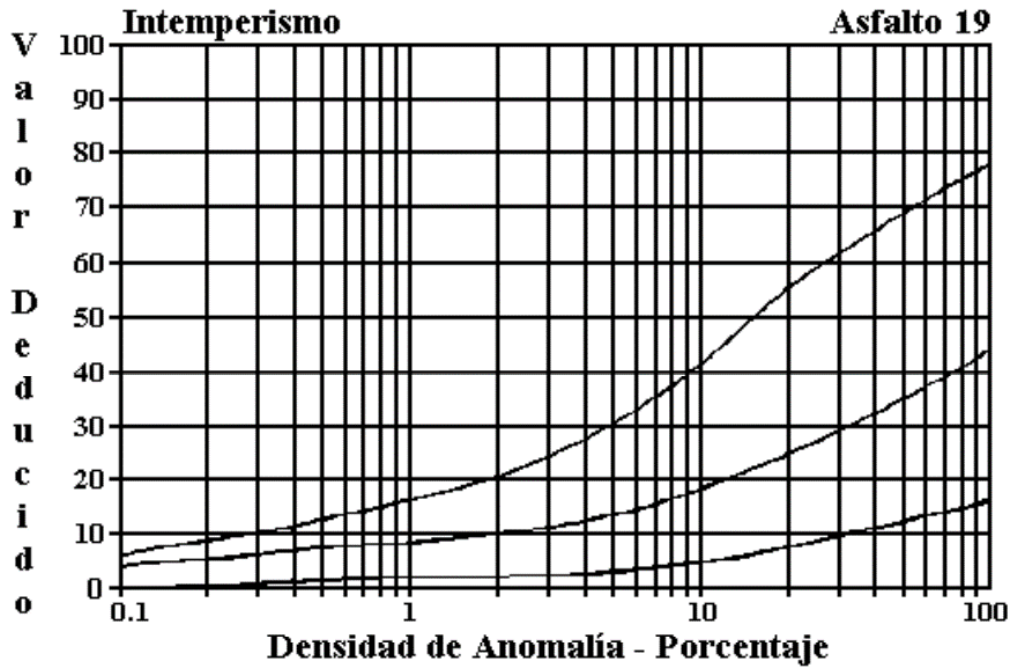
B2-8. Grietas Longitudinales y Transversales



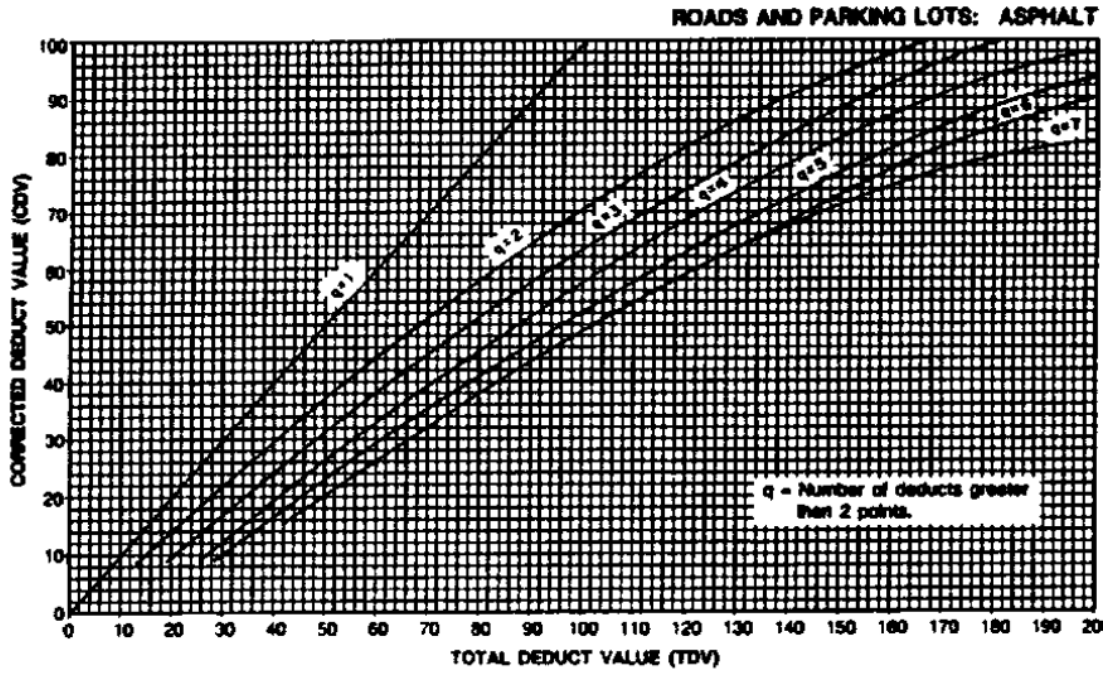
B2-9. Ruteo



B2-10. Intemperismo



B2-11. Valores deducidos corregidos



**ANEXO C**

**ESTUDIO DE SUELOS**

# **ANEXO C1: MUESTRA #1**

## **SUBRASANTE**

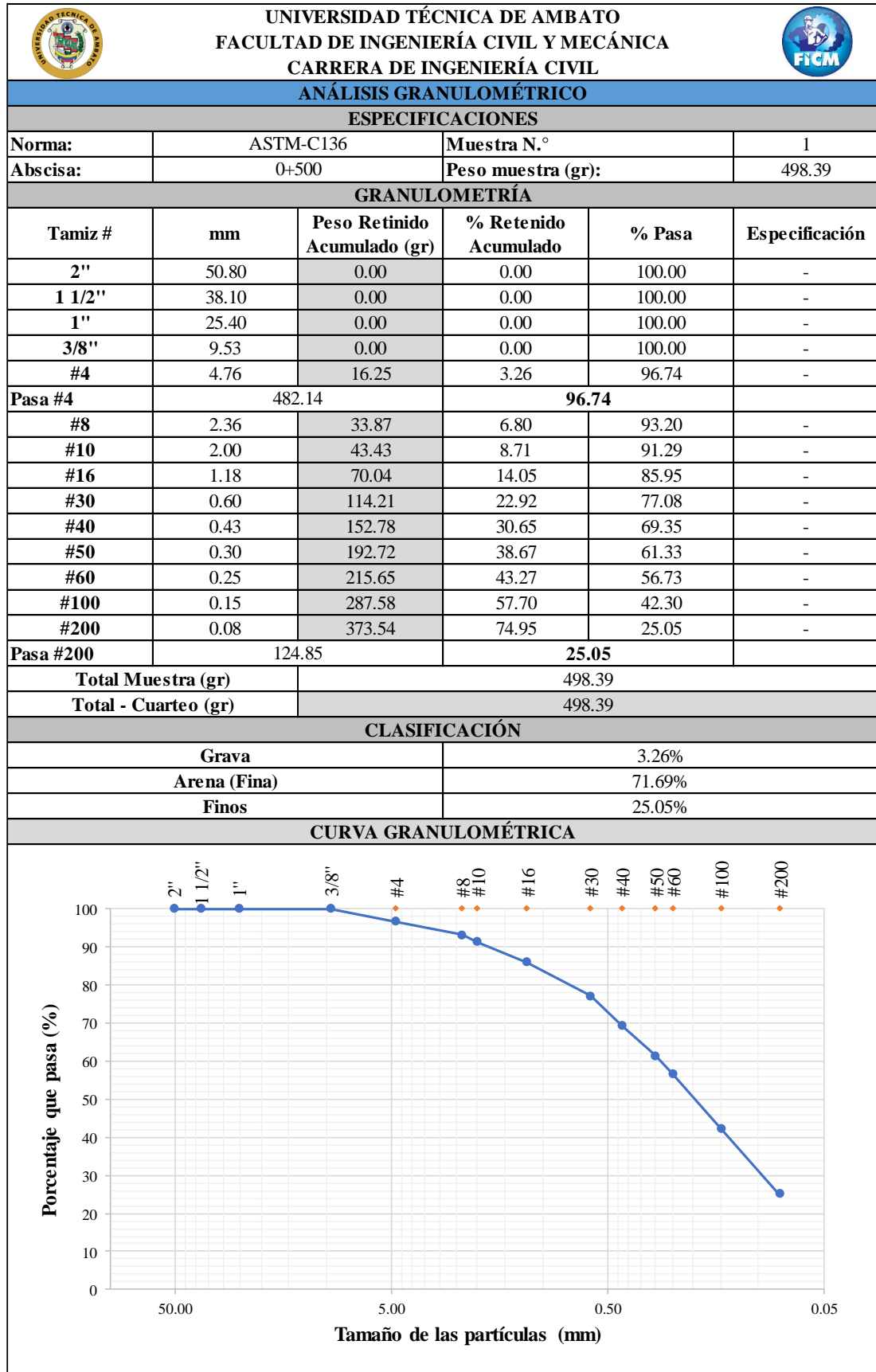
### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 0+500



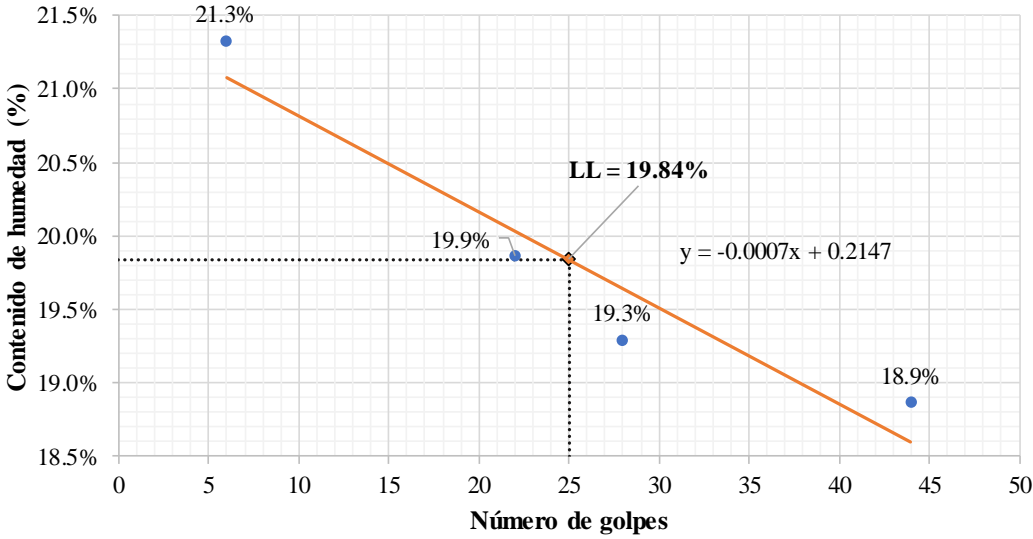
### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Densidad en campo
- CBR



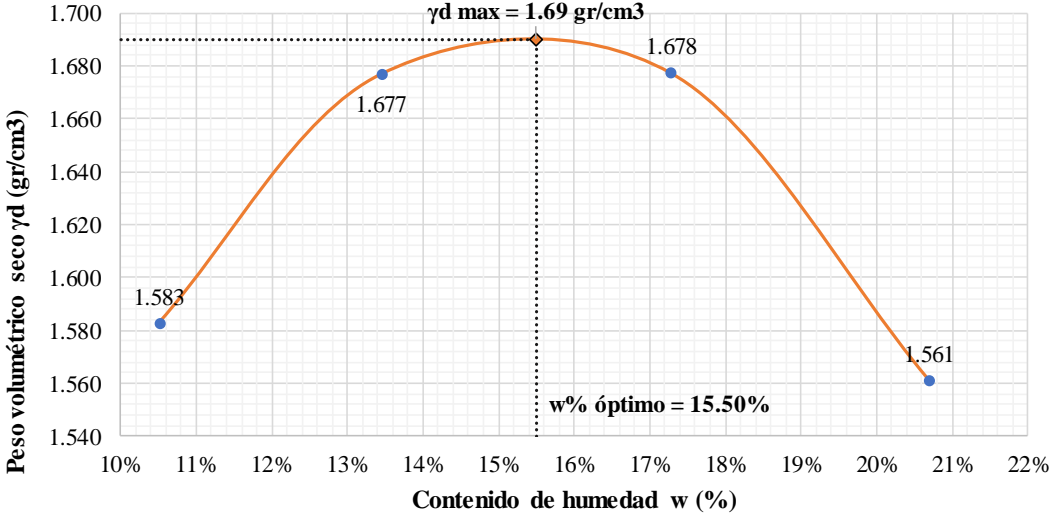
C1-1. Análisis granulométrico del suelo, muestra 1.



C1-2. Límites de Atterberg, muestra 1.



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Norma: ASTM D4318			Muestra N.º 1			Abscisa: 0+500		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
Recipiente N.º	31	65	23	18	37	12	10	8
Peso recipiente (Wr) (gr)	11.334	10.857	11.126	11.503	12.773	10.975	10.986	11.392
Recipiente + peso húmedo (gr)	19.667	20.662	21.787	20.491	21.524	20.642	20.475	23.654
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	18.202	18.939	20.003	19.016	20.11	19.077	18.977	21.697
Peso del agua (Ww) (gr)	1.465	1.723	1.784	1.475	1.414	1.565	1.498	1.957
Peso suelo seco (Ws) (gr)	6.868	8.082	8.877	7.513	7.337	8.102	7.991	10.305
Contenido de humedad (w%)	21.33%	21.32%	20.10%	19.63%	19.27%	19.32%	18.75%	18.99%
w% Promedio	21.32%		19.86%		19.29%		18.87%	
Número de golpes	6		22		28		44	
<b>GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO</b>								
								
<b>Límite Líquido (LL)</b>					<b>19.84%</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente N.º	2M	15	11	6E	55			
Peso recipiente (Wr) (gr)	10.619	10.662	10.675	10.700	6.160			
Recipiente + peso húmedo (gr)	11.008	11.037	11.063	11.282	6.600			
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	10.947	10.977	11.002	11.187	6.529			
Peso del agua (Ww) (gr)	0.061	0.06	0.061	0.095	0.071			
Peso suelo seco (Ws) (gr)	0.328	0.315	0.327	0.487	0.369			
Contenido de humedad (w% = 100*Ww/Ws)	18.60%	19.05%	18.65%	19.51%	19.24%			
w% Promedio (LP)						<b>19.01%</b>		
IP = LL - LP						<b>0.83%</b>		

C1-3. Proctor modificado, muestra 1.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES								
Norma: ASTM D1557	Número de capas: 5	Peso del molde: 5826 gr						
Proctor Tipo: C	Número de golpes: 56	Muestra N.º 1						
Peso del martillo: 10 lb	Altura de caída: 18"	Abscisa: 0+500						
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Ensayo N.º	1	2	3	4				
Molde + suelo húmedo (gr)	11500	11997	12207	11938				
Peso molde (gr)	5826	5826	5826	5826				
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	5674	6171	6381	6112				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	17.78	17.78	17.78	17.78				
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.24	15.24	15.24				
Volumen de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	3243.33	3243.33	3243.33	3243.33				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.749	1.903	1.967	1.884				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N.º	28	64	51	18	73	36	68	27
Peso recipiente (Wr) (gr)	24	31	29	26	31	25	30	25
Recipiente + peso húmedo (gr)	83	88	75.06	80.58	98.84	87.75	126.27	130.44
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	78	82	69.84	73.83	89.01	78.35	109.44	112.73
Peso del agua (Ww) (gr)	5	6	5.22	6.75	9.83	9.4	16.83	17.71
Peso suelo seco (Ws) (gr)	54	51	40.84	47.83	58.01	53.35	79.44	87.73
Contenido de humedad (w%)	9.26%	11.76%	12.78%	14.11%	16.95%	17.62%	21.19%	20.19%
w% Promedio	10.51%		13.45%		17.28%		20.69%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.583	1.677	1.678	1.561				
GRÁFICO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
 <p>The graph plots dry density (<math>\gamma_d</math>) in gr/cm<sup>3</sup> on the y-axis (ranging from 1.540 to 1.700) against moisture content (w) in % on the x-axis (ranging from 10% to 22%). A smooth curve is drawn through the data points. The peak of the curve is marked with a diamond and labeled <math>\gamma_d \text{ max} = 1.69 \text{ gr/cm}^3</math>. A vertical dashed line from this peak to the x-axis is labeled <math>w\% \text{ óptimo} = 15.50\%</math>. The data points are labeled with their <math>\gamma_d</math> values: 1.583 at approximately 10.5% w, 1.677 at approximately 13.5% w, 1.678 at approximately 17.3% w, and 1.561 at approximately 20.7% w.</p>								
Peso volumétrico seco máximo $\gamma_d$ :	1.69 gr/cm <sup>3</sup>	Óptimo contenido de humedad w:	15.50%					



C1-4. Densidad en campo, muestra 1.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
<b>DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO CONO Y ARENA)</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>		
<b>Norma:</b> ASTM D1556	<b>Ensayo N.º</b> 1	<b>Abscisa:</b> 0+500
<b>VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO</b>		
1. Masa del aparato lleno de arena (gr)	7103	
2. Masa del aparato y restante de arena (gr)	3023	
3. Masa de la arena en el hueco y cono (1-2) (gr)	4080	
4. Masa de la arena en el cono (gr)	1629	
5. Masa de la arena en el hueco (3-4) (gr)	2451	
6. Densidad Bulk de la arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1.582	
7. Volumen del hueco ensayado (5/6) (cm <sup>3</sup> )	1549.30	
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>		
8. Masa de la muestra húmeda del suelo + recipiente (gr)	2362	
9. Masa del recipiente (gr)	103.03	
10. Masa del suelo húmedo (8-9) (gr)	2258.97	
11. Densidad húmeda (10/7) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.46	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA EN CAMPO</b>		
12. Recipiente N.º (gr)	11	66
13. Masa del recipiente (gr)	30.90	30.90
14. Masa de la muestra húmeda + recipiente (gr)	86.44	108.03
15. Masa de la muestra seca + recipiente (gr)	76.91	94.56
16. Masa del agua (14-15) (gr)	9.53	13.47
17. Masa del suelo seco (15-13) (gr)	46.01	63.66
18. Contenido de agua (16/17) (%)	20.71%	21.16%
19. Contenido de agua promedio (%)	20.94%	
20. Densidad seca (11/(1+19)) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.21	
<b>DATOS DE COMPATACIÓN</b>		
21. Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.69	
22. Humedad óptima (%)	15.50%	
23. Porcentaje de compactación en campo (20/21) (%)	71.34%	

C1-5. Ensayo CBR, muestra 1.

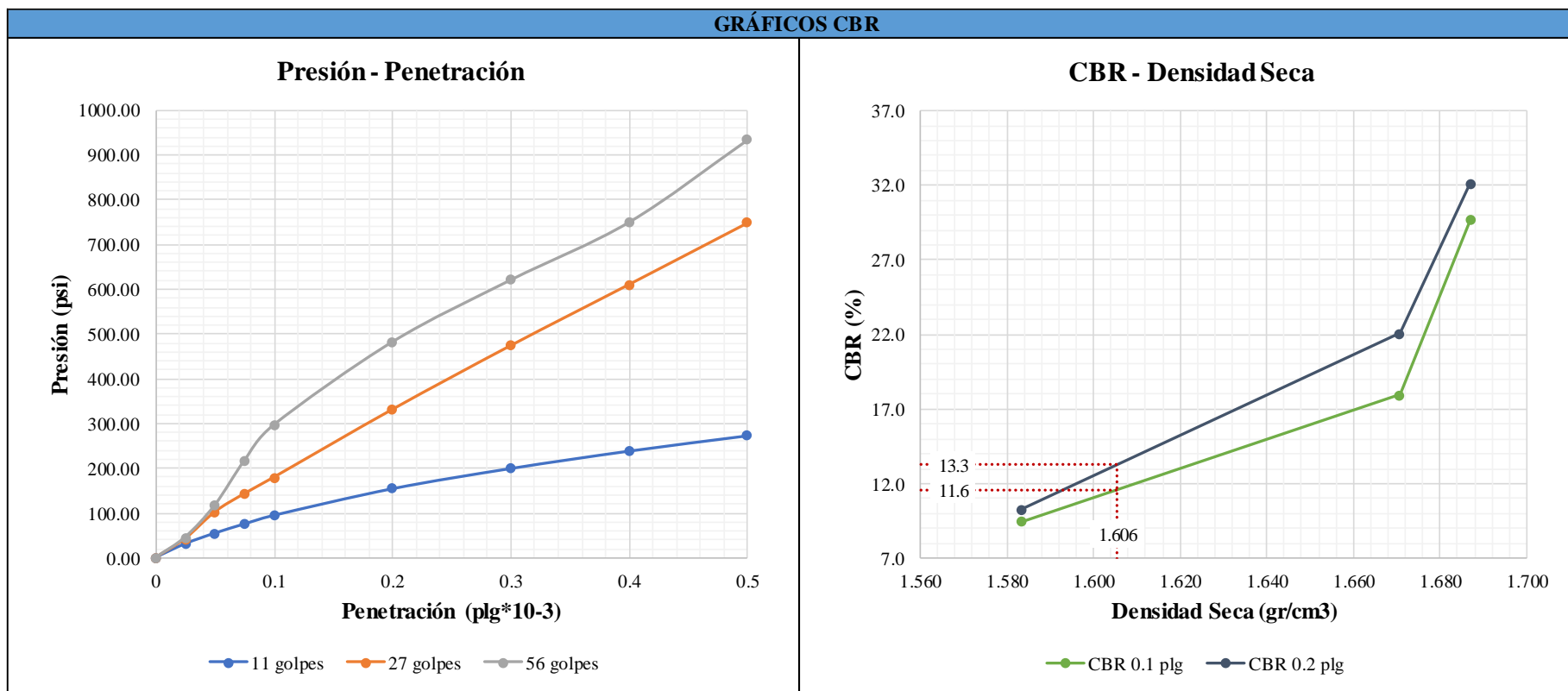
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>CBR</b>						
<b>ESPECIFICACIONES</b>						
Norma: ASTM D1883			Muestra N.º 1			
Peso del martillo: 10 lb			Abscisa: 0+500			
Altura de caída: 18"			Contenido humedad óptima: 15.50%			
<b>DIMENSIONES DE LOS MOLDES</b>						
Molde N.º	7		3		2	
Altura (cm)	11.5		11.5		11.5	
Diámetro (cm)	15.2		15.1		15.1	
Volúmen (cm <sup>3</sup> )	2086.77		2059.40		2059.40	
<b>COMPACTACIÓN ANTES DE LA SATURACIÓN</b>						
Número de golpes	11		27		56	
Molde + suelo húmedo (gr)	12109		11642		12469	
Peso molde (gr)	8280		7662		8443	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2086.77		2059.40		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3829		3980		4026	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.835		1.933		1.955	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Recipiente N.º	26	45	78	98	21	13
Peso recipiente (Wr) (gr)	24.62	31.75	31.10	27.98	31.64	26.28
Recipiente + peso húmedo (gr)	82.71	88.39	76.42	81.90	98.98	88.08
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	74.71	80.55	70.29	74.50	89.73	79.50
Peso del agua (Ww) (gr)	8	7.84	6.13	7.4	9.25	8.58
Peso suelo seco (Ws) (gr)	50.09	48.8	39.19	46.52	58.09	53.22
Contenido de humedad (w%)	15.97%	16.07%	15.64%	15.91%	15.92%	16.12%
w% Promedio	16.02%		15.77%		16.02%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.582		1.669		1.685	
<b>DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Molde + suelo húmedo (gr)	12307		11855		12677	
Peso molde (gr)	8280		7662		8443	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2086.77		2059.40		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	4027		4193		4234	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.930		2.036		2.056	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N.º	103	A1	71	79	89	4
Peso recipiente (Wr) (gr)	30.75	33.43	30.52	30.88	31.35	31.15
Recipiente + peso húmedo (gr)	82.67	101.04	82.72	101.60	82.54	101.54
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	73.40	88.85	73.40	88.85	73.40	88.85
Peso del agua (Ww) (gr)	9.27	12.19	9.32	12.75	9.14	12.69
Peso suelo seco (Ws) (gr)	42.65	55.42	42.88	57.97	42.05	57.7
Contenido de humedad (w%)	21.74%	22.00%	21.74%	21.99%	21.74%	21.99%
w% Promedio	21.87%		21.86%		21.86%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.584		1.671		1.687	

C1-5.1. Ensayo de Carga vs Penetración, muestra 1.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN					
ESPECIFICACIONES		Máquina de Compresión Simple		Área del pisón:		Norma:		Velocidad de carga:			
Molde N.º		7 (11 golpes)		3 (27 golpes)		2 (56 golpes)					
Penetración		Carga Estándar		Dial		Presión		Dial		Presión	
(mm)	(plg)	(psi)		(lb)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)
0.00	0			0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.64	0.025			92.2	30.73	126.8	42.27	136.9	45.63		
1.27	0.050			163.6	54.53	305.8	101.93	351.5	117.17		
1.91	0.075			225.7	75.23	428.6	142.87	650.8	216.93		
2.54	0.100	1000		283.9	94.63	539.1	179.70	890.9	296.97		
5.08	0.200	1500		463.6	154.53	993.8	331.27	1446.6	482.20		
7.62	0.300	1900		600.2	200.07	1422.8	474.27	1862.3	620.77		
10.16	0.400	2300		717.8	239.27	1833.0	611.00	2250.1	750.03		
12.70	0.500	2600		821.2	273.73	2245.8	748.60	2801.7	933.90		

CBR CORREGIDO						
Molde N.º	Presión	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
	(psi)	(%)	(gr/cm3)	(psi)	(%)	(gr/cm3)
7 (11 golpes)	94.63	9.5	1.584	154.53	10.3	1.584
3 (27 golpes)	179.70	18.0	1.671	331.27	22.1	1.671
2 (56 golpes)	296.97	29.7	1.687	482.20	32.1	1.687

C1-5.2. Gráficos CBR, muestra 1.



<b>Densidad Seca Máxima (gr/cm3)</b>	1.690
<b>95% de DSM (gr/cm3)</b>	1.606
<b>CBR MAYOR</b>	<b>13.3%</b>

# **ANEXO C2: MUESTRA #2**

## **SUBRASANTE**

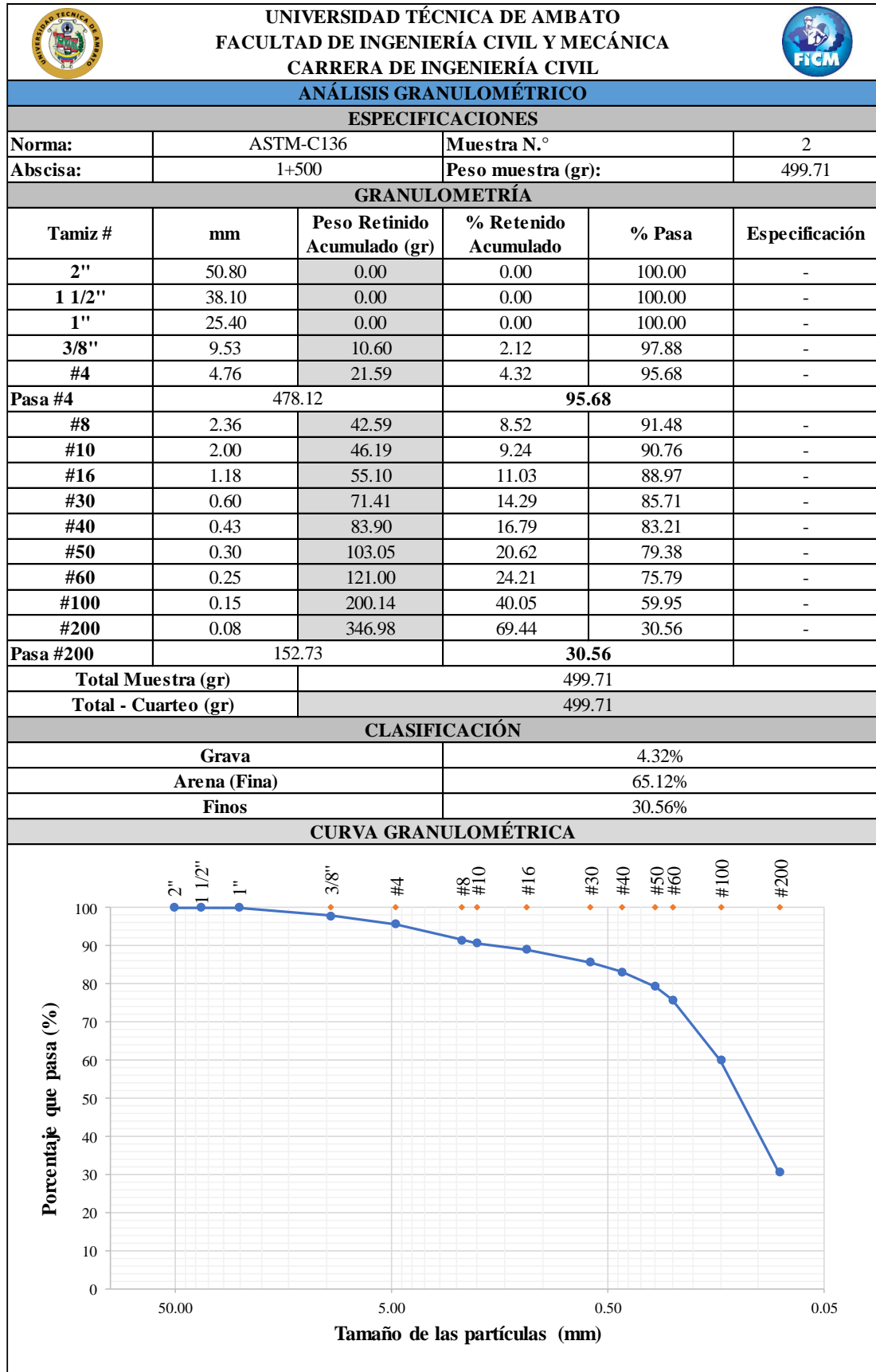
### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 1+500



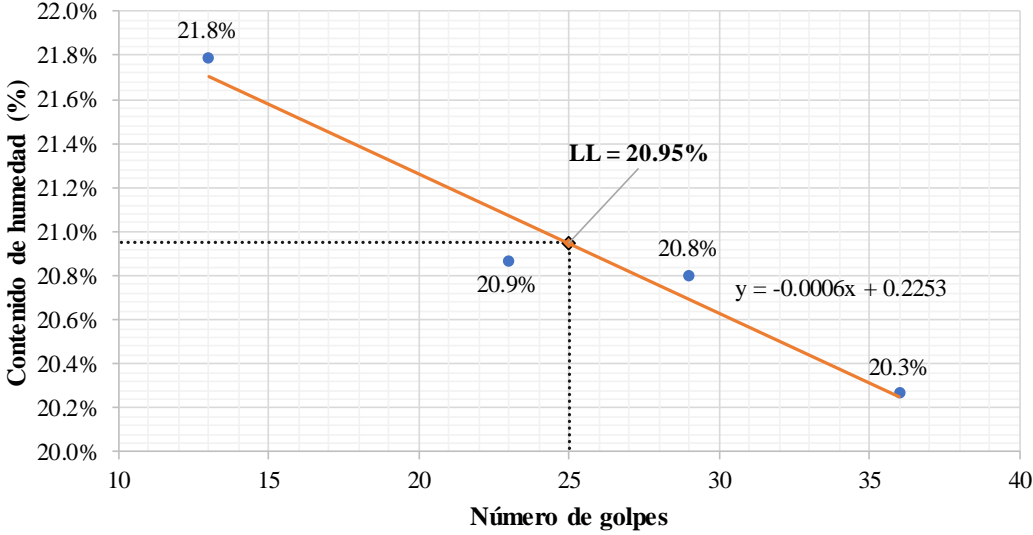
### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Densidad en campo
- CBR

C2-1. Análisis granulométrico del suelo, muestra 2.



C2-2. Límites de Atterberg, muestra 2.



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>									
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Norma: ASTM D4318			Muestra N.º 2			Abscisa: 1+500			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>									
Recipiente N.º	33	5A	69	16	71	4A	64	34	
Peso recipiente (Wr) (gr)	11.079	11.011	11.468	11.145	11.287	11.099	11.274	11.244	
Recipiente + peso húmedo (gr)	20.725	20.453	19.607	19.205	18.507	20.151	17.101	19.24	
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	19.003	18.76	18.201	17.814	17.267	18.588	16.121	17.89	
Peso del agua (Ww) (gr)	1.722	1.693	1.406	1.391	1.24	1.563	0.98	1.35	
Peso suelo seco (Ws) (gr)	7.924	7.749	6.733	6.669	5.98	7.489	4.847	6.646	
Contenido de humedad (w%)	21.73%	21.85%	20.88%	20.86%	20.74%	20.87%	20.22%	20.31%	
w% Promedio	21.79%		20.87%		20.80%		20.27%		
Número de golpes	13		23		29		36		
<b>GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO</b>									
 <p>El gráfico muestra el contenido de humedad (%) en el eje Y (rango de 20.0% a 22.0%) frente al número de golpes en el eje X (rango de 10 a 40). Se han trazado cinco puntos de datos: (13, 21.8%), (23, 20.9%), (29, 20.8%), (36, 20.3%) y un punto de intersección de la línea de tendencia con una línea horizontal que indica el Límite Líquido (LL) = 20.95%.</p>									
<b>Límite Líquido (LL)</b>					<b>20.95%</b>				
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>									
Recipiente N.º	56	12	29	15	7				
Peso recipiente (Wr) (gr)	7.438	7.452	7.479	7.443	7.390				
Recipiente + peso húmedo (gr)	7.661	7.76	7.862	7.708	7.596				
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	7.624	7.709	7.798	7.664	7.561				
Peso del agua (Ww) (gr)	0.037	0.051	0.064	0.044	0.035				
Peso suelo seco (Ws) (gr)	0.186	0.257	0.319	0.221	0.171				
Contenido de humedad (w% = 100*Ww/Ws)	19.89%	19.84%	20.06%	19.91%	20.47%				
w% Promedio (LP)						<b>20.04%</b>			
IP = LL - LP						<b>0.91%</b>			

C2-3. Proctor modificado, muestra 2.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Norma: ASTM D1557	Número de capas: 5	Peso del molde: 5821 gr						
Proctor Tipo: C	Número de golpes: 56	Muestra N.º 2						
Peso del martillo: 10 lb	Altura de caída: 18"	Abscisa: 1+500						
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>								
Ensayo N.º	1	2	3	4				
Molde + suelo húmedo (gr)	11660	11929	12079	12013				
Peso molde (gr)	5821	5821	5821	5821				
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	5839	6108	6258	6192				
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO</b>								
Altura del molde (cm)	17.78	17.78	17.78	17.78				
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.24	15.24	15.24				
Volumen de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	3243.33	3243.33	3243.33	3243.33				
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA</b>								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.800	1.883	1.929	1.909				
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente N.º	68	28	62	35	H3	46	25	17
Peso recipiente (Wr) (gr)	30.75	23.08	30.57	24.69	31.91	24.83	24.3	31.08
Recipiente + peso húmedo (gr)	85.13	86.1	83.7	68.62	111.4	91.72	90.04	110.28
Recipiente + peso seco (Wr+W <sub>s</sub> ) (gr)	79.61	79.59	77.45	63.31	100.07	82.31	79.79	97.7
Peso del agua (Ww) (gr)	5.52	6.51	6.25	5.31	11.33	9.41	10.25	12.58
Peso suelo seco (Ws) (gr)	48.86	56.51	46.88	38.62	68.16	57.48	55.49	66.62
Contenido de humedad (w%)	11.30%	11.52%	13.33%	13.75%	16.62%	16.37%	18.47%	18.88%
w% Promedio	11.41%		13.54%		16.50%		18.68%	
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA</b>								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.616	1.659	1.656	1.609				
<b>GRÁFICO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</b>								
Peso volumétrico seco máximo $\gamma_d$ :	1.663 gr/cm <sup>3</sup>	Óptimo contenido de humedad w:	14.82%					



C2-4. Densidad en campo, muestra 2.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
<b>DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO CONO Y ARENA)</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>		
<b>Norma:</b> ASTM D1556	<b>Ensayo N.º</b> 2	<b>Abscisa:</b> 1+500
<b>VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO</b>		
1. Masa del aparato lleno de arena (gr)	7109	
2. Masa del aparato y restante de arena (gr)	2565	
3. Masa de la arena en el hueco y cono (1-2) (gr)	4544	
4. Masa de la arena en el cono (gr)	1629	
5. Masa de la arena en el hueco (3-4) (gr)	2915	
6. Densidad Bulk de la arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1.582	
7. Volumen del hueco ensayado (5/6) (cm <sup>3</sup> )	1842.60	
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>		
8. Masa de la muestra húmeda del suelo + recipiente (gr)	2535	
9. Masa del recipiente (gr)	110.05	
10. Masa del suelo húmedo (8-9) (gr)	2424.95	
11. Densidad húmeda (10/7) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.32	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA EN CAMPO</b>		
12. Recipiente N.º (gr)	104	79
13. Masa del recipiente (gr)	30.10	30.88
14. Masa de la muestra húmeda + recipiente (gr)	91.12	92.85
15. Masa de la muestra seca + recipiente (gr)	85.69	87.34
16. Masa del agua (14-15) (gr)	5.43	5.51
17. Masa del suelo seco (15-13) (gr)	55.59	56.46
18. Contenido de agua (16/17) (%)	9.77%	9.76%
19. Contenido de agua promedio (%)	9.76%	
20. Densidad seca (11/(1+19)) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.20	
<b>DATOS DE COMPATACIÓN</b>		
21. Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.66	
22. Humedad óptima (%)	14.82%	
23. Porcentaje de compactación en campo (20/21) (%)	72.10%	

C2-5. Ensayo CBR, muestra 2.

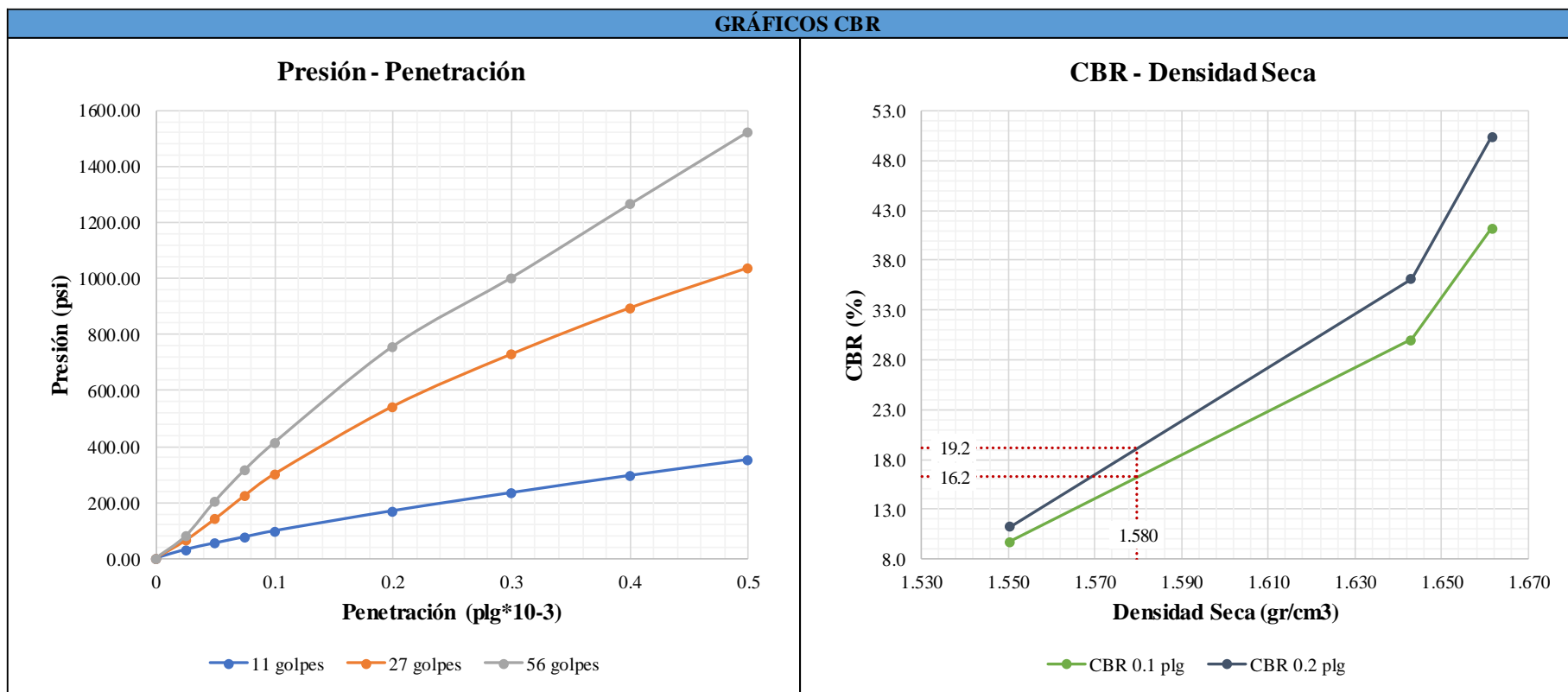
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>CBR</b>						
<b>ESPECIFICACIONES</b>						
Norma: ASTM D1883			Muestra N.º 2			
Peso del martillo: 10 lb			Abscisa: 1+500			
Altura de caída: 18"			Contenido humedad óptima: 14.82%			
<b>DIMENSIONES DE LOS MOLDES</b>						
Molde N.º	<b>7B</b>		<b>6</b>		<b>5</b>	
Altura (cm)	11.6		11.5		11.5	
Diámetro (cm)	15.1		15.2		15.1	
Volúmen (cm <sup>3</sup> )	2077.31		2086.77		2059.40	
<b>COMPACTACIÓN ANTES DE LA SATURACIÓN</b>						
Número de golpes	<b>11</b>		<b>27</b>		<b>56</b>	
Molde + suelo húmedo (gr)	12057		11478		11994	
Peso molde (gr)	8336		7527		8050	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2077.31		2086.77		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3721		3951		3944	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.791		1.893		1.915	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Recipiente N.º	<b>H5</b>	<b>32</b>	<b>54</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>45</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	32.98	23.08	32.07	26.19	32.41	25.33
Recipiente + peso húmedo (gr)	84.87	86.42	84.29	69.01	109.62	90.52
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	78.11	77.89	77.45	63.31	99.57	81.81
Peso del agua (Ww) (gr)	6.76	8.53	6.84	5.7	10.05	8.71
Peso suelo seco (Ws) (gr)	45.13	54.81	45.38	37.12	67.16	56.48
Contenido de humedad (w%)	14.98%	15.56%	15.07%	15.36%	14.96%	15.42%
w% Promedio	15.27%		15.21%		15.19%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.554		1.643		1.663	
<b>DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Molde + suelo húmedo (gr)	12239		11676		12161	
Peso molde (gr)	8336		7527		8050	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2077.31		2086.77		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3903		4149		4111	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.879		1.988		1.996	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N.º	<b>17</b>	<b>100</b>	<b>V2</b>	<b>81</b>	<b>H3</b>	<b>H5</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	31.08	30.31	31.12	30.71	31.91	32.98
Recipiente + peso húmedo (gr)	100.66	94.51	83.12	107.58	93.47	101.90
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	88.35	83.43	73.79	94.69	82.87	90.67
Peso del agua (Ww) (gr)	12.31	11.08	9.33	12.89	10.60	11.23
Peso suelo seco (Ws) (gr)	57.27	53.12	42.67	63.98	50.96	57.69
Contenido de humedad (w%)	21.49%	20.86%	21.87%	20.15%	20.80%	19.47%
w% Promedio	21.18%		21.01%		20.13%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.551		1.643		1.662	

C2-5.1. Ensayo de Carga vs Penetración, muestra 2.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN		
ESPECIFICACIONES								
Máquina de Compresión Simple			Área del pisón:		Norma:		Velocidad de carga:	
			3 plg <sup>2</sup>		ASTM D1883		0,05 plg/min	
Molde N.º			7B (11 golpes)		6 (27 golpes)		5 (56 golpes)	
Penetración		Carga Estándar	Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
(mm)	(plg)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)
0.00	0		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.64	0.025		93.8	31.27	189.4	63.12	236.3	78.77
1.27	0.050		163.6	54.53	421.0	140.35	612.2	204.07
1.91	0.075		229.5	76.50	670.9	223.63	946.2	315.40
2.54	0.100	1000	294.4	98.13	901.04	300.35	1238.8	412.93
5.08	0.200	1500	509.6	169.87	1627.12	542.37	2270.5	756.83
7.62	0.300	1900	703.6	234.53	2186.6	728.88	3005.7	1001.90
10.16	0.400	2300	888.2	296.07	2682.1	894.03	3793.3	1264.43
12.70	0.500	2600	1059.6	353.20	3113.9	1037.97	4571.2	1523.73

CBR CORREGIDO						
Molde N.º	Presión	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )
7B (11 golpes)	98.13	9.8	1.551	169.87	11.3	1.551
6 (27 golpes)	300.35	30.0	1.643	542.37	36.2	1.643
5 (56 golpes)	412.93	41.3	1.662	756.83	50.5	1.662

C2-5.2. Gráficos CBR, muestra 2.



<b>Densidad Seca Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.663
<b>95% de DSM (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.580
<b>CBR MAYOR</b>	<b>19.2%</b>

# **ANEXO C3: MUESTRA #3**

## **SUBRASANTE**

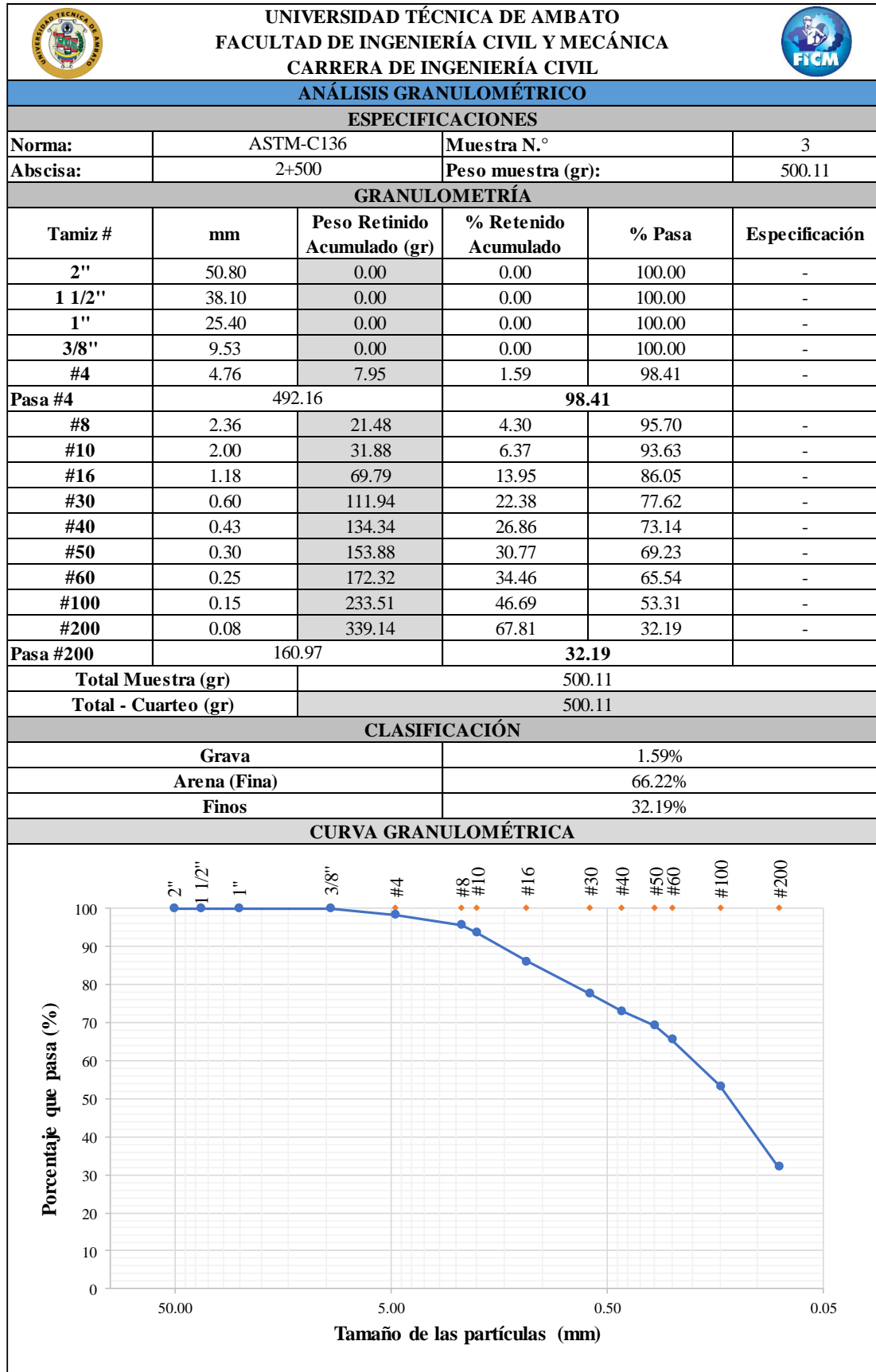
### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 2+500



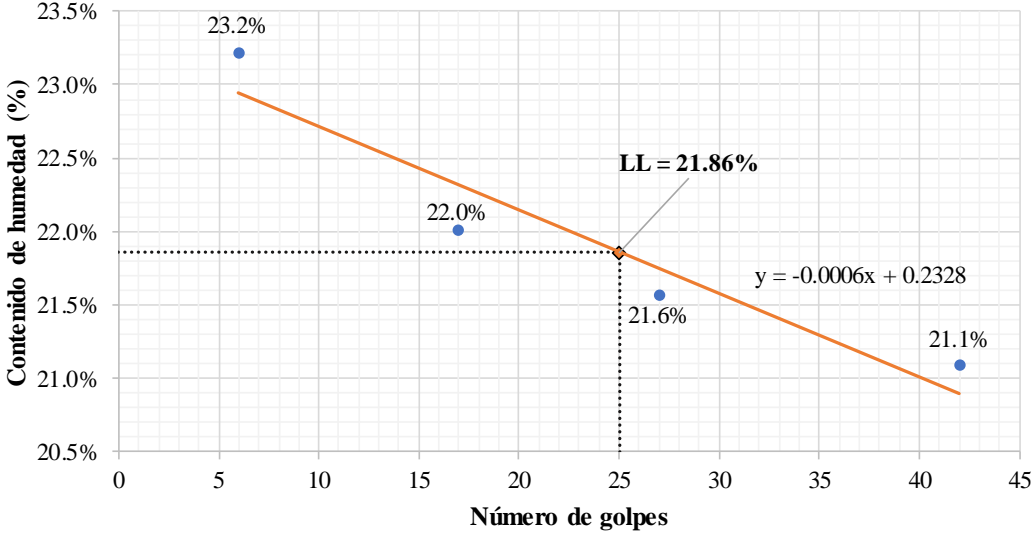
### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Densidad en campo
- CBR

C3-1. Análisis granulométrico del suelo, muestra 3.



C3-2. Límites de Atterberg, muestra 3.


 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>								
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Norma: ASTM D4318			Muestra N.º 3			Abscisa: 2+500		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
Recipiente N.º	10	8	37	12	31	65	23	18
Peso recipiente (Wr) (gr)	10.984	11.392	12.774	10.974	11.335	10.858	11.122	11.501
Recipiente + peso húmedo (gr)	17.103	18.777	17.975	16.854	17.517	18.684	16.331	17.721
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	15.946	17.39	17.035	15.795	16.425	17.289	15.422	16.64
Peso del agua (Ww) (gr)	1.157	1.387	0.94	1.059	1.092	1.395	0.909	1.081
Peso suelo seco (Ws) (gr)	4.962	5.998	4.261	4.821	5.09	6.431	4.3	5.139
Contenido de humedad (w%)	23.32%	23.12%	22.06%	21.97%	21.45%	21.69%	21.14%	21.04%
w% Promedio	23.22%		22.01%		21.57%		21.09%	
Número de golpes	6		17		27		42	
<b>GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO</b>								
 <p>El gráfico muestra la relación entre el número de golpes (eje X) y el contenido de humedad en porcentaje (eje Y). Se han plotado los siguientes puntos: (6, 23.2%), (17, 22.0%), (27, 21.6%), (42, 21.1%). Una línea de tendencia se ajusta a los datos con la ecuación <math>y = -0.0006x + 0.2328</math>. El Límite Líquido (LL) se determina como el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes, resultando en <math>LL = 21.86\%</math>.</p>								
<b>Límite Líquido (LL)</b>					<b>21.86%</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>								
Recipiente N.º	2M	15	11	6E	55			
Peso recipiente (Wr) (gr)	10.618	10.659	10.674	10.697	6.158			
Recipiente + peso húmedo (gr)	10.865	10.891	11.026	10.937	6.451			
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	10.822	10.85	10.967	10.895	6.399			
Peso del agua (Ww) (gr)	0.043	0.041	0.059	0.042	0.052			
Peso suelo seco (Ws) (gr)	0.204	0.191	0.293	0.198	0.241			
Contenido de humedad (w% = 100*Ww/Ws)	21.08%	21.47%	20.14%	21.21%	21.58%			
w% Promedio (LP)						<b>21.09%</b>		
IP = LL - LP						<b>0.77%</b>		

C3-3. Proctor modificado, muestra 3.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		FICM		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES								
Norma: ASTM D1557	Número de capas: 5			Peso del molde: 5750 gr				
Proctor Tipo: C	Número de golpes: 56			Muestra N.º 3				
Peso del martillo: 10 lb	Altura de caída: 18"			Abscisa: 2+500				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO								
Ensayo N.º	1	2	3	4				
Molde + suelo húmedo (gr)	11312	11668	12033	11828				
Peso molde (gr)	5750	5750	5750	5750				
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	5562	5918	6283	6078				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO								
Altura del molde (cm)	17.78	17.78	17.78	17.78				
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.24	15.24	15.24				
Volumen de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	3243.33	3243.33	3243.33	3243.33				
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.715	1.825	1.937	1.874				
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente N.º	25	17	68	28	62	35	H3	46
Peso recipiente (Wr) (gr)	24.3	31.08	30.75	23.08	30.57	24.69	31.91	24.83
Recipiente + peso húmedo (gr)	69.33	89.71	77.27	71.72	83.12	74.52	101.05	94.08
Recipiente + peso seco (Wr+W <sub>s</sub> ) (gr)	65.51	84.81	72.29	66.32	75.47	67.53	89.2	82.17
Peso del agua (Ww) (gr)	3.82	4.9	4.98	5.4	7.65	6.99	11.85	11.91
Peso suelo seco (W <sub>s</sub> ) (gr)	41.21	53.73	41.54	43.24	44.9	42.84	57.29	57.34
Contenido de humedad (w%)	9.27%	9.12%	11.99%	12.49%	17.04%	16.32%	20.68%	20.77%
w% Promedio	9.19%		12.24%		16.68%		20.73%	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.571	1.626	1.626	1.660	1.660	1.660	1.552	1.552
GRÁFICO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO								
Peso volumétrico seco máximo $\gamma_d$ :	1.663 gr/cm <sup>3</sup>	Óptimo contenido de humedad w:				16.00%		



C3-4. Densidad en campo, muestra 3.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
<b>DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO CONO Y ARENA)</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>		
<b>Norma:</b> ASTM D1556	<b>Ensayo N.º</b> 3	<b>Abscisa:</b> 2+500
<b>VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO</b>		
1. Masa del aparato lleno de arena (gr)	7106	
2. Masa del aparato y restante de arena (gr)	2809	
3. Masa de la arena en el hueco y cono (1-2) (gr)	4297	
4. Masa de la arena en el cono (gr)	1629	
5. Masa de la arena en el hueco (3-4) (gr)	2668	
6. Densidad Bulk de la arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1.582	
7. Volumen del hueco ensayado (5/6) (cm <sup>3</sup> )	1686.47	
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>		
8. Masa de la muestra húmeda del suelo + recipiente (gr)	2685	
9. Masa del recipiente (gr)	99.04	
10. Masa del suelo húmedo (8-9) (gr)	2585.96	
11. Densidad húmeda (10/7) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA EN CAMPO</b>		
12. Recipiente N.º (gr)	14	35
13. Masa del recipiente (gr)	26.68	24.72
14. Masa de la muestra húmeda + recipiente (gr)	75.79	73.70
15. Masa de la muestra seca + recipiente (gr)	70.91	68.84
16. Masa del agua (14-15) (gr)	4.88	4.86
17. Masa del suelo seco (15-13) (gr)	44.23	44.12
18. Contenido de agua (16/17) (%)	11.03%	11.02%
19. Contenido de agua promedio (%)	11.02%	
20. Densidad seca (11/(1+19)) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.38	
<b>DATOS DE COMPATACIÓN</b>		
21. Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.66	
22. Humedad óptima (%)	16.00%	
23. Porcentaje de compactación en campo (20/21) (%)	83.05%	

C3-5. Ensayo CBR, muestra 3.

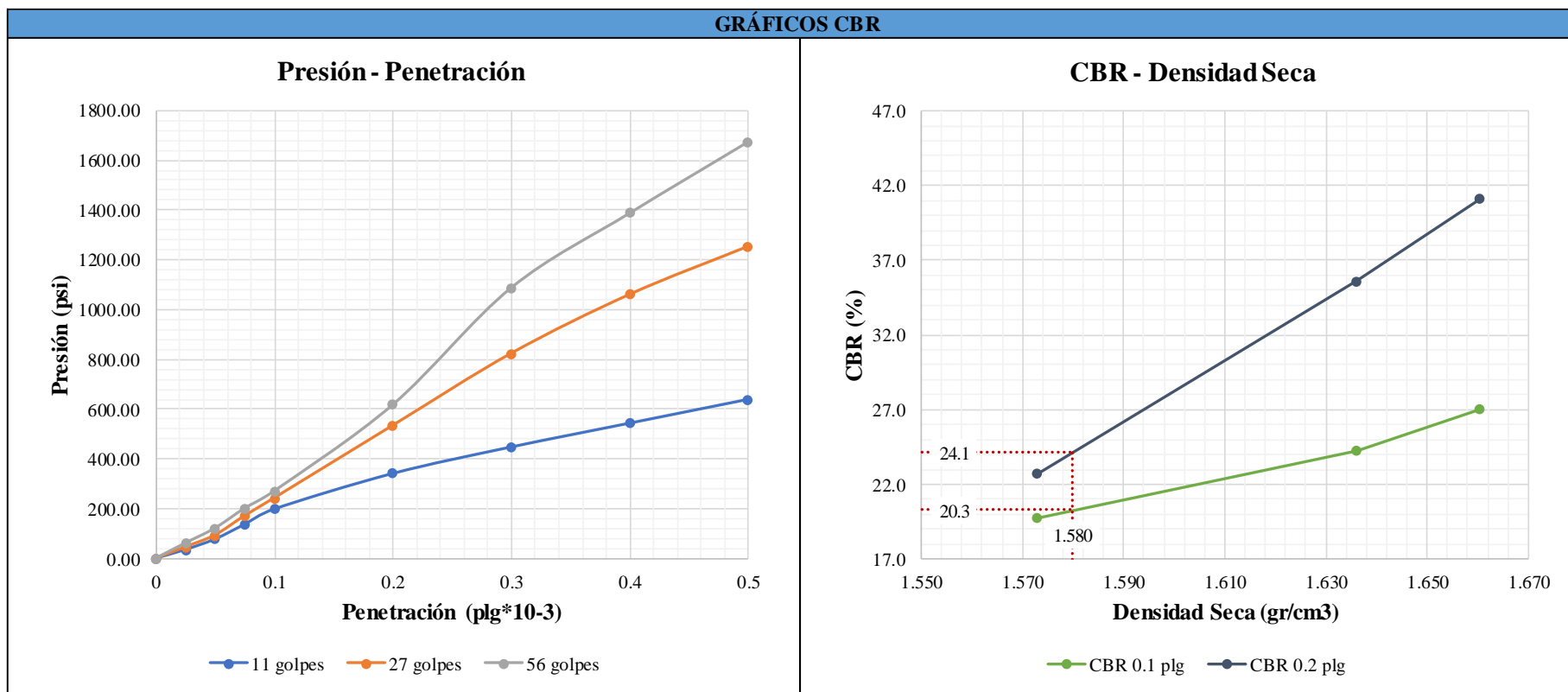
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>CBR</b>						
<b>ESPECIFICACIONES</b>						
Norma: ASTM D1883			Muestra N.º 3			
Peso del martillo: 10 lb			Abscisa: 2+500			
Altura de caída: 18"			Contenido humedad óptima: 16.00%			
<b>DIMENSIONES DE LOS MOLDES</b>						
Molde N.º	<b>2</b>		<b>7B</b>		<b>3</b>	
Altura (cm)	11.5		11.6		11.5	
Diámetro (cm)	15.1		15.1		15.1	
Volúmen (cm <sup>3</sup> )	2059.40		2077.31		2059.40	
<b>COMPACTACIÓN ANTES DE LA SATURACIÓN</b>						
Número de golpes	<b>11</b>		<b>27</b>		<b>56</b>	
Molde + suelo húmedo (gr)	12216		12288		11649	
Peso molde (gr)	8439		8332		7657	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2059.40		2077.31		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3777		3956		3992	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.834		1.904		1.938	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Recipiente N.º	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>64</b>	<b>76</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	23.08	24.30	24.83	23.08	30.74	30.75
Recipiente + peso húmedo (gr)	69.46	89.75	78.13	72.61	83.30	75.02
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	63.01	80.31	70.79	65.72	75.97	68.68
Peso del agua (Ww) (gr)	6.45	9.44	7.34	6.89	7.33	6.34
Peso suelo seco (Ws) (gr)	39.93	56.01	45.96	42.64	45.23	37.93
Contenido de humedad (w%)	16.15%	16.85%	15.97%	16.16%	16.21%	16.72%
w% Promedio	16.50%		16.06%		16.46%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.574		1.641		1.664	
<b>DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Molde + suelo húmedo (gr)	12381		12435		11733	
Peso molde (gr)	8439		8332		7657	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2059.40		2077.31		2059.40	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3942		4103		4076	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.914		1.975		1.979	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N.º	<b>92</b>	<b>46</b>	<b>73</b>	<b>81</b>	<b>10</b>	<b>54</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	33.19	24.85	31.15	30.25	23.61	30.61
Recipiente + peso húmedo (gr)	113.24	89.96	84.79	119.93	86.70	83.20
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	98.76	78.53	75.49	104.70	76.28	74.95
Peso del agua (Ww) (gr)	14.48	11.43	9.3	15.23	10.42	8.25
Peso suelo seco (Ws) (gr)	65.57	53.68	44.34	74.45	52.67	44.34
Contenido de humedad (w%)	22.08%	21.29%	20.97%	20.46%	19.78%	18.61%
w% Promedio	21.69%		20.72%		19.19%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.573		1.636		1.660	

C3-5.1. Ensayo de Carga vs Penetración, muestra 3.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN		
ESPECIFICACIONES								
Máquina de Compresión Simple			Área del pisón:		Norma:		Velocidad de carga:	
			3 plg <sup>2</sup>		ASTM D1883		0,05 plg/min	
Molde N.º			2 (11 golpes)		7B (27 golpes)		3 (56 golpes)	
Penetración		Carga Estándar	Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
(mm)	(plg)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)
0.00	0		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.64	0.025		103.9	34.63	137.1	45.70	183.6	61.20
1.27	0.050		231.2	77.07	280.3	93.43	363.3	121.10
1.91	0.075		409.6	136.53	513.6	171.20	603.2	201.07
2.54	0.100	1000	593.7	197.90	727.5	242.50	811.80	270.60
5.08	0.200	1500	1023.2	341.07	1602.8	534.27	1852.30	617.43
7.62	0.300	1900	1343.2	447.73	2471.6	823.87	3263.2	1087.73
10.16	0.400	2300	1631.6	543.87	3182.6	1060.87	4163.5	1387.83
12.70	0.500	2600	1919.2	639.73	3761.6	1253.87	5023.6	1674.53

CBR CORREGIDO						
Molde N.º	Presión	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )
2 (11 golpes)	197.90	19.8	1.573	341.07	22.7	1.573
7B (27 golpes)	242.50	24.3	1.636	534.27	35.6	1.636
3 (56 golpes)	270.60	27.1	1.660	617.43	41.2	1.660

C3-5.2. Gráficos CBR, muestra 3.



<b>Densidad Seca Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.663
<b>95% de DSM (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.580
<b>CBR MAYOR</b>	<b>24.1%</b>

# **ANEXO C4: MUESTRA #4**

## **SUBRASANTE**

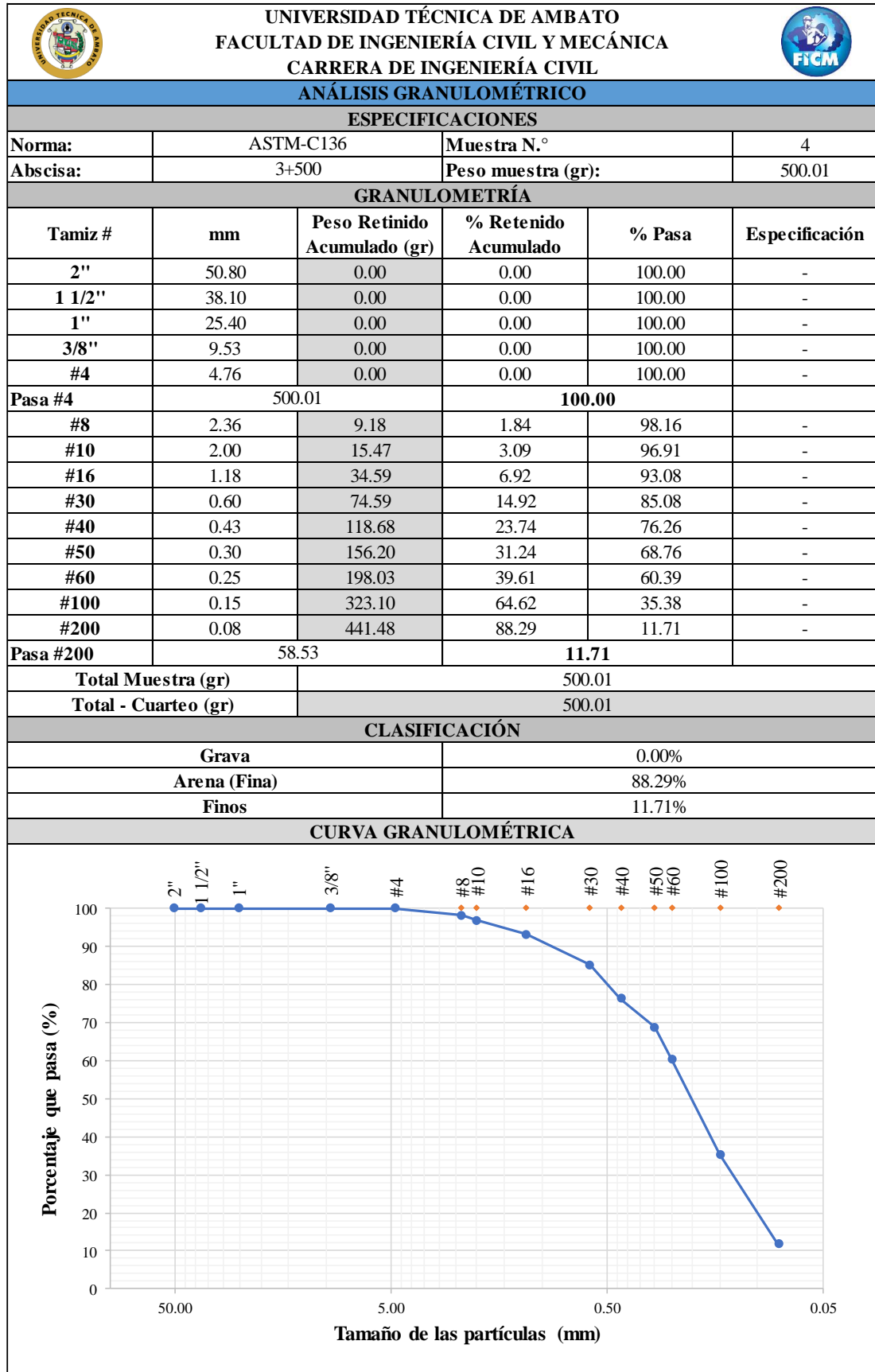
### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 3+500



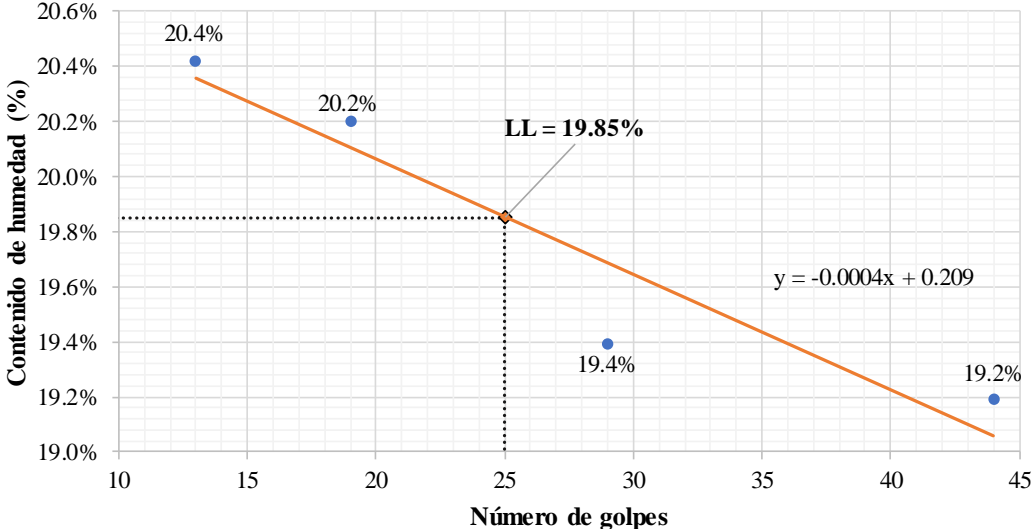
### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado
- Densidad en campo
- CBR

C4-1. Análisis granulométrico del suelo, muestra 4.



C4-2. Límites de Atterberg, muestra 4.



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>									
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>									
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
Norma: ASTM D4318			Muestra N.º 4			Abscisa: 3+500			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>									
Recipiente N.º	64	34	71	4A	69	16	33	5A	
Peso recipiente (Wr) (gr)	11.278	11.246	11.287	11.103	11.469	11.147	11.081	11.016	
Recipiente + peso húmedo (gr)	20.106	21.46	19.197	19.553	20.821	18.979	20.38	20.059	
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	18.635	19.698	17.875	18.125	19.304	17.705	18.889	18.597	
Peso del agua (Ww) (gr)	1.471	1.762	1.322	1.428	1.517	1.274	1.491	1.462	
Peso suelo seco (Ws) (gr)	7.357	8.452	6.588	7.022	7.835	6.558	7.808	7.581	
Contenido de humedad (w%)	19.99%	20.85%	20.07%	20.34%	19.36%	19.43%	19.10%	19.29%	
w% Promedio	20.42%		20.20%		19.39%		19.19%		
Número de golpes	13		19		29		44		
<b>GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO</b>									
									
<b>Límite Líquido (LL)</b>					<b>19.85%</b>				
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>									
Recipiente N.º	56	12	29	15	7				
Peso recipiente (Wr) (gr)	7.44	7.453	7.481	7.445	7.391				
Recipiente + peso húmedo (gr)	7.718	7.719	7.747	7.697	7.669				
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	7.673	7.676	7.704	7.656	7.624				
Peso del agua (Ww) (gr)	0.045	0.043	0.043	0.041	0.045				
Peso suelo seco (Ws) (gr)	0.233	0.223	0.223	0.211	0.233				
Contenido de humedad (w% = 100*Ww/Ws)	19.31%	19.28%	19.28%	19.43%	19.31%				
w% Promedio (LP)						<b>19.32%</b>			
IP = LL - LP						<b>0.53%</b>			

C4-3. Proctor modificado, muestra 4.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Norma: ASTM D1557	Número de capas: 5	Peso del molde: 7004 gr						
Proctor Tipo: C	Número de golpes: 56	Muestra N.º 4						
Peso del martillo: 10 lb	Altura de caída: 18"	Abscisa: 3+500						
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>								
Ensayo N.º	1	2	3	4				
Molde + suelo húmedo (gr)	13050	13313	13408	13229				
Peso molde (gr)	7004	7004	7004	7004				
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	6046	6309	6404	6225				
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL SUELO</b>								
Altura del molde (cm)	17.78	17.78	17.78	17.78				
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.24	15.24	15.24				
Volumen de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	3243.33	3243.33	3243.33	3243.33				
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA</b>								
$\gamma_m = W_m/V_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.864	1.945	1.975	1.919				
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente N.º	1M	76	5	50	81	64	16	90
Peso recipiente (Wr) (gr)	32.59	30.75	33.38	31.18	30.24	30.74	30.56	30.7
Recipiente + peso húmedo (gr)	92.04	81.72	95.89	81.81	91.79	82.58	149.82	124.44
Recipiente + peso seco (Wr+W <sub>s</sub> ) (gr)	86.03	76.58	88.77	75.78	83.31	75.4	131.04	109.73
Peso del agua (Ww) (gr)	6.01	5.14	7.12	6.03	8.48	7.18	18.78	14.71
Peso suelo seco (Ws) (gr)	53.44	45.83	55.39	44.6	53.07	44.66	100.48	79.03
Contenido de humedad (w%)	11.25%	11.22%	12.85%	13.52%	15.98%	16.08%	18.69%	18.61%
w% Promedio	11.23%		13.19%		16.03%		18.65%	
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LA MASA</b>								
$\gamma_d = \gamma_m/(1+w)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.676	1.719	1.702	1.618				
<b>GRÁFICO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</b>								
Peso volumétrico seco máximo $\gamma_d$ :	1.72 gr/cm <sup>3</sup>	Óptimo contenido de humedad w:	13.80%					



C4-4. Densidad en campo, muestra 4.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
<b>DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO CONO Y ARENA)</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>		
<b>Norma:</b> ASTM D1556	<b>Ensayo N.º</b> 4	<b>Abscisa:</b> 3+500
<b>VOLUMEN DEL HUECO DEL ENSAYO</b>		
1. Masa del aparato lleno de arena (gr)	7099	
2. Masa del aparato y restante de arena (gr)	2966	
3. Masa de la arena en el hueco y cono (1-2) (gr)	4133	
4. Masa de la arena en el cono (gr)	1629	
5. Masa de la arena en el hueco (3-4) (gr)	2504	
6. Densidad Bulk de la arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1.582	
7. Volumen del hueco ensayado (5/6) (cm <sup>3</sup> )	1582.81	
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>		
8. Masa de la muestra húmeda del suelo + recipiente (gr)	2312	
9. Masa del recipiente (gr)	111.98	
10. Masa del suelo húmedo (8-9) (gr)	2200.02	
11. Densidad húmeda (10/7) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.39	
<b>HUMEDAD NATURAL Y DENSIDAD SECA EN CAMPO</b>		
12. Recipiente N.º (gr)	26	29
13. Masa del recipiente (gr)	23.13	26.64
14. Masa de la muestra húmeda + recipiente (gr)	85.36	89.74
15. Masa de la muestra seca + recipiente (gr)	78.69	83.05
16. Masa del agua (14-15) (gr)	6.67	6.69
17. Masa del suelo seco (15-13) (gr)	55.56	56.41
18. Contenido de agua (16/17) (%)	12.01%	11.86%
19. Contenido de agua promedio (%)	11.93%	
20. Densidad seca (11/(1+19)) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.24	
<b>DATOS DE COMPATACIÓN</b>		
21. Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.72	
22. Humedad óptima (%)	13.80%	
23. Porcentaje de compactación en campo (20/21) (%)	72.20%	

C4-5. Ensayo CBR, muestra 4.

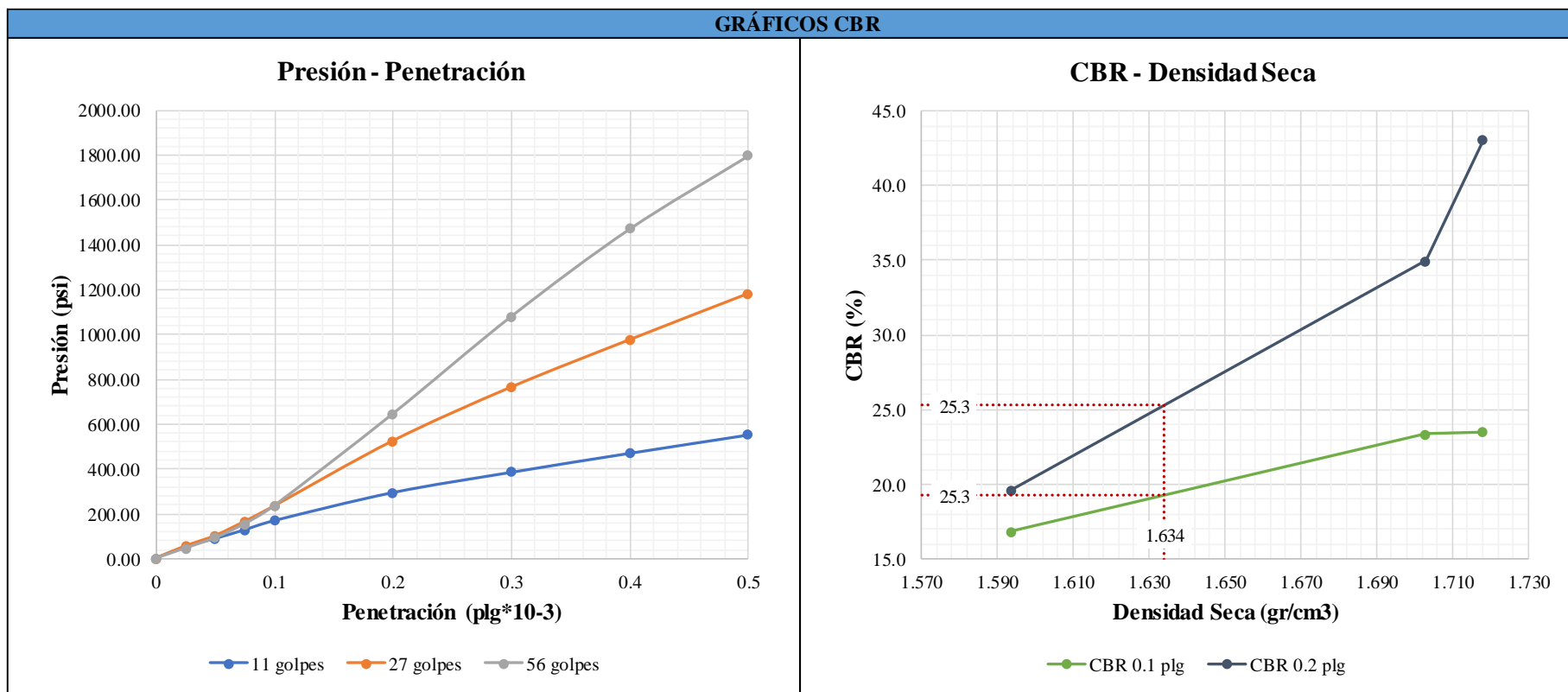
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
<b>CBR</b>						
<b>ESPECIFICACIONES</b>						
Norma: ASTM D1883	Muestra N.º 4					
Peso del martillo: 10 lb	Abscisa: 3+500					
Altura de caída: 18"	Contenido humedad óptima: 13.80%					
<b>DIMENSIONES DE LOS MOLDES</b>						
Molde N.º	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>7B</b>			
Altura (cm)	11.5	11.5	11.6			
Diámetro (cm)	15.1	15.1	15.1			
Volúmen (cm <sup>3</sup> )	2059.40	2059.40	2077.31			
<b>COMPACTACIÓN ANTES DE LA SATURACIÓN</b>						
Número de golpes	<b>11</b>	<b>27</b>	<b>56</b>			
Molde + suelo húmedo (gr)	11412	12452	12411			
Peso molde (gr)	7659	8441	8334			
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2059.40	2059.40	2077.31			
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3753	4011	4077			
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822	1.948	1.963			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Recipiente N.º	<b>34</b>	<b>73</b>	<b>17</b>	<b>92</b>	<b>36</b>	<b>54</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	23.40	31.15	24.71	33.19	24.80	30.61
Recipiente + peso húmedo (gr)	94.25	81.31	90.25	82.25	93.58	80.85
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	85.45	75.02	82.21	76.05	85.00	74.49
Peso del agua (Ww) (gr)	8.8	6.29	8.04	6.2	8.58	6.36
Peso suelo seco (Ws) (gr)	62.05	43.87	57.5	42.86	60.2	43.88
Contenido de humedad (w%)	14.18%	14.34%	13.98%	14.47%	14.25%	14.49%
w% Promedio	14.26%		14.22%		14.37%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.595		1.705		1.716	
<b>DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Molde + suelo húmedo (gr)	11646		12600		12553	
Peso molde (gr)	7659		8441		8334	
Vol. de la muestra (Vm) (cm <sup>3</sup> )	2059.40		2059.40		2077.31	
Peso suelo húmedo (Wm) (gr)	3987		4159		4219	
Peso unitario húmedo ( $\gamma_m$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.936		2.020		2.031	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N.º	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>32</b>
Peso recipiente (Wr) (gr)	24.78	24.05	25.20	23.77	24.67	26.43
Recipiente + peso húmedo (gr)	92.77	94.98	86.77	89.92	90.78	90.48
Recipiente + peso seco (Wr+Ws) (gr)	80.84	82.36	77.08	79.59	80.54	80.66
Peso del agua (Ww) (gr)	11.93	12.62	9.69	10.33	10.24	9.82
Peso suelo seco (Ws) (gr)	56.06	58.31	51.88	55.82	55.87	54.23
Contenido de humedad (w%)	21.28%	21.64%	18.68%	18.51%	18.33%	18.11%
w% Promedio	21.46%		18.59%		18.22%	
Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1.594		1.703		1.718	

C4-5.1. Ensayo de Carga vs Penetración, muestra 4.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN		
ESPECIFICACIONES								
Máquina de Compresión Simple			Área del pisón:		Norma:		Velocidad de carga:	
			3 plg <sup>2</sup>		ASTM D1883		0,05 plg/min	
Molde N.º			3 (11 golpes)		2 (27 golpes)		7B (56 golpes)	
Penetración		Carga Estándar	Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
(mm)	(plg)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)	(lb)	(psi)
0.00	0		0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.64	0.025		156.6	52.20	163.8	54.60	136.1	45.36
1.27	0.050		263.8	87.93	303.1	101.03	275.0	91.68
1.91	0.075		382.3	127.43	493.9	164.63	463.9	154.62
2.54	0.100	1000	506.1	168.70	701.6	233.87	706.14	235.38
5.08	0.200	1500	883.8	294.60	1572.8	524.27	1937.16	645.72
7.62	0.300	1900	1157.2	385.73	2293.3	764.43	3242.5	1080.84
10.16	0.400	2300	1413.5	471.17	2928.6	976.20	4414.7	1471.56
12.70	0.500	2600	1660.1	553.37	3546.7	1182.23	5393.9	1797.96

CBR CORREGIDO						
Molde N.º	Presión	CBR 0.1 plg	Densidad Seca	Presión	CBR 0.2 plg	Densidad Seca
	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(psi)	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )
3 (11 golpes)	168.70	16.9	1.594	294.60	19.6	1.594
2 (27 golpes)	233.87	23.4	1.703	524.27	35.0	1.703
7B (56 golpes)	235.38	23.5	1.718	645.72	43.0	1.718

C4-5.2. Gráficos CBR, muestra 4.



<b>Densidad Seca Máxima (gr/cm3)</b>	1.720
<b>95% de DSM (gr/cm3)</b>	1.634
<b>CBR MAYOR</b>	<b>25.3%</b>

**ANEXO D**

**ESTUDIO DEL PAVIMENTO**

# **ANEXO D1: MUESTRA #1**

## **CAPA ASFÁLTICA**



### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 0+500

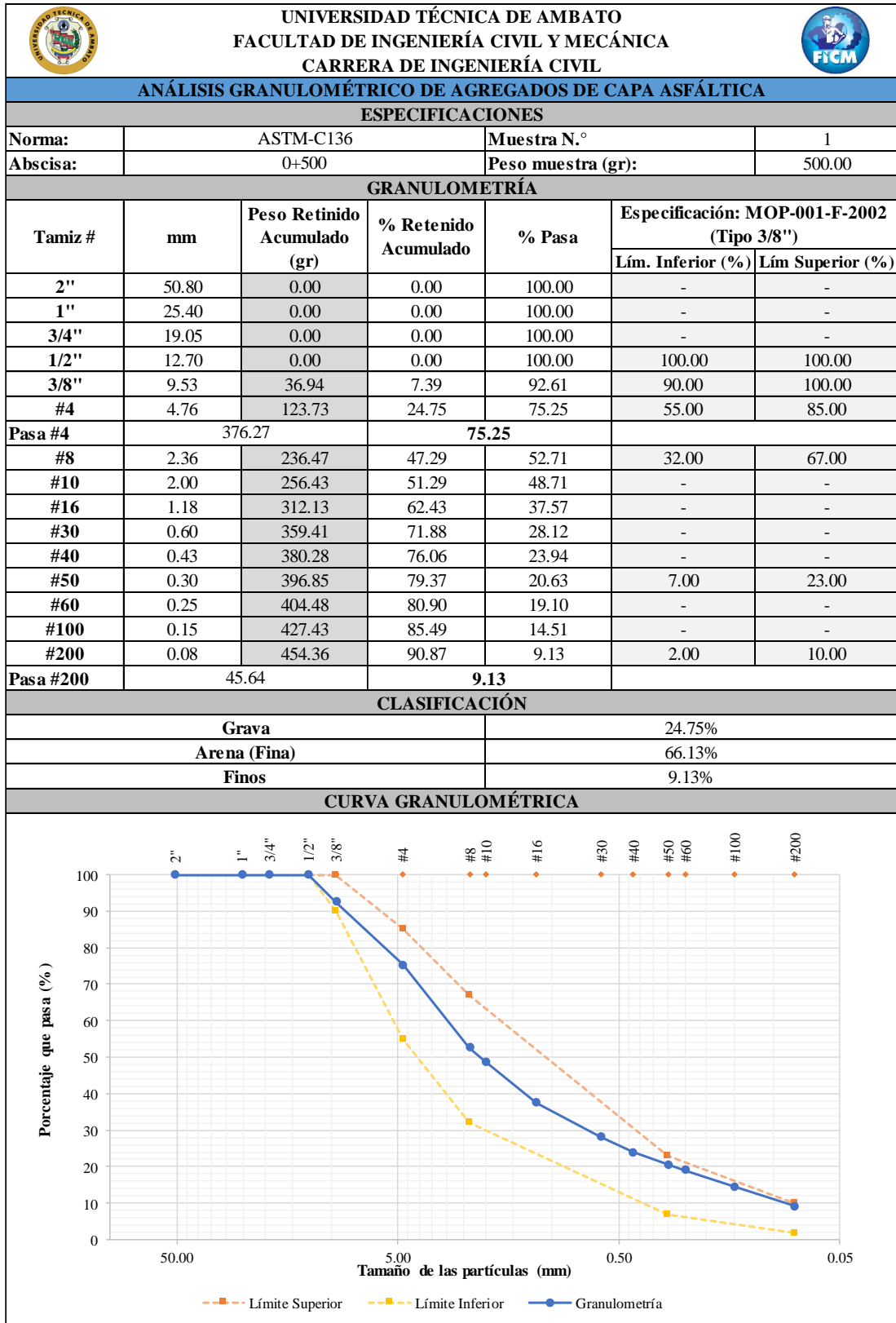
### **ENSAYOS:**

- Contenido de asfalto
- Análisis granulométrico de áridos sin asfalto

D1-1. Contenido de asfalto, muestra 1

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>EXTRACCIÓN DE ASFALTO EN MEZCLAS BITMUNOSAS</b>			
<b>ESPECIFICACIONES</b>			
<b>Norma:</b>	ASTM D 2172	<b>Muestra N.º</b>	1
<b>Velocidad de centrifugación:</b>	3600 rpm	<b>Abscisa:</b>	0+500
<b>CONTENIDO DE ASFALTO</b>			
<b>Lado de la toma de la muestra</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	
<b>Masa inicial de la muestra + recipiente (gr)</b>	607.47	668.97	
<b>Masa final de la muestra + recipiente (gr)</b>	584.17	645.87	
<b>Masa del recipiente (gr)</b>	107.47	168.97	
<b>Masa inicial de la muestra (gr)</b>	500.00	500.00	
<b>Masa de áridos sin asfalto (gr)</b>	476.70	476.90	
<b>Masa inicial del papel filtro (gr)</b>	23.16	23.43	
<b>Masa final del papel filtro (gr)</b>	23.43	23.91	
<b>Masa del material retenido en el papel filtro (gr)</b>	0.27	0.48	
<b>Contenido de asfalto (%)</b>	4.83%	4.74%	
<b>Contenido de asfalto promedio (%)</b>	4.78%		

D1-2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto, muestra 1





# **ANEXO D2: MUESTRA #2**

## **CAPA ASFÁLTICA**



### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 1+500

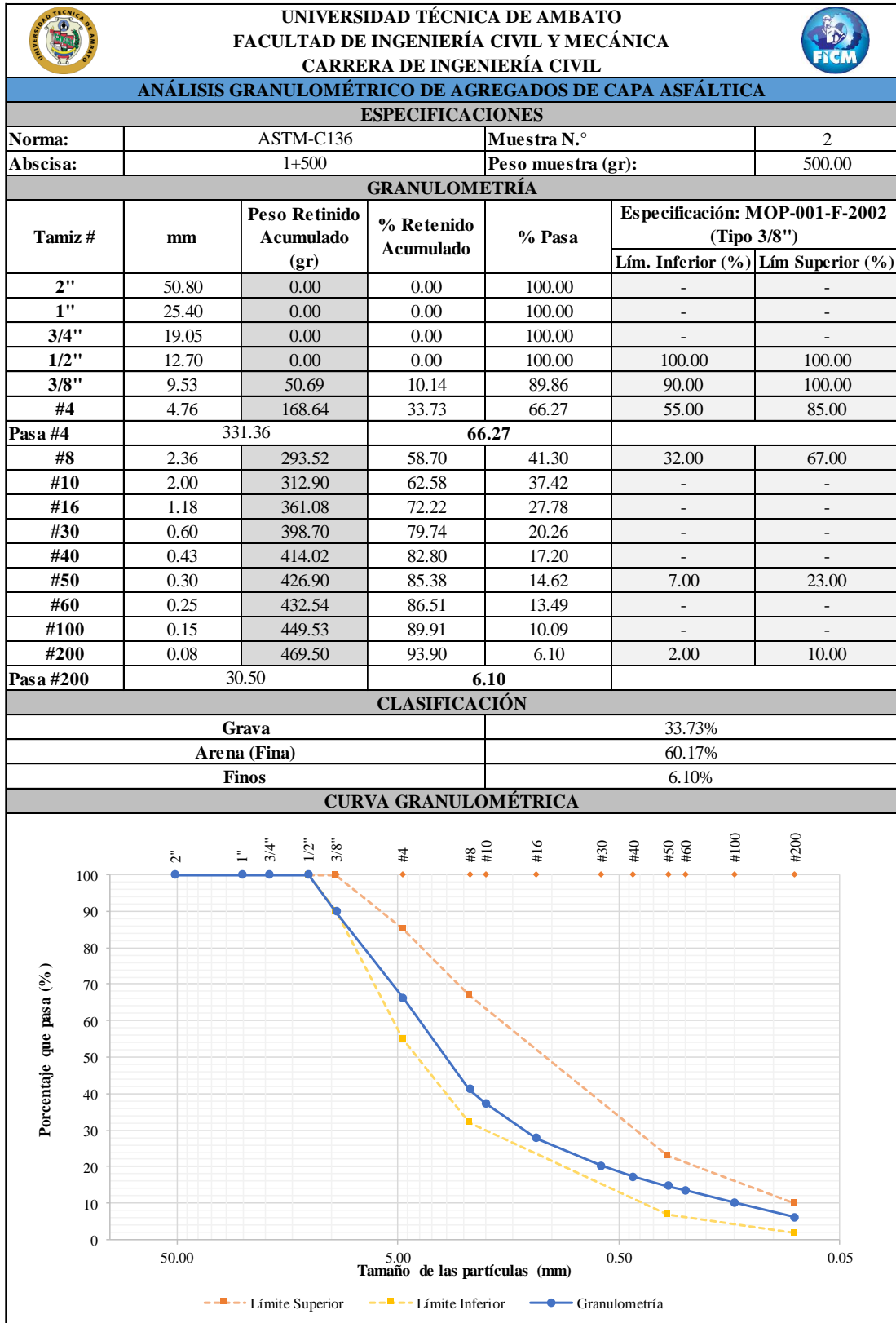
### **ENSAYOS:**

- Contenido de asfalto
- Análisis granulométrico de áridos sin asfalto

D2-1. Contenido de asfalto, muestra 2

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>EXTRACCIÓN DE ASFALTO EN MEZCLAS BITMUNOSAS</b>			
<b>ESPECIFICACIONES</b>			
<b>Norma:</b>	ASTM D 2172	<b>Muestra N.º</b>	2
<b>Velocidad de centrifugación:</b>	3600 rpm	<b>Abscisa:</b>	1+500
<b>CONTENIDO DE ASFALTO</b>			
<b>Lado de la toma de la muestra</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	
<b>Masa inicial de la muestra + recipiente (gr)</b>	566.27	602.85	
<b>Masa final de la muestra + recipiente (gr)</b>	542.78	578.65	
<b>Masa del recipiente (gr)</b>	66.27	102.85	
<b>Masa inicial de la muestra (gr)</b>	500.00	500.00	
<b>Masa de áridos sin asfalto (gr)</b>	476.51	475.80	
<b>Masa inicial del papel filtro (gr)</b>	23.91	24.02	
<b>Masa final del papel filtro (gr)</b>	24.02	24.65	
<b>Masa del material retenido en el papel filtro (gr)</b>	0.11	0.63	
<b>Contenido de asfalto (%)</b>	4.91%	4.95%	
<b>Contenido de asfalto promedio (%)</b>	4.93%		

D2-2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto, muestra 2



# **ANEXO D3: MUESTRA #3**

## **CAPA ASFÁLTICA**



### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 2+500

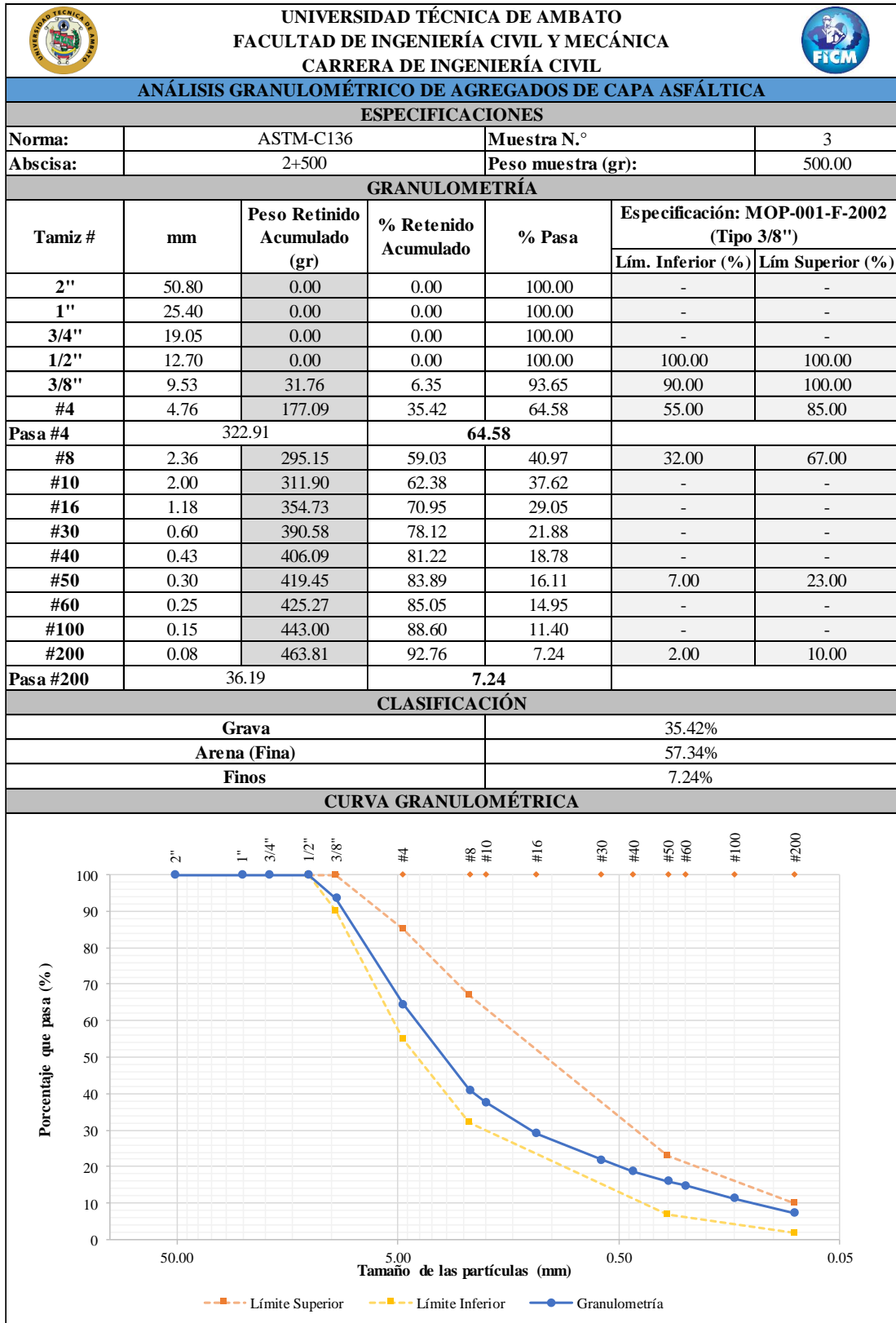
### **ENSAYOS:**

- Contenido de asfalto
- Análisis granulométrico de áridos sin asfalto

D3-1. Contenido de asfalto, muestra 3

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>EXTRACCIÓN DE ASFALTO EN MEZCLAS BITMUNOSAS</b>			
<b>ESPECIFICACIONES</b>			
<b>Norma:</b>	ASTM D 2172	<b>Muestra N.º</b>	3
<b>Velocidad de centrifugación:</b>	3600 rpm	<b>Abscisa:</b>	2+500
<b>CONTENIDO DE ASFALTO</b>			
<b>Lado de la toma de la muestra</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	
<b>Masa inicial de la muestra + recipiente (gr)</b>	703.25	582.09	
<b>Masa final de la muestra + recipiente (gr)</b>	680.43	558.25	
<b>Masa del recipiente (gr)</b>	203.25	82.09	
<b>Masa inicial de la muestra (gr)</b>	500.00	500.00	
<b>Masa de áridos sin asfalto (gr)</b>	477.18	476.16	
<b>Masa inicial del papel filtro (gr)</b>	24.65	25.86	
<b>Masa final del papel filtro (gr)</b>	25.86	26.56	
<b>Masa del material retenido en el papel filtro (gr)</b>	1.21	0.70	
<b>Contenido de asfalto (%)</b>	4.52%	4.85%	
<b>Contenido de asfalto promedio (%)</b>	4.68%		

D3-2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto, muestra 3



# **ANEXO D4: MUESTRA #4**

## **CAPA ASFÁLTICA**



### **UBICACIÓN:**

Abscisa: Km 3+500

### **ENSAYOS:**

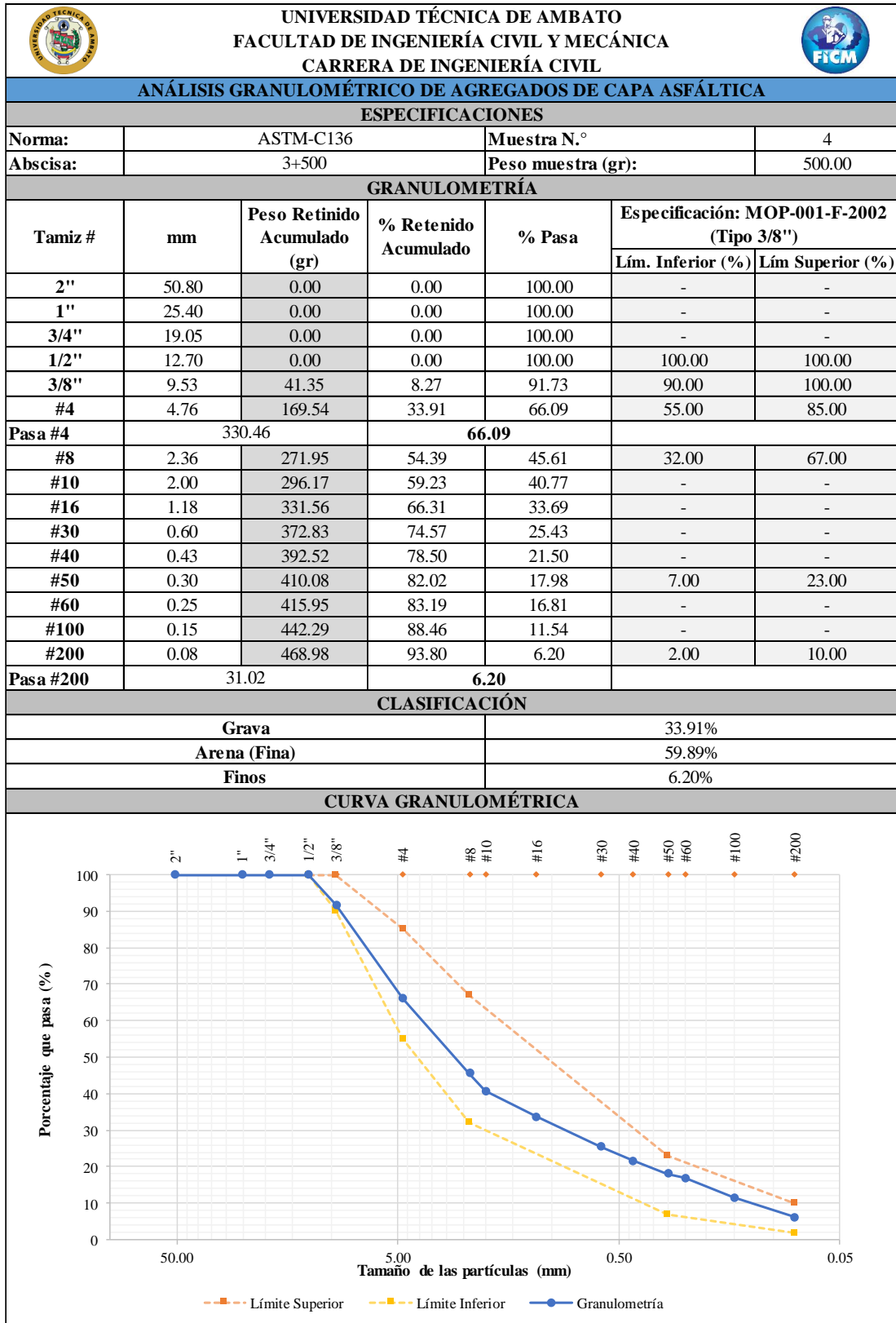
- Contenido de asfalto
- Análisis granulométrico de áridos sin asfalto

D4-1. Contenido de asfalto, muestra 4

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
<b>EXTRACCIÓN DE ASFALTO EN MEZCLAS BITMUNOSAS</b>			
<b>ESPECIFICACIONES</b>			
<b>Norma:</b>	ASTM D 2172	<b>Muestra N.º</b>	4
<b>Velocidad de centrifugación:</b>	3600 rpm	<b>Abscisa:</b>	3+500
<b>CONTENIDO DE ASFALTO</b>			
<b>Lado de la toma de la muestra</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	
<b>Masa inicial de la muestra + recipiente (gr)</b>	674.08	702.12	
<b>Masa final de la muestra + recipiente (gr)</b>	648.35	677.93	
<b>Masa del recipiente (gr)</b>	174.08	202.12	
<b>Masa inicial de la muestra (gr)</b>	500.00	500.00	
<b>Masa de áridos sin asfalto (gr)</b>	474.27	475.81	
<b>Masa inicial del papel filtro (gr)</b>	25.56	27.72	
<b>Masa final del papel filtro (gr)</b>	27.72	28.94	
<b>Masa del material retenido en el papel filtro (gr)</b>	2.16	1.22	
<b>Contenido de asfalto (%)</b>	4.95%	4.82%	
<b>Contenido de asfalto promedio (%)</b>	4.88%		



D4-2. Análisis granulométrico de áridos sin asfalto, muestra 4



**ANEXO F**  
**FOTOGRAFÍAS**

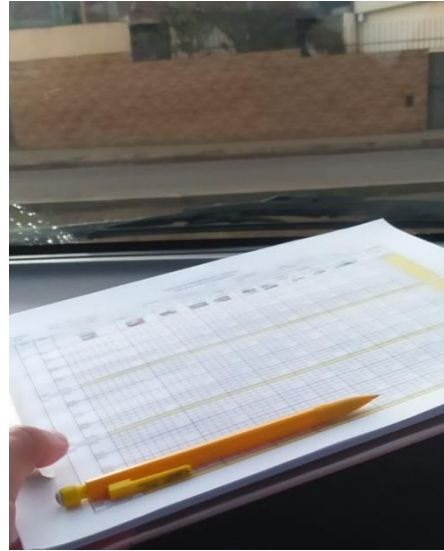


**Proyecto:** Elaboración de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo Km 0+000 hasta Km 3+800 del cantón Ambato, provincia de Tungurahua

**ANEXO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía 1:** Abscisado de la vía Camino Real (Norte) del tramo km 0+000 hasta km 3+800.



**Fotografía 2:** Conteo manual del flujo vehicular.



**Fotografía 3:** Registro de dimensiones de las fallas del pavimento.



**Fotografía 4:** Excavación de calicatas para extracción de muestras alteradas del suelo.



**Proyecto:** Elaboración de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo Km 0+000 hasta Km 3+800 del cantón Ambato, provincia de Tungurahua

**ANEXO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía 5:** Colocación de tamices para el análisis granulométrico del suelo.



**Fotografía 6:** Determinación del Límite Líquido del suelo por medio de la Copa de Casagrande.



**Fotografía 7:** Compactación del suelo en el ensayo Proctor Modificado.



**Fotografía 8:** Ejecución del ensayo de Cono y Arena para determinar la densidad en campo.



**Proyecto:** Elaboración de un proceso de conservación de la estructura del pavimento de la vía Camino Real (Norte) en el tramo Km 0+000 hasta Km 3+800 del cantón Ambato, provincia de Tungurahua

**ANEXO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía 9:** Ensayo de Carga-Penetración para determinar el valor de CBR del suelo.



**Fotografía 10:** Disgregación de las muestras de asfalto.



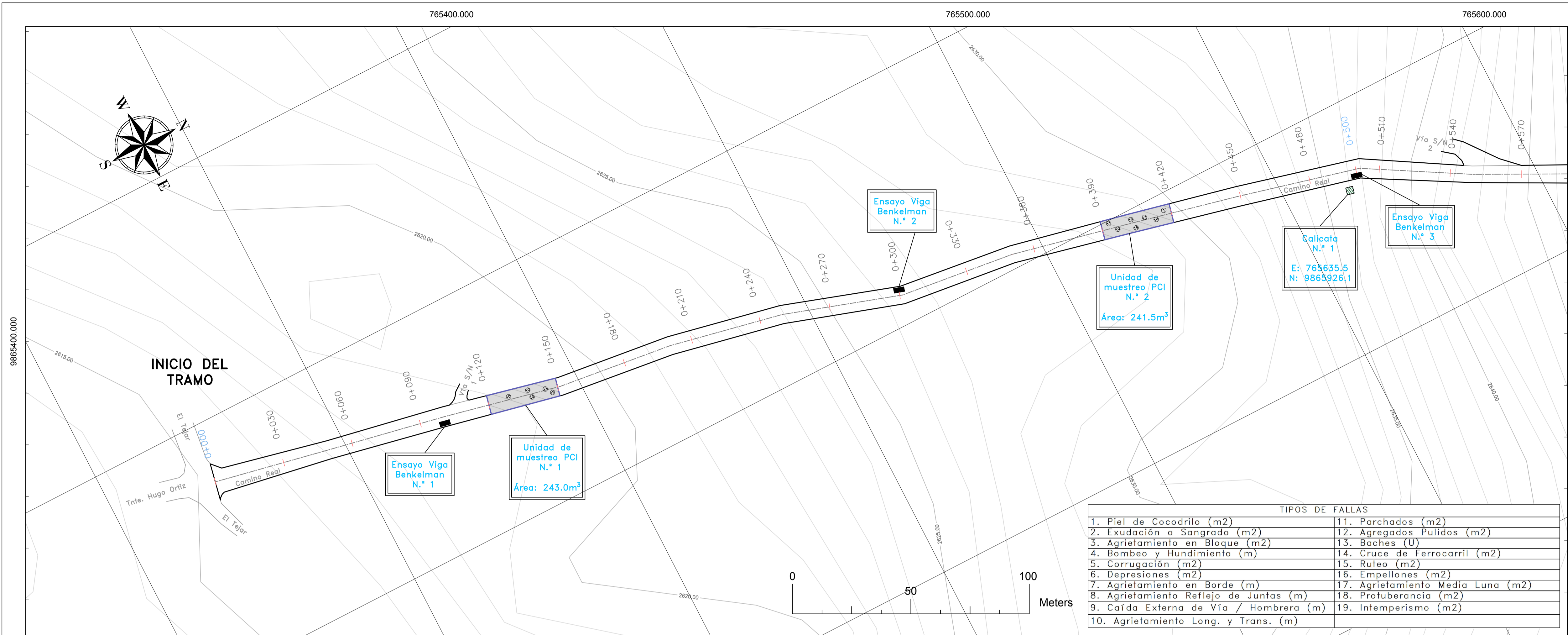
**Fotografía 11:** Colocación del filtro en la máquina centrifugadora para extracción de asfalto.



**Fotografía 12:** Medición de deflexiones del pavimento mediante el uso de la Viga Benkelman.

# **ANEXO E**

# **PLANOS**



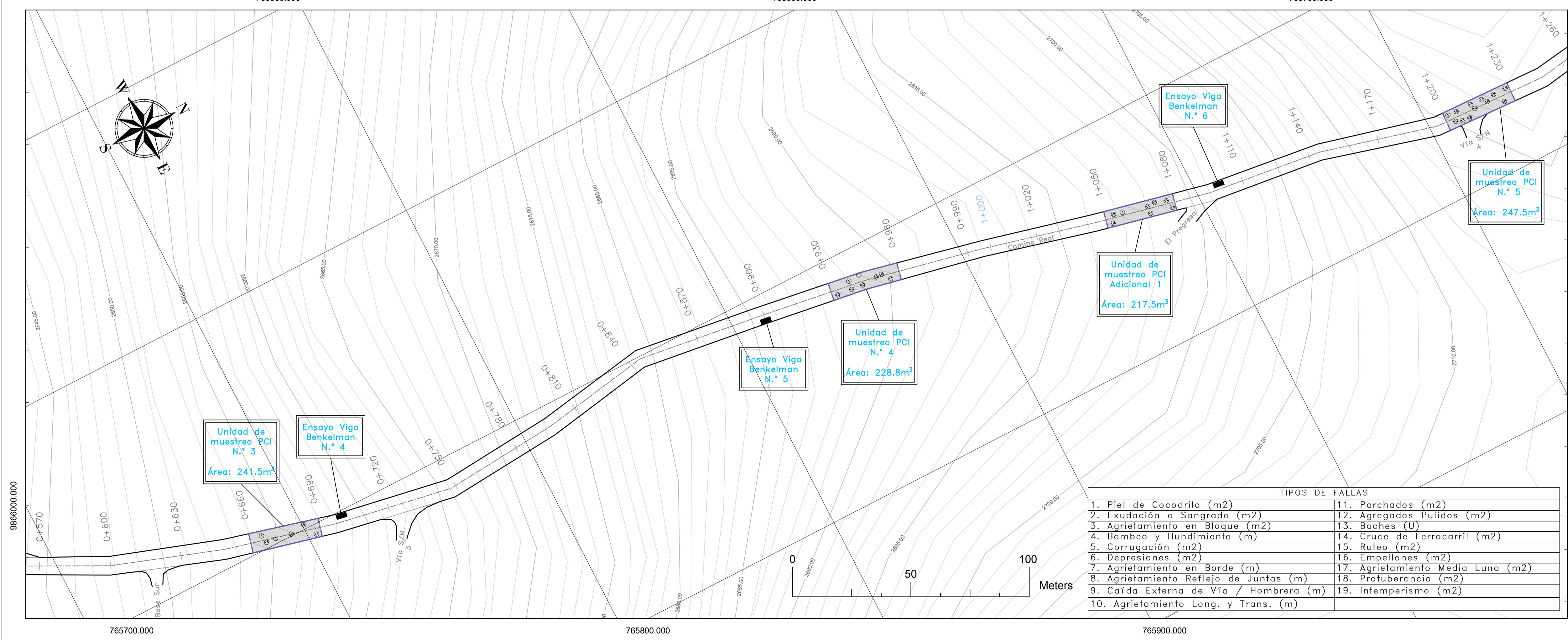
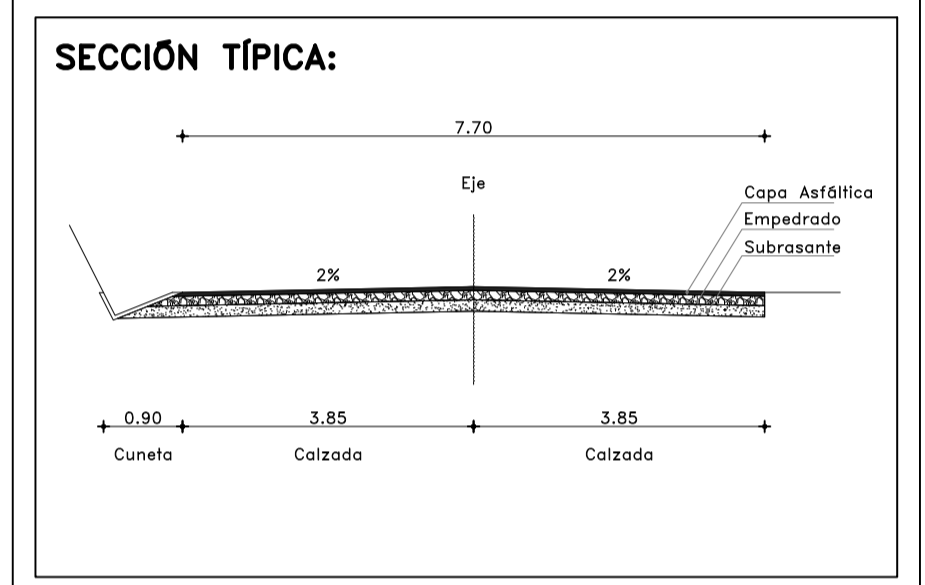
TIPOS DE FALLAS	
1. Piel de Cocodrilo (m2)	11. Parchados (m2)
2. Exudación o Sangrado (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	13. Baches (U)
4. Bombeo y Hundimiento (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)
5. Corrugación (m2)	15. Ruteo (m2)
6. Depresiones (m2)	16. Empellones (m2)
7. Agrietamiento en Borde (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	18. Protuberancia (m2)
9. Caída Externa de Vía / Hombrea (m)	19. Intemperismo (m2)
10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

PROVINCIA DE TUNGURAHUA

CANTÓN AMBATO

PARROQUIA ATAHUALPA



TIPOS DE FALLAS	
1. Piel de Cocodrilo (m2)	11. Parchados (m2)
2. Exudación o Sangrado (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	13. Baches (U)
4. Bombeo y Hundimiento (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)
5. Corrugación (m2)	15. Ruteo (m2)
6. Depresiones (m2)	16. Empellones (m2)
7. Agrietamiento en Borde (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	18. Protuberancia (m2)
9. Caída Externa de Vía / Hombrea (m)	19. Intemperismo (m2)
10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:**

"ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

**REALIZADO POR:**

ALQUI CASTRO CHRISTIAN PAÚL

- CONTIENE:**
- PLANIMETRÍA DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) 0+000 - 3+800
  - UBICACIÓN DE CALICATAS
  - UBICACIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO PCI
  - UBICACIÓN DE ENSAYOS DE VIGA BENKELMAN

**LONGITUD:**

3.8Km

**FECHA:**

OCTUBRE - 2022

**ESCALA:**

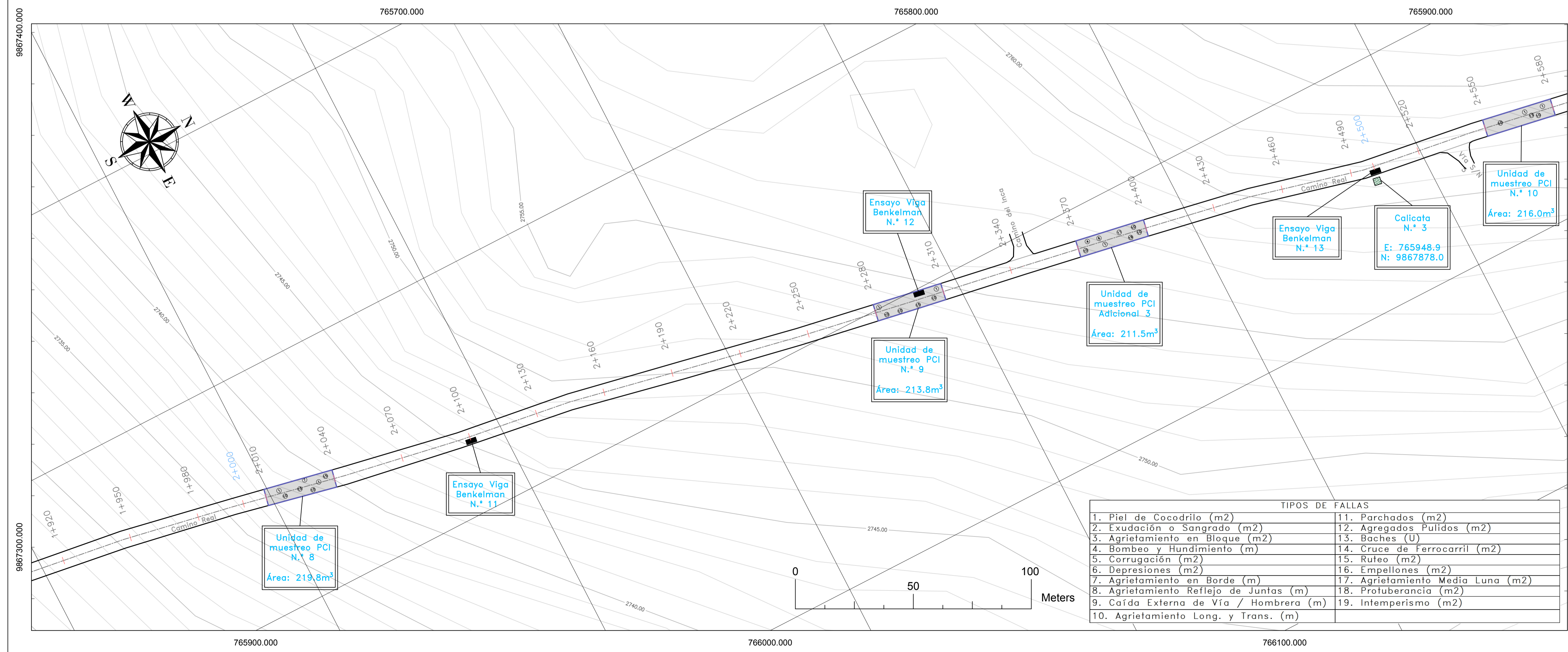
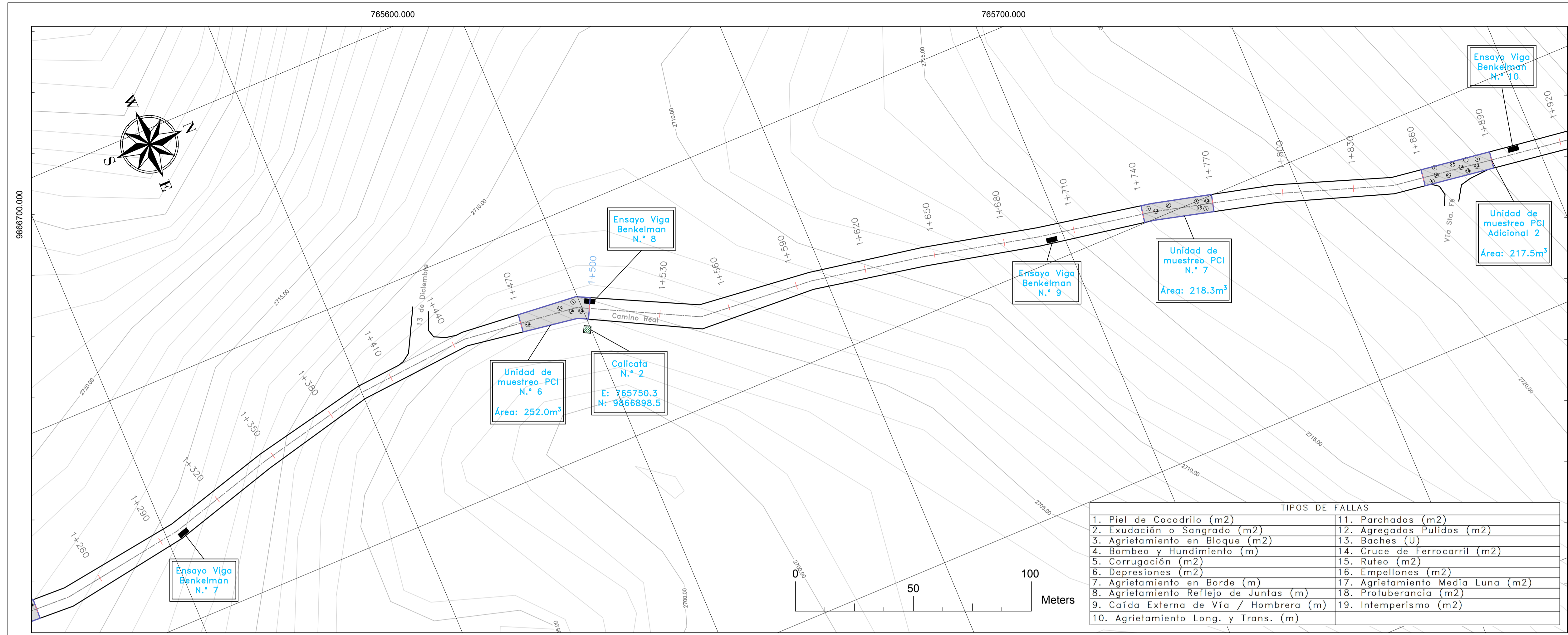
1:1000

**LÁMINA:**

1 DE 3

**TUTOR:**

ING. FAVIO PORTILLA, MSC



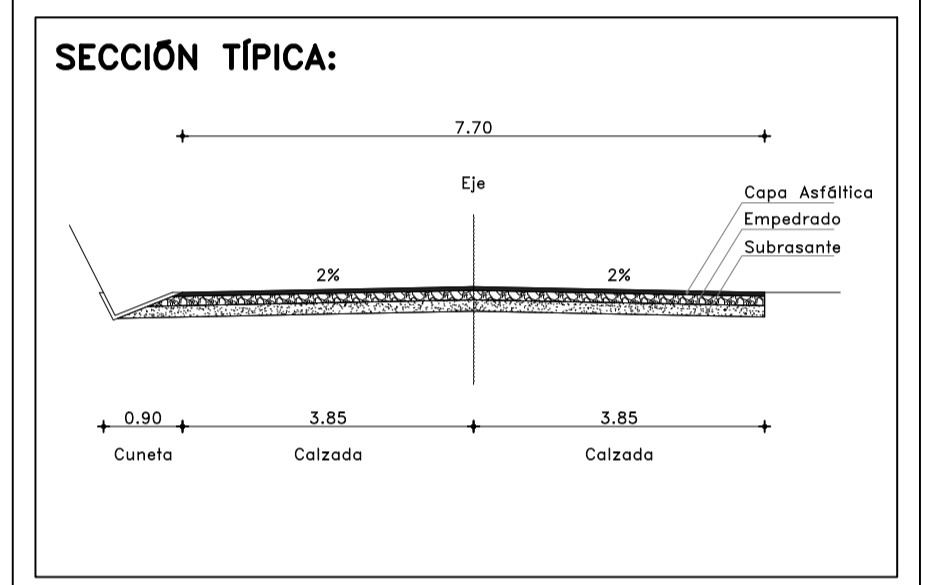
TIPOS DE FALLAS	
1. Piel de Cocodrilo (m2)	11. Parchados (m2)
2. Exudación o Sangrado (m2)	12. Agregados Pulidos (m2)
3. Agrietamiento en Bloque (m2)	13. Baches (U)
4. Bombeo y Hundimiento (m)	14. Cruce de Ferrocarril (m2)
5. Corrugación (m2)	15. Ruteo (m2)
6. Depresiones (m2)	16. Empellones (m2)
7. Agrietamiento en Borde (m)	17. Agrietamiento Media Luna (m2)
8. Agrietamiento Reflejo de Juntas (m)	18. Protuberancia (m2)
9. Caída Externa de Vía / Hombreira (m)	19. Intemperismo (m2)
10. Agrietamiento Long. y Trans. (m)	

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

PROVINCIA DE TUNGURAHUA

CANTÓN AMBATO

PARROQUIA ATAHUALPA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:**

"ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

**REALIZADO POR:**

ALQUI CASTRO CHRISTIAN PAÚL

- CONTIENE:**
- PLANIMETRÍA DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) 0+000 - 3+800
  - UBICACIÓN DE CALICATAS
  - UBICACIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO PCI
  - UBICACIÓN DE ENSAYOS DE VIGA BENKELMAN

**LONGITUD:**

3.8Km

**FECHA:**

OCTUBRE - 2022

**ESCALA:**

1:1000

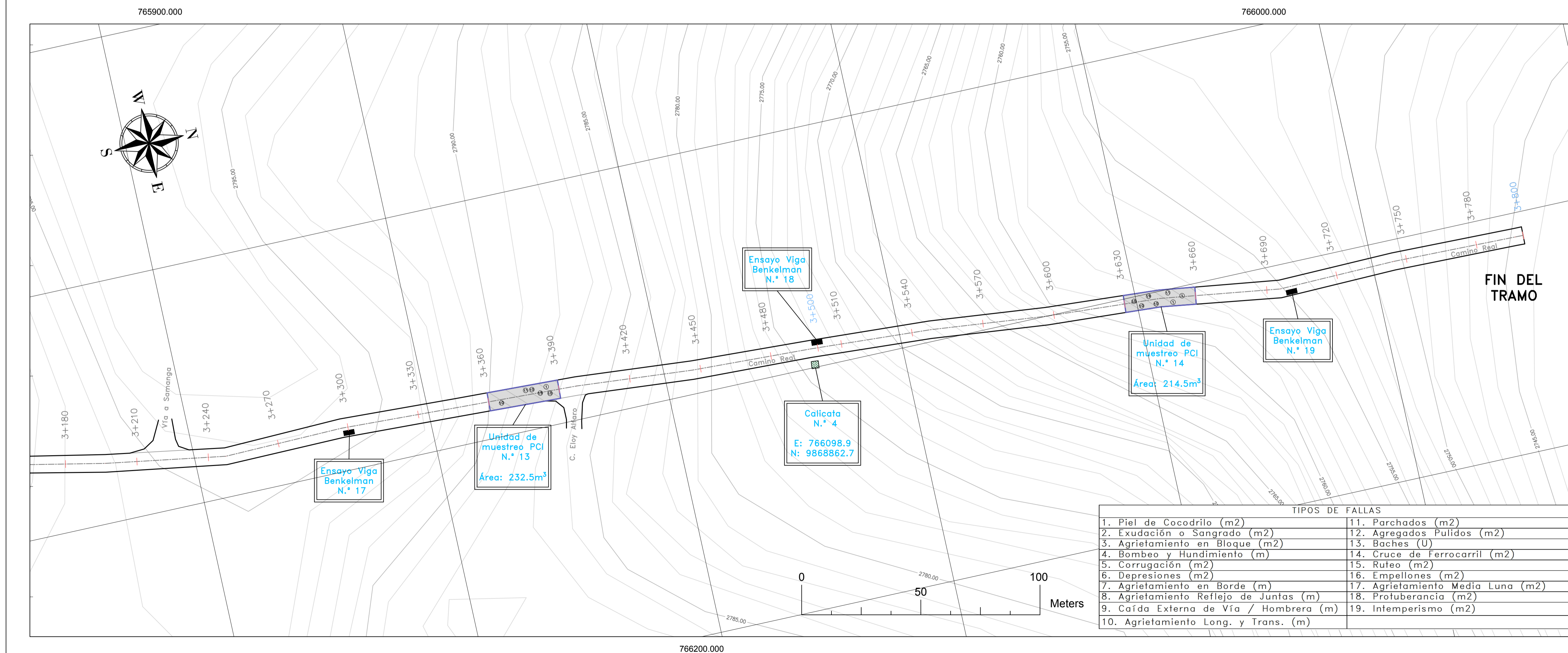
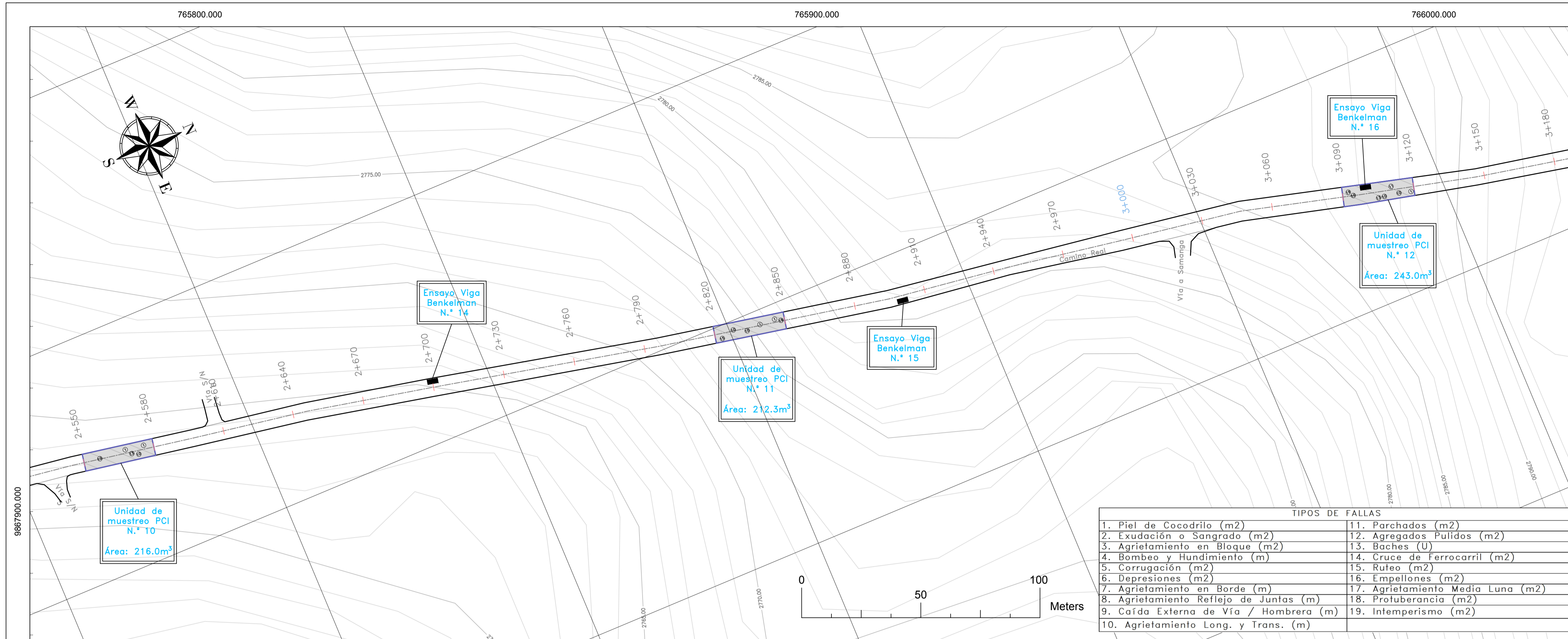
**LÁMINA:**

2 DE 3

**TUTOR:**

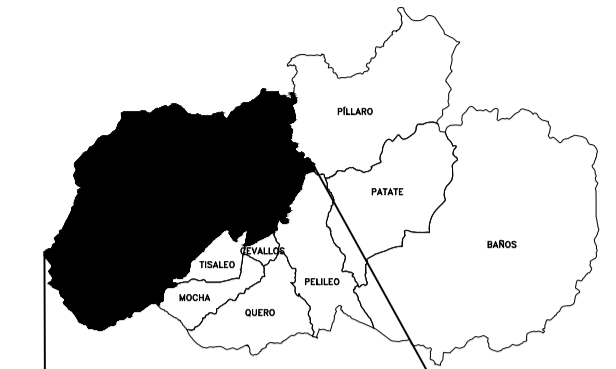
ING. FAVIO PORTILLA, MSC



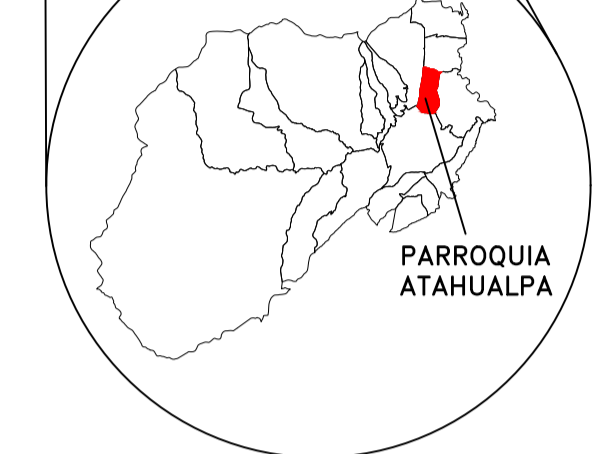


**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

PROVINCIA DE TUNGURAHUA

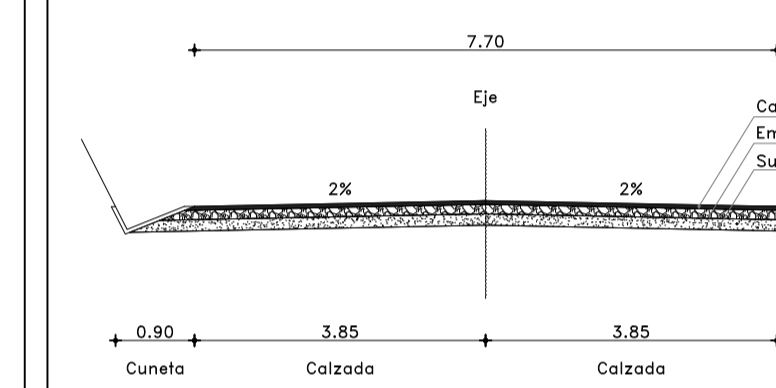


CANTÓN AMBATO



PARROQUIA ATAHUALPA

**SECCIÓN TÍPICA:**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO:**

"ELABORACIÓN DE UN PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) EN EL TRAMO KM 0+000 HASTA KM 3+800 DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

**REALIZADO POR:**

ALQUI CASTRO CHRISTIAN PAÚL

**CONTIENE:**

- PLANIMETRÍA DE LA VÍA CAMINO REAL (NORTE) 0+000 - 3+800
- UBICACIÓN DE CALICATAS
- UBICACIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO PCI
- UBICACIÓN DE ENSAYOS DE VIGA BENKELMAN

**LONGITUD:**

3.8Km

**FECHA:**

OCTUBRE - 2022

**ESCALA:**

1:1000

**LÁMINA:**

3 DE 3

**TUTOR:**

ING. FAVIO PORTILLA, MSC