



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**TEMA**

**REHABILITACIÓN MEDIANTE EL USO DE UN ASFALTO  
FOTOCATALÍTICO DE LA AVENIDA AMAZONAS EN EL CANTÓN**

**DURÁN**

**TUTOR**

**Mgtr. TEÓFILO FERNANDO VALLEJO REMACHE**

**AUTORES**

**ANTONY DANIEL APOLINARIO MIRANDA**

**MARTHA MORAIMA VITERI ALMEIDA**

**GUAYAQUIL**

**2025**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán.	
<b>AUTOR/ES:</b> Antony Daniel Apolinario Miranda Martha Moraima Viteri Almeida	<b>TUTOR:</b> Mgtr. Teófilo Fernando Vallejo Remache
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> INGENIERO CIVIL
<b>FACULTAD:</b> Ingeniería, Industria y Construcción	<b>CARRERA:</b> INGENIERIA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2025	<b>N. DE PÁGS:</b> 171
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Asfalto, Contaminación ambiental, Cambio climático, Combustible.	
<b>RESUMEN:</b> El crecimiento automotor ha incrementado la contaminación ambiental desde esta nueva década donde la infraestructura vial, y el cambio climático ha afectado y deteriorado su infraestructura. Este trabajo hace un enfoque en la rehabilitación de la avenida Amazonas del cantón Durán en la provincia del Guayas, cuya propuesta innovadora es la aplicación de asfalto fotocatalítico, un material que contribuye a la reducción de gases contaminantes y durabilidad de la avenida en estudio. El objetivo general de este trabajo de investigación es analizar el deterioro de la avenida Amazonas para utilizar el asfalto fotocatalizador con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por la quema de combustible de los vehículos en el cantón Duran-provincia Guayas y Se desarrollan fundamentos teóricos sobre la fotocatalisis, aplicación de la rehabilitación del pavimento. En los resultados encontrados en este estudio son fallas que se presentan en la estructura de pavimento flexible son: fisuras y grietas, deterioro superficial, deterioro profundo. Las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones para futuras implementaciones de esta tecnología	

en otras infraestructuras viales. Así mismo, realizar posteriores investigaciones que evalúen el comportamiento del asfalto en diferentes condiciones climáticas.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
---	-----------------------------

**DIRECCIÓN URL (Web):**

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="checked" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/>
---------------------	---	--------------------------

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Apolinario Miranda Antony Daniel Viteri Almeida Martha Moraima	<b>Teléfono:</b> 0961752593 0988630725	<b>E-mail:</b> aapolinariom@ulvr.edu .ec mviteria@ulvr.edu.ec
--	--	--

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p>Mgtr. Marcial Calero Amores (Decano)  <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 260  <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mcaleroa@ulvr.edu.ec">mcaleroa@ulvr.edu.ec</a></p> <p>Mgtr. Jorge Torres R.  (Director de Carrera)  <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 242  <b>E-mail:</b> <a href="mailto:etorresr@ulvr.edu.ec">etorresr@ulvr.edu.ec</a></p>
------------------------------------	---

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

### TESIS FINAL APOLINARIO-VITERI.docx

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

2

[albergrass.com](http://albergrass.com)

Fuente de Internet

1%

3

[fotocatalisis.org](http://fotocatalisis.org)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.ulvr.edu.ec](http://repositorio.ulvr.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

5

[www.lavanguardia.com](http://www.lavanguardia.com)

Fuente de Internet

1%

6

[dspace.unach.edu.ec](http://dspace.unach.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

7

[blog.condorchem.com](http://blog.condorchem.com)

Fuente de Internet

1%

8

[repositorio.ucp.edu.pe:8080](http://repositorio.ucp.edu.pe:8080)

Fuente de Internet

1%

9

[biblioteca.uajms.edu.bo](http://biblioteca.uajms.edu.bo)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Antony Daniel Apolinario Miranda y Martha Moraima Viteri Almeida declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán corresponde totalmente a ellos suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

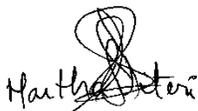
De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores:



Firma:

Antony Daniel Apolinario Miranda  
C.I. 095002965-2



Firma:

Martha Moraima Viteri Almeida  
C.I. 091777431-7

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán.**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **Ingeniería Civil** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán**, presentado por el (los) estudiante (s) **Antony Daniel Apolinario Miranda y Martha Moraima Viteri Almeida**, como requisito previo, para optar al Título de **Ingeniero Civil**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

Mgr. Teófilo Fernando Vallejo Remache

C.C.



## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido nuestro pilar principal y guía espiritual. En los momentos de mayor angustia, cuando no sabíamos qué camino tomar, ha dirigido con perseverancia y fortaleza, permitiéndonos avanzar y superar nuestras dificultades.

Con profunda estima y reconocimientos, extendemos nuestra más sincera gratitud a nuestro Tutor de tesis Mgtr. Teófilo Vallejo Remache, por su dedicación y su inestimable guía han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Nuestra gratitud se extiende a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, de excelencia académica que ha fomentado el desarrollo crítico para este trabajo de titulación.

**Apolinario Miranda Antony Daniel,**

**Viteri Almeida Martha Moraima**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis lo dedico primeramente a Dios y segundo a mi pareja por ser mi pilar fundamental ya que nunca dejo que me rindiera por cumplir esta meta, por ellos y por mi Familia.

**Apolinario Miranda Antony Daniel**

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Y a mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios. Su presencia en mi vida ha sido el pilar que me ha mantenido firme en los momentos de incertidumbre. Este logro es tan suyo como mío, porque sin ustedes, no hubiera sido posible.

**Viteri Almeida Martha Moraima**

## RESUMEN

El crecimiento automotor ha incrementado la contaminación ambiental desde esta nueva década donde la infraestructura vial, y el cambio climático ha afectado y deteriorado su infraestructura. Este trabajo hace un enfoque en la rehabilitación de la avenida Amazonas del cantón Durán en la provincia del Guayas, cuya propuesta innovadora es la aplicación de asfalto fotocatalítico, un material que contribuye a la reducción de gases contaminantes y durabilidad de la avenida en estudio. El objetivo general de este trabajo de investigación es analizar el deterioro de la avenida Amazonas para utilizar el asfalto fotocatalizador con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por la quema de combustible de los vehículos en el cantón Durán – provincia Guayas y Se desarrollan fundamentos teóricos sobre la fotocatalisis, aplicación de la rehabilitación del pavimento. En los resultados encontrados en este estudio son fallas que se presentan en la estructura de pavimento flexible son: Fisuras y grietas, deterioro superficial, deterioro profundo. Las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones para futuras implementaciones de esta tecnología en otras infraestructuras viales. Así mismo, realizar posteriores investigaciones que evalúen el comportamiento del asfalto en diferentes condiciones climáticas.

**Palabras claves:** Asfalto, Contaminación ambiental, Cambio climático, Combustible.

## ABSTRACT

Automobile growth has increased environmental pollution since this new decade where road infrastructure, and climate change has affected and deteriorated its infrastructure. This work focuses on the rehabilitation of Amazonas Avenue in Durán canton in the province of Guayas, whose innovative proposal is the application of photocatalytic asphalt, a material that contributes to the reduction of polluting gases and durability of the avenue under study. The general objective of this research work is to analyze the deterioration of Amazonas Avenue to use photocatalytic asphalt in order to mitigate the environmental impact caused by the burning of fuel from vehicles in the Duran canton - Guayas province and develop theoretical foundations on photocatalysis, application of pavement rehabilitation. In the results found in this study are failures that occur in the structure of flexible pavement are: Fissures and cracks, superficial deterioration, deep deterioration. The conclusions derived from the study and the recommendations for future implementations of this technology in other road infrastructures. Also to carry out further research to evaluate the behavior of the asphalt in different climatic conditions.

**Keywords:** Asphalt, Environmental pollution, Climate change, Fuel.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento Del Problema:.....	2
1.3 Formulación Del Problema:.....	3
1.4 Sistematización Del Problema .....	3
1.5 Objetivo General .....	4
1.6 Objetivos Específicos .....	4
1.7 Justificación.....	4
1.7.1 Justificación Teórica:.....	4
1.7.2 Justificación Práctica:.....	5
1.7.3 Justificación Ambiental:.....	5
1.8 Hipótesis.....	5
1.9 Línea De Investigación Institucional / Facultad. ....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1 Marco Teórico .....	7
2.1.1 Antecedentes .....	7
2.1.2 Fotocatálisis .....	10
2.1.2.1 Componentes que Intervienen en el Proceso Fotocatalítico. ....	11
2.1.3 El Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> ) .....	12
2.1.4 Una Isla Fotocatalítico.....	12
2.1.5 Isla de Calor Urbano .....	12

2.1.6 Asfalto Fotocatalítico .....	12
2.1.7 Albedo .....	13
2.1.8 Reología Del Asfalto.....	13
2.1.9 Asfalto .....	14
2.1.10 Expansión Y Contracción Térmica .....	14
2.1.11 Pavimento .....	14
2.1.11.1 Clasificación de los Pavimentos.....	15
2.1.11.1.1 Pavimentos Rígidos. ....	15
2.1.11.1.2 Pavimentos Articulado.....	16
2.1.11.1.3 Pavimentos Flexibles. ....	16
2.1.12 Estructura de un Pavimento Flexible.....	17
2.1.13 Tipos de Fallas en los Pavimentos Flexibles.....	19
2.1.14 Deterioro Superficial Del Pavimento.....	24
2.1.15 Baches en Carpetas Asfálticas y Tratamientos Superficiales. ....	24
2.1.16 Mezcla Asfáltica .....	31
2.1.17 Arena.....	32
2.1.18 Grava Triturada .....	32
2.1.19 Ligante Asfaltico .....	33
2.2. Marco Legal: .....	34
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	34
2.2.2 Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. .....	34
2.2.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida.....	35
2.2.4 Ministerio y Transporte de Obras Públicas en sus capítulos.....	35
2.2.5 Normas Técnicas Ecuatorianas.....	35
2.2.6 Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) .....	36

2.2.7 Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.....	36
2.2.8 Ley De Gestión Ambiental, Codificación. ....	36
2.2.9 Norma Técnica Ecuatoriana [NTE] INEN 2060. ....	37
2.2.10 Norma Ecuatoriana Vial Nevi-12 - Volumen N.º 3 Especificaciones Generales Para La Construcción De Caminos Y Puentes. ....	37
2.2.11 Norma Ecuatoriana Vial Nevi-12 - Volumen Nº 6 Conservación Vial. ....	38
2.2.12 Código Orgánico Del Ambiente. ....	38
2.2.13 Resolución No. 15 149 - Ministerio De Industrias Y Productividad Subsecretaría De La Calidad. ....	39
CAPÍTULO III .....	40
MARCO METODOLÓGICO .....	40
3.1 Enfoque de la investigación: .....	40
3.2. Alcance de la investigación: .....	41
3.2.1 Alcance Descriptivo:.....	41
3.2.2. Alcance correlacional: .....	42
3.2.3 Alcance Exploratorio: .....	43
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	44
3.3.1 Uso de la Guía .....	45
3.3.2 Presentación de resultados de guía de observación.....	46
3.3.2.1 Datos Generales .....	46
3.3.2.2 Características Generales De La Vía .....	46
3.3.2.3 Inspección Visual De Fallas En El Pavimento .....	46
3.3.2.4 Condiciones Adicionales Del Pavimento .....	47
3.3.2.5 Registro Fotográfico Y Documentación.....	47
3.3.2.6 Conclusiones Preliminares De La Guía De Observación .....	47
3.3.3 Presentación de las 32 fallas observadas .....	47

3.4 Población y muestra.....	49
3.4.1 Población.....	49
3.4.2 Muestra.....	50
3.4.2.1 Tipos De Muestra En Investigación Cualitativa.....	50
CAPÍTULO IV.....	51
PROPUESTA.....	51
4.1 Presentación y análisis de resultados.....	51
4.1.1 Dimensiones de la avenida Amazonas:.....	51
4.1.1.1 Sección Transversal de la Avenida Amazonas.....	52
4.1.2 El Levantamiento Topográfico.....	52
4.1.3 Cálculo de TPDA.....	55
4.1.3.1 TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).....	55
4.1.3.2 TPDS (Tráfico Promedio Diario Semanal).....	55
4.1.4 Factor Mensual y Factor Diario.....	56
4.1.4.1 Tráfico Asignada.....	56
4.1.4.2 Tráfico Futuro.....	57
4.1.5 Propuesta de Diseño Vial.....	57
4.1.6 Fallas Presentadas en la Capa de Rodadura.....	67
4.1.7 Informe Técnico de la Avenida Amazonas.....	68
4.1.8 Método Constructivo para la Reparación de Baches.....	69
4.1.9 El Procedimiento para Trabajos de Bacheo Asfáltico.....	70
4.1.9.1 Ventajas del Bacheo.....	70
4.1.9.2 Desventajas del Bacheo.....	71
4.1.10 Rehabilitación Mediante el Uso de Asfalto Fotocatalítico de la Avenida Amazonas en el Cantón Durán.....	71

4.1.10.1 Definición de Pavimento Fotocatalítico. ....	73
4.1.10.1.1 Composición.....	73
4.1.10.1.2 Principios de Funcionamiento. ....	73
4.1.10.1.3 Descomposición de contaminantes.....	74
4.1.10.2 Beneficios Ambientales (Reducción de Contaminación). ....	74
4.1.11 Mezcla del Asfalto Normal y el Asfalto Fotocatalítico .....	75
4.1.11.1 Proceso de mezcla.....	76
4.1.12 Fórmula Maestra de Ambos Asfaltos .....	76
4.1.12.1 Asfalto Normal.....	76
4.1.12.2 Asfalto Fotocatalítico.....	76
4.1.13 Resultados de los Ensayos .....	76
4.1.13.1 Ensayo de Masa Unitaria Suelta.....	76
4.1.13.2 Ensayo de Masa Unitaria Varillada.....	77
4.1.13.3 Análisis Granulométrico.....	78
4.1.13.4 Análisis de Gravedad Especifica de los Sólidos.....	80
4.1.13.5 Control de calidad de mezclas asfálticas .....	82
4.1.13.5.1 Ensayo.....	82
4.1.14 Método Constructivo para la Reparación de Baches en la Avenida Amazonas .	83
4.1.14.1 Inspección y Diagnóstico.....	83
4.1.14.2 Equipos y Herramientas Necesarias.....	83
4.1.14.3 Procedimiento de Reparación de Baches.....	83
4.1.14.3.1 Preparación del área: .....	83
4.1.14.3.2 Limpieza del área: .....	84
4.1.14.3.3 Aplicación del riego de liga:.....	84
4.1.14.3.4 Colocación de la Mezcla Asfáltica Fotocatalítico:.....	84
4.1.14.3.5 Compactación: .....	84
4.1.14.3.6 Verificación y Limpieza Final: .....	84

4.1.15 Presupuesto de Obra y Rubros Empleados para la Rehabilitación de las Fallas .....	85
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES .....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Línea de Investigación ULVR .....	6
Tabla 2: Formato de Guía de Observación .....	44
Tabla 3: Presentación de resultados .....	46
Tabla 4: Presentación de resultados II .....	46
Tabla 5: Presentación de resultados III .....	46
Tabla 6: Presentación de resultados IV .....	47
Tabla 7: Presentación de resultados V .....	47
Tabla 8: Presentación de resultados VI .....	47
Tabla 9: Resultado de la guía de observación .....	47
Tabla 10: TPDA .....	55
Tabla 11: Factor Diario .....	56
Tabla 12: Factor Diario .....	56
Tabla 13: Calicata 1 .....	58
Tabla 14: Calicata 2 .....	58
Tabla 15: Calicata 3 .....	59
Tabla 16: Masa unitaria y varillada calicata 1 .....	62
Tabla 17: Masa unitaria y varillada calicata 2 .....	63
Tabla 18: Masa unitaria y varillada calicata 3 .....	64
Tabla 19: Porcentaje de Bitumen al 5.94% .....	65
Tabla 20: Porcentaje de Bitumen al 5.87% .....	65
Tabla 21: Aprobación del diseño de la mezcla asfáltica con dióxido de titanio .....	66
Tabla 22: Propiedades de la mezcla asfáltica .....	66
Tabla 23: Fallas encontradas Av. Amazonas-Cantón Durán .....	68
Tabla 24: Beneficios ambientales del pavimento fotocatalítico .....	74
Tabla 25: Formula maestra asfalto normal .....	76
Tabla 26: Formula maestra asfalto fotocatalítico .....	76
Tabla 27: Resultado del ensayo áridos para asfalto – determinación de masa unitaria suelta y porcentaje de huecos .....	77
Tabla 28: Resultado del ensayo áridos para asfalto – determinación de masa unitaria varilla y porcentaje de huecos .....	77

Tabla 29: Resultados del ensayo de clasificación .....	78
Tabla 30: Limites de Atterberg .....	79
Tabla 31: Resultados del ensayo de gravedad especifica de solidos de M1 .....	80
Tabla 32: Resultados del ensayo de gravedad especifica de solidos - Dióxido de titanio .....	81
Tabla 33: Resultado de las 3 muestras parte 1 .....	82
Tabla 34: Rubros empleados para la rehabilitación de la avenida Amazonas .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de pavimentos .....	15
Figura 2: Pavimento flexible .....	16
Figura 3: Capas de distribución de un pavimento flexible .....	17
Figura 4: Capa sub rasante del pavimento flexible .....	18
Figura 5: Carretera con grietas transversales .....	20
Figura 6: Representación gráfica de fisuras.....	21
Figura 7: Grietas en los bordes .....	22
Figura 8: Fisuras y grietas transversales y longitudinales.....	22
Figura 9: Fisuras y grietas reflejadas .....	23
Figura 10: Parches deteriorados .....	24
Figura 11: Baches de carpeta asfáltica .....	24
Figura 12: Ahuellamiento .....	25
Figura 13: Deformación transversal .....	26
Figura 14: Exudaciones.....	27
Figura 15: Desgaste superficial.....	28
Figura 16: Pérdida de áridos .....	29
Figura 17: Ondulaciones .....	30
Figura 18: Mezcla asfáltica.....	31
Figura 19: Ligante asfáltico .....	33
Figura 20: Falla presentada en la carpeta asfáltica de la avenida Amazonas.....	42
Figura 21: Falla presentada en la carpeta asfáltica de la avenida Amazonas.....	50
Figura 22: Ubicación de la avenida Amazonas, Durán .....	51
Figura 23: Longitud de la avenida Amazonas, Durán .....	51
Figura 24: Sección típica de la avenida Amazonas.....	52
Figura 25: Levantamiento topográfico parte 1 .....	53
Figura 26: Levantamiento topográfico parte 2.....	54
Figura 27: Levantamiento topográfico parte 3.....	54
Figura 28: Inicio y fin de la avenida Amazonas con un total de 1980 metros lineales...	55
Figura 29: Ensayo de compactación calicata 1 .....	59
Figura 30: Ensayo de compactación calicata 2 .....	60

Figura 31: Ensayo de compactación calicata 3 .....	60
Figura 32: Ensayo de CBR calicata 1-2-3 .....	61
Figura 33: Fallas en la carpeta asfáltica actual .....	67
Figura 34: Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+040.....	71
Figura 35: Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+080.....	72
Figura 36: Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+120.....	72
Figura 37: Proceso de ensayo en el material fotocatalítico .....	75
Figura 38: Resultados del Ensayo de Granulometría.....	78
Figura 39: Gráfica del resultado de los límites de Atterberg.....	79
Figura 40: Resultado de las 3 muestras parte 2.....	82
Figura 41: Pruebas de ensayo en 3 muestras (10%, 9% y 7% asfalto con dióxido de titanio) .....	82

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diseño de la guía observación con las fallas localizadas.....	97
Anexo 2: Estado de la avenida amazonas cantón Durán.....	98
Anexo 3: Diseño de la avenida amazonas en AutoCAD 2025 .....	98
Anexo 4: Levantamiento Topográfico desde abscisa 0+000 hasta 0+380 .....	101
Anexo 5: Levantamiento Topográfico desde abscisa 0+380 hasta 0+760 .....	102
Anexo 6: Levantamiento Topográfico desde abscisa 0+740 hasta 0+1080 .....	103
Anexo 7: Mezcla de agregados.....	104
Anexo 8: Baño de agua maría a 60 °C POR 30 minutos .....	104
Anexo 9: Compactación de asfalto por un total de 75 golpes .....	105
Anexo 10: Colocación de briqueta en mordaza Marshall .....	105
Anexo 11: Ensayo de Áridos para asfalto .....	106
Anexo 12: Análisis Granulométrico .....	107
Anexo 13: Gravedad especifica de los sólidos de un suelo muestra M1 .....	108
Anexo 14: Gravedad especifica de los sólidos de un suelo muestra Dióxido de Titanio .....	109
Anexo 15: Control de calidad asfáltica determinando el 7% de dióxido de titanio como optimo .....	110
Anexo 16: Diseño vial calicata C-1.....	111
Anexo 17: Diseño vial calicata C-1.....	112
Anexo 18: Diseño vial calicata C-2.....	113
Anexo 19: Diseño vial calicata C-2.....	114
Anexo 20: Diseño vial calicata C-3.....	115
Anexo 21: Diseño vial calicata C-3.....	116
Anexo 22: Hoja estratigráfica de Calicata 1 .....	117
Anexo 23: Hoja estratigráfica de Calicata 2 .....	118
Anexo 24: Hoja estratigráfica de Calicata 3 .....	119
Anexo 25: Ensayo de gravedad especifica C-1.....	120
Anexo 26: Ensayo de gravedad especifica C-2.....	121
Anexo 27: Ensayo de gravedad especifica C-3.....	122
Anexo 28: Ensayo de Compactación PROCTOR C-1.....	123

Anexo 29: Ensayo de Compactación PROCTOR C-2.....	124
Anexo 30: Ensayo de Compactación PROCTOR C-3.....	125
Anexo 31: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-1 .....	126
Anexo 32: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-1 .....	127
Anexo 33: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-2 .....	128
Anexo 34: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-2 .....	129
Anexo 35: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-3 .....	130
Anexo 36: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-3 .....	131
Anexo 37: Límites de Atterberg .....	132
Anexo 38: Volumen del material compactado para Ensayo Proctor .....	132
Anexo 39: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-1 .....	133
Anexo 40: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-2 .....	134
Anexo 41: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-3 .....	135
Anexo 42: Ensayo de Abrasión .....	136
Anexo 43: Granulometría de extracción y de banda .....	137
Anexo 44: Determinación del porcentaje de Bitumen y mezcla de agregados.....	138
Anexo 45: Granulometría de la mezcla de agregados .....	139
Anexo 46: Determinación del porcentaje de Bitumen y mezcla de agregados.....	140
Anexo 47: Granulometría de la mezcla de agregados .....	141
Anexo 48: Diseño de carpeta asfáltica parte 1 .....	142
Anexo 49: Diseño de carpeta asfáltica parte 2 .....	143
Anexo 50: Diseño de carpeta asfáltica parte 3.....	144
Anexo 51: Diseño de carpeta asfáltica parte 4.....	145
Anexo 52: Diseño de carpeta asfáltica parte 5.....	146
Anexo 53: Diseño de carpeta asfáltica parte 6.....	147
Anexo 54: Diseño de carpeta asfáltica parte 7.....	148
Anexo 55: Diseño de carpeta asfáltica parte 8.....	149
Anexo 56: Cronograma de actividades .....	150
Anexo 57: Ensayo de impacto ambiental .....	151

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país el crecimiento automotor ha incrementado la contaminación ambiental desde esta nueva década donde la infraestructura vial, y el cambio climático ha afectado y deteriorado su infraestructura. Este trabajo hace un enfoque en la rehabilitación de la avenida Amazonas del cantón Durán en la provincia del Guayas, cuya propuesta innovadora es la aplicación de asfalto fotocatalítico, un material que contribuye a la reducción de gases contaminantes y durabilidad de la avenida en estudio.

El objetivo general de este trabajo de investigación es analizar el deterioro de la avenida Amazonas para utilizar el asfalto fotocatalizador con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por la quema de combustible de los vehículos en el cantón Durán - provincia Guayas y se plantea analizar el deterioro de la avenida Amazonas, identificar las fallas producidas en la capa de rodadura de la avenida Amazonas para su clasificación y definir técnicamente el sistema constructivo para su rehabilitación utilizando el asfalto fotocatalizador en la avenida Amazonas en Durán.

Se desarrollan fundamentos teóricos sobre la fotocatalisis, aplicación de la rehabilitación del pavimento. En los resultados encontrados en este estudio son fallas que se presentan en la estructura de pavimento flexible son: Fisuras y grietas, deterioro superficial, deterioro profundo.

A lo largo del documento, se desarrollan los fundamentos teóricos sobre la fotocatalisis, la caracterización del asfalto fotocatalítico y su funcionamiento, así como su aplicación en la rehabilitación de pavimentos urbanos. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, Finalmente, se concluye que técnicamente el sistema constructivo para su rehabilitación utilizando el asfalto fotocatalizado en la Avenida Amazonas, es el bacheo en este caso superficial al no presentar daños en la parte estructural del pavimento. Como recomendaciones están la implementación gradual del asfalto fotocatalítico, monitoreo del impacto ambiental en la zona intervenida, Asimismo realizar posteriores investigaciones que evalúen el comportamiento del asfaltó en diferentes condiciones climáticas.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema:

Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán.

### 1.2 Planteamiento Del Problema:

El crecimiento acelerado del parque automotor en el cantón Durán ha incrementado significativamente la contaminación ambiental debido a la emisión de gases nocivos generados por la quema de combustibles fósiles, tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre. Estos contaminantes contribuyen al efecto invernadero y al deterioro de la calidad del aire, afectando la salud de la población y generando impactos negativos en el medio ambiente. Adicionalmente, las partículas suspendidas y otros compuestos emitidos por los vehículos pueden agravar enfermedades respiratorias y cardiovasculares en los habitantes del sector (Ministerio del Ambiente, 2016).

Por otro lado, la infraestructura vial del cantón Durán se enfrenta a un deterioro progresivo debido a la exposición constante a factores ambientales y al tráfico pesado (El Telegrafo, 2022). La avenida Amazonas, una de las principales vías de acceso y circulación en la zona, ha mostrado signos evidentes de desgaste en su pavimento, manifestados en fisuras, grietas y deformaciones en la capa de rodadura. Este daño no solo afecta la seguridad de los conductores y peatones, sino que también aumenta los costos de mantenimiento y reduce la vida útil de la vía.

Un factor adicional que agrava esta situación es el efecto de las islas de calor urbanas, provocado por la absorción y retención de calor en superficies asfaltadas. Esto no solo contribuye al incremento de la temperatura en la zona, sino que también

acelera el deterioro del pavimento, incrementando la necesidad de intervenciones constantes para su mantenimiento (Alvarado, 2023).

Ante esta problemática, se plantea la necesidad de una solución innovadora que permita mejorar la calidad del aire y prolongar la vida útil del pavimento. El uso de asfalto fotocatalítico surge como una alternativa viable, ya que este material incorpora dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), un compuesto que, al ser activado por la radiación solar, descompone contaminantes atmosféricos como los  $\text{NO}_x$  y otros compuestos nocivos, reduciendo su impacto ambiental. Además, este tipo de asfalto ofrece mayor durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas adversas, disminuyendo la necesidad de intervenciones frecuentes en la vía (Asociación ibérica de la fotocatalisis [AIF], 2011).

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo analizar el grado de deterioro de la avenida Amazonas y evaluar la factibilidad de aplicar asfalto fotocatalítico como una estrategia innovadora para su rehabilitación. Se espera que esta propuesta no solo contribuya a mejorar la infraestructura vial del cantón Durán, sino que también aporte beneficios ambientales y urbanos, alineándose con políticas de desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático (Andreu, 2022, p. 9).

### **1.3 Formulación Del Problema:**

¿De qué manera la rehabilitación de la avenida Amazonas utilizando asfalto fotocatalítico mejoraría el impacto ambiental en el cantón Duran - provincia del Guayas?

### **1.4 Sistematización Del Problema**

- ¿Cuáles son los daños presentados en la avenida Amazonas en Duran?
- ¿Qué material se utilizaría para la rehabilitación de la avenida Amazonas en Duran?
- ¿Cómo se rehabilitaría la avenida Amazonas para mejorar los problemas de sus habitantes?

## **1.5 Objetivo General**

Analizar el deterioro de la avenida Amazonas para utilizar el asfalto fotocatalizador con el fin de mitigar el impacto ambiental causado por la quema de combustible de los vehículos en el cantón Duran-provincia Guayas.

## **1.6 Objetivos Específicos**

1. Analizar el deterioro de la avenida Amazonas.
2. Identificar las fallas producidas en la capa de rodadura de la avenida Amazonas para su clasificación.
3. Definir técnicamente el sistema constructivo para su rehabilitación utilizando el asfalto fotocatalizador en la avenida Amazonas en Durán.

## **1.7 Justificación**

### ***1.7.1 Justificación Teórica:***

Se propone la rehabilitación de la Avenida Amazonas vía de segundo orden utilizando asfalto foto catalizado para mejorar la condición de vida de los habitantes de los sectores: Primavera 1, Héctor Cobos, Coop. 5 de junio, Abel Gilbert Portón I y Orama González, esta avenida cuenta con 1.220,43 metros lineales que se une con las avenidas Jaime Nebot Velasco y la principal de la ciudadela Orama González en la cual presta circulación a vehículos livianos, al transporte público, además de soportar el peso de los tanqueros que distribuyen agua a los sectores antes mencionados y a los camiones (El Universo, 2011, p. 6).

Considerando el deterioro de la avenida Amazonas producto de su uso operativo y de los impactos ambientales como temperatura, lluvia es necesario analizar su rehabilitación con el fin de mejorar la circulación de los vehículos evitando de esta forma futuros accidentes en la vía.

### **1.7.2 Justificación Práctica:**

Se plantea analizar las fallas presentadas en la capa de rodadura para establecer un sistema constructivo de rehabilitación de acorde a lo existente utilizando como material innovador el asfalto fotocatalizador, el cual ayuda a mitigar los impactos ambientales creados en el aire por la quema de combustible vehicular Diesel, gasolina.

El Asfalto Fotocatalítico, una tendencia innovadora y sostenible que mejora la calidad del aire ayuda en la parte ambiental librando al aire de contaminaciones producidas por la quema de combustible mejorando de esta forma la calidad de vida de los habitantes cercanos a la avenida Amazonas (Sorigue, 2022).

### **1.7.3 Justificación Ambiental:**

Los vehículos al circular por las calles y carreteras emiten gases contaminantes que producen daños al ser humano por lo tanto a la comunidad por medio de la quema de combustible es la generación del dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno (NOx) o los óxidos de azufre creando un verdadero problema ambiental.

## **1.8 Hipótesis**

La aplicación de asfalto fotocatalítico en la rehabilitación de la avenida Amazonas en el cantón Durán contribuirá significativamente a la reducción de contaminantes atmosféricos generados por la combustión de vehículos, tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx), mejorando la calidad del aire y disminuyendo el impacto ambiental en la zona. Además, el uso de este material innovador incrementará la vida útil del pavimento al proporcionar mayor resistencia a factores de deterioro como la exposición a altas temperaturas, la humedad y el tránsito vehicular pesado. Como resultado, se espera una reducción en los costos de mantenimiento a largo plazo y una contribución al desarrollo de infraestructuras viales sostenibles en el cantón Durán (Asociación ibérica de la fotocatalisis [AIF], 2011).

## 1.9 Línea De Investigación Institucional / Facultad.

**Tabla 1:** Línea de Investigación ULVR

<b>ULVR</b>	<b>Línea</b>	<b>Sub línea</b>
Territorio.	Medio Ambiente.	Materiales innovadores para la construcción.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte (s.f.)

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1 Antecedentes

El primer informe publicado sobre la foto reactividad fue elaborado por Renz en 1921. Sin embargo, el primer título que hacía referencia al término «foto-catálisis» no se publicó hasta 1964, en un artículo de Hauffe en el Journal of Catalysis. De acuerdo con Teichner, es interesante destacar que el concepto y el término «fotocatálisis heterogénea» se introdujo y desarrolló en Lyon en 1972, donde también se propusieron posibles soluciones fotocatalíticas a varios problemas medioambientales usando TiO<sub>2</sub> (Teichner, 2007, pp. 311-314).

Según Herrmann (1999), extendieron los primeros estudios sobre la fotocatalisis heterogénea de Lyon a aplicaciones medioambientales y contra la contaminación en el Instituto de Investigación sobre Catálisis (IRC). En 1999, la publicación de Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications in the removal of various types of aqueous pollutants, de J.M. Herrman, ganó un premio por ser uno de los 10 artículos más citados ese año en Catalysis Today.

En el año 2011, nace la Asociación Ibérica de Fotocatálisis (AIF). La AIF es una Asociación sin ánimo de lucro y de ámbito Ibérico, tiene como vocación la congregación de personas físicas y jurídicas involucradas en aspectos científicos e industriales de la fotocatalisis y sus aplicaciones constructivas en infraestructuras, fundamentalmente urbanas. La AIF, agrupa a empresas fabricantes de materiales de construcción fotocatalíticos, así como entes y otras asociaciones que aporten o quieran adoptar soluciones a la contaminación del aire mediante fotocatalisis (Asociación ibérica de la fotocatalisis [AIF], 2011).

En la actualidad la fotocatalisis es aplicada a los materiales de construcción presentes en fachadas y cubiertas de los edificios, o en los asfaltos de aceras y calzadas de las calles en las ciudades, sirve para descontaminar el aire de sustancias nocivas como pueden ser los NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> o COVs entre otros, mediante una reacción fotoquímica y en presencia de radiación solar (Certificados energéticos, 2016).

Es necesario definir los conceptos básicos del efecto fotocatalítico y su funcionamiento, para poder establecer los parámetros de reducción de isla de calor que se dan actualmente en la Avenida Amazonas, Durán.

En esta investigación se planteó como objeto de estudio la Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con Dióxido de Titanio. La metodología se adaptó a la investigación de tipo aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo, la población de estudio, incluyo 24 especímenes en total, 6 muestras patrón, 6 muestras con 2% de dióxido de titanio, 6 con 4% de dióxido de titanio y 6 con 8% de dióxido de titanio (Rivera Figueroa, 2022, p. 33).

Se llegó a la conclusión que el dióxido de titanio es un buen aditivo para mejorar sus propiedades mecánicas siendo la adición de 2% quien mejores resultados presento, logrando mejorar las propiedades de la mezcla, la estabilidad aumento de 1206kgs obtenidos en la muestra patrón a 1460.8kgs. En cuanto a la propiedad fotocatalítica de degradación se llegó a la conclusión que la mezcla es capaz de degradar al colorante orgánico rodamina B, mostrando los mejores resultados con la adición de 8 % Tio<sub>2</sub>, para R4 con 8% de dióxido de titanio se obtuvo un porcentaje de 11.76% y para R26 con 8% de dióxido de titanio arrojó una degradación de 28.49, aun así la mezcla no puede ser considerada como material fotocatalítico debido a que no supero las especificaciones técnicas de la norma utilizada.

Según Huaquisto Balcona y Ticona Quispe (2022) en la tesis Tecnologías Fotocatalíticas para la reducción de los Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) explican lo siguiente:

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la tecnología fotocatalítica más efectiva para la reducción de óxidos de nitrógeno. El método utilizado fue buscar

en la base de datos Science Direct artículos científicos sobre nuestro tema de investigación; con un enfoque cualitativo y diseño de investigación no experimental.

Los resultados observados en cuanto a los tipos de tecnologías fotocatalíticas son: Pavimento fotocatalítico, pinturas fotocatalíticas y arcillas fotocatalíticas. Siendo algunas tecnologías fotocatalíticas más efectivas y prometedoras que otras.

En cuanto al funcionamiento de dichas tecnologías se da gracias al proceso de fotocatalisis con la intervención de un Fotocatalizador (Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), Nitruro de carbono polimérico (PCM), pentóxido de tántalo ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) entre otros).

Referente a los efectos en la salud producida por los óxidos de nitrógeno, se identificaron las siguientes enfermedades: Bronquitis en niños asmáticos, asma, neumonía, cáncer de pulmón, irritación en la piel, entre otros. En conclusión, se identificó con los datos recopilados de diversos autores que la tecnología fotocatalítica más efectiva y con mejores resultados para la reducción de óxidos de nitrógeno es el pavimento fotocatalítico (obteniendo una efectividad al reducir la concentración de óxidos de nitrógeno en calles pavimentadas con  $\text{TiO}_2$  en un 3,70 % - 4,31 %).

Según Segura Montoya y Camelo Manzanares (2019) de la Universidad Piloto de Colombia seccional de alto Magdalena expresa lo siguiente: El crecimiento de la sociedad en los últimos años ha contribuido al aumento nuevas construcciones innovadoras y sostenibles, así mismo la sociedad es cada vez más consiente de la necesidad de cuidar el medio ambiente y en la misma medida el aire que respiramos, en los últimos años se ha reflejado que el sector de la construcción busca ser parte de la solución a problemas de contaminación contribuyendo con la implementación de nuevos materiales y métodos de construcción que sean amigables con el medio ambiente.

Las nuevas tecnologías pueden ser la clave para corregir la afectación ambiental por emisiones de dióxido de carbono dadas por fuentes fijas y fuentes móviles, dentro de las investigaciones actuales, se ha demostrado que la inclusión de materiales fotocatalizadores como el dióxido de titanio aplicado en unidad nanométrica activa por medio de un proceso de oxidación la degradación de

contaminantes nocivos encontrados en el aire, este material ha sido estudiado para implementar en materiales como vidrio, pintura y cemento con el fin de conseguir materiales que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas.

La efectividad de la fotocatalisis en Colombia está demostrada en diferentes investigaciones y ha sido analizada en morteros, pero muy poco en la influencia en el concreto, este proyecto pretende favorecer las investigaciones hechas en el país estudiando mediante los ensayos planteados las propiedades físicas y químicas del concreto hecho a partir de agregados reciclados de desechos de cantera adicionado con dióxido de titanio  $TiO_2$  en diferentes porcentajes y el desempeño por medio de muestras expuestas en la región del alto magdalena.

Los pavimentos fotocatalíticos tienen una capa de óxido de titanio el cual es un material semiconductor que ayuda a desactivar los óxidos de nitrógenos emitidos por los vehículos cuando queman combustible ya sea gasolina o diésel.

Por lo tanto, los pavimentos fotocatalíticos permiten reducir la contaminación atmosférica mejorando la calidad del aire, la reacción química natural por la cual la energía solar se transforma en energía química al interactuar con un catalizador eliminando contaminantes como el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) o los óxidos de azufre.

De la misma manera, los pavimentos fotocatalíticos permiten transformar los contaminantes orgánicos en aguas y partículas inocuas aportando un componente de desinfección y limpieza a los pavimentos.

### **2.1.2 *Fotocatálisis***

La fotocatalisis se puede definir como una reacción de oxidación que se produce cuando una fuente de luz (natural o artificial) activa un catalizador (principio activo, usualmente dióxido de titanio o derivado) en presencia de oxígeno (AIF, 2020, p. 25).

Se trata de un proceso parecido a la fotosíntesis, pero aplicado a las superficies urbanas, el proceso de la fotosíntesis es conocido y estudiado en las escuelas: gracias a la clorofila de sus tejidos y en presencia de radiación solar, las plantas transforman el CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, una sustancia nociva que puede llegar a ser mortal, en O<sub>2</sub>, oxígeno puro. La fotocatalisis es un proceso similar: en presencia de radiación solar, los materiales tratados con TiO<sub>2</sub>, dióxido de titanio, degradan un buen número de compuestos presentes en la contaminación urbana, transformándolos en residuos sólidos inocuos y evacuables por lluvia o lavados (Andreu, 2022, p. 9).

Podemos explicar la fotocatalisis como una reacción química en la que interviene una fuente de luz o radiación y un catalizador que acelera la reacción. Estas reacciones pueden ser tanto de oxidación de compuestos orgánicos, como de reducción de iones inorgánicos y otros compuestos orgánicos (Albergrass, s.f.).

#### **2.1.2.1 Componentes que Intervienen en el Proceso Fotocatalítico.**

Un Fotocatalizador: Es un material semiconductor que actúa acelerando la velocidad de las reacciones químicas de oxidación. El más utilizado es el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) por su bajo coste y su capacidad para mineralizar los contaminantes y no generar otras sustancias nocivas (Alvarado, 2023).

Un oxidante: Se utiliza el oxígeno para que el fotocatalizador pueda oxidarse y realizar su función dentro de la reacción química. Un elemento que suministra electrones, se necesita este elemento químico para que se obtengan los electrones necesarios para la reacción química y permitan la oxidación de los contaminantes (Alvarado, 2023).

Radiación O Luz Solar: Es necesario una fuente de luz, ya sea natural o artificial, para que el fotocatalizador pueda acelerar la velocidad de la reacción. (Albergrass, s.f.)

### **2.1.3 El Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>)**

Presenta una elevada estabilidad química y es apto para trabajar en un amplio rango de pH. Además, su costo es bajo ya que el titanio es el noveno compuesto más abundante en la corteza terrestre. Puede encontrarse en estado oxidado como tres formas cristalinas distintas: brookita, rutilo y anatasa, siendo esta última la más activa desde el punto de vista fotocatalítico (Cabañas Vargas et al., 2019, pp. 51-61).

El dióxido de titanio, concretamente, se activa mediante luz UV-A, que supone aproximadamente un 5% de la luz solar. Este proceso propicia la mineralización total o parcial de determinados contaminantes y evita la acumulación de especies o partículas indeseables en el material. Los materiales mineralizados, tras la reacción química, son habitualmente eliminados mediante limpieza. En el caso de exteriores, mediante agua de lluvia o limpiezas con agua o con desengrasantes (AIF, 2020).

### **2.1.4 Una Isla Fotocatalítico**

Viene a ser una conjunción de diversos productos descontaminantes aplicados en un mismo enclave (Certificados energéticos, 2014).

### **2.1.5 Isla de Calor Urbano**

Se conoce como isla de calor urbano ICU al aumento de temperatura de la ciudad con relación al medio rural inmediato este fenómeno se debe a las complejas estructuras urbanas que se han diseñado, a la predominancia de superficies impermeables y fuentes de calor antropogénico (Campoverde Silva, 2024, p. 9).

### **2.1.6 Asfalto Fotocatalítico**

Básicamente, es un asfalto en el que se ha introducido una capa de óxido de titanio. *Este compuesto se trata de un material semiconductor*, explica Giménez, que ayuda a desactivar los óxidos de nitrógeno que emiten los vehículos cuando queman combustible, tanto diésel como gasolina (Alvarado, 2023).

### **2.1.7 Albedo**

Se define como la proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la que se refleja (Real Academia Española [RAE], s.f.).

El albedo es la propiedad que tiene cualquier cuerpo de reflejar una radiación incidente. Cuanto más claro es la superficie de un cuerpo, más capacidad de reflejar la radiación incidente y por tanto, mayor es su albedo. Aplicado a la superficie de la Tierra, cuanto más albedo, mayor energía refleja al espacio (Desqbre, s.f.).

En general, este efecto hace referencia a los cuerpos planetarios y la luz del Sol que reflejan en el espacio. En el caso de la Tierra, la cantidad de luz solar que refleja al espacio es de 30% a 35%. La relación de un alto albedo para la Tierra hace que retenga menos energía y su albedo sea menor (Gaiambiente, 2022).

### **2.1.8 Reología Del Asfalto**

La reología es la ciencia que estudia la respuesta interna de los materiales cuando se deforman producto de un esfuerzo aplicado. Para aprender acerca de las propiedades reológicas de cualquier material se debe medir la deformación resultante de un esfuerzo aplicado o la fuerza requerida para producir una deformación determinada (Bitafal, 2020).

La reología se puede definir como la ciencia encargada del estudio de la deformación y el flujo de los materiales, el comportamiento reológico del asfalto depende de la temperatura del asfalto y la duración de la carga Frecuencia, alta temperatura y corto tiempo equivalen a baja temperatura y mayor tiempo (Delgado Castro, 2003).

### **2.1.9 Asfalto**

El asfalto se clasifica como material visco elástico, porque exhibe características viscosas y elásticas simultáneamente, es decir que es un material de comportamiento intermedio entre el sólido de Hooke (elástico) y el líquido de Newton (viscoso). A temperaturas elevadas ( $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), el cemento asfáltico se comporta como un fluido viscoso (muestra la consistencia de un lubricante utilizado como aceite para motores), mientras que a bajas temperaturas ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se comporta casi como un sólido elástico (como una banda de goma). Cuando se aplica una carga, el ligante se estira o comprime adoptando diferentes formas, cuando se retira la carga, retorna a su forma original. A una temperatura intermedia, que es la condición prevista para el asfalto, el cemento asfáltico tiene características de fluido viscoso y sólido elástico (Asphalt Institute, s.f.).

### **2.1.10 Expansión Y Contracción Térmica**

Las variaciones de temperatura son una de las principales causas de las grietas en el asfalto. Cuando la temperatura fluctúa, el asfalto se expande y se contrae. Esto puede debilitar la estructura y provocar la formación de estas. Los cambios bruscos de temperatura, especialmente cuando se alternan ciclos de congelación y descongelación, pueden ser especialmente dañinos (Alvarado, 2023).

### **2.1.11 Pavimento**

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito (Loyola Alama, 2014).

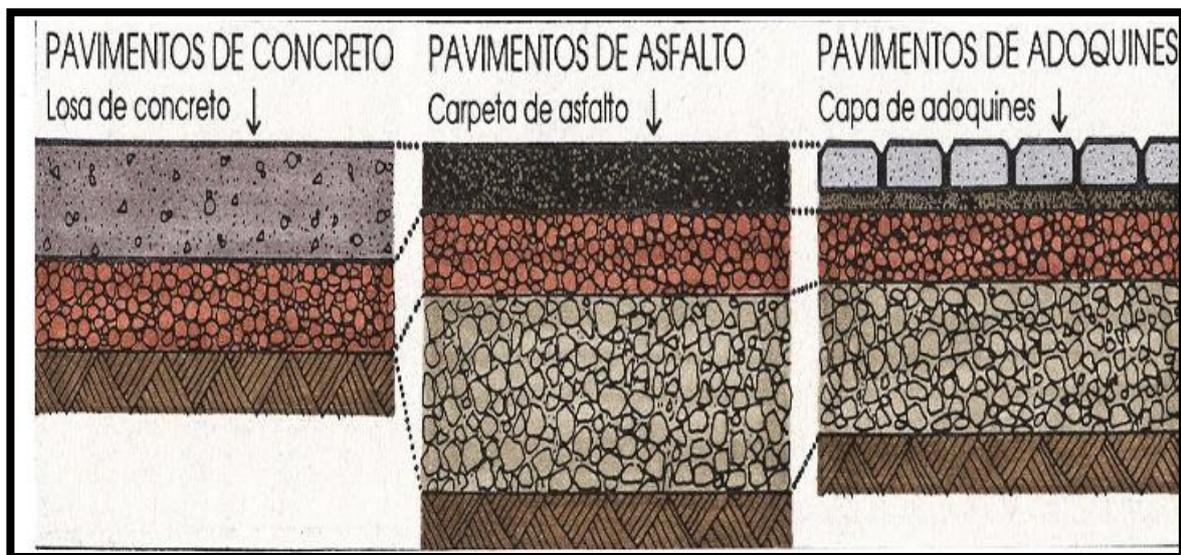
Estas estructuras en capas colocadas sobre la superficie de la carretera obtenida al mover el suelo durante el proceso de investigación deben resistir suficientemente las fuerzas aplicadas por las cargas de tráfico repetidas durante el diseño de la estructura del pavimento (Delgado Castro, 2003).

El pavimento debe cumplir varias funciones como:

- Resistente a las cargas del tránsito vehicular.
- Resistente a los agentes de meteorización (desgastes y desintegración).
- Tener una textura resistente al desgaste de la velocidad vehicular.
- La vía debe tener una adecuada pendiente longitudinal y transversal para un adecuado manejo vehicular.
- Debe ser económica y eficiente para el tiempo de duración estipulado de la Vía.
- Drenaje superficial acelerado.

### 2.1.11.1 Clasificación de los Pavimentos.

Figura 1: Tipos de pavimentos



Fuente: Pavimentos (2019)

#### 2.1.11.1.1 Pavimentos Rígidos.

Su superficie de rodadura es una losa de hormigón soportada por capas de diferentes materiales. Este tipo de revestimiento no puede sufrir deformaciones de la capa base sin sufrir daños estructurales. Está soportado por una capa de material y soportado por láminas de cemento hidráulico. Gracias a la base de hormigón, pueden soportar cargas pesadas. Este tipo de revestimiento es muy duradero, dura mucho tiempo y es

fácil de construir. Hay diferentes categorías como reforzado, simple, pretensado, etc. Son ampliamente utilizados en ciudades y plantas industriales (Olbap, 2020).

#### **2.1.11.1.2 Pavimentos Articulados.**

Los pavimentos articulados están conformados por una superficie de rodadura compuesta por bloques prefabricados de concreto, conocidos como adoquines, los cuales tienen un espesor uniforme y dimensiones iguales entre sí. Esta capa se puede colocar sobre una fina capa de arena, que a su vez descansa sobre una base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de su calidad y de la intensidad y frecuencia de las cargas que transitarán por el pavimento (Bayas Araujo, 2023).

#### **2.1.11.1.3 Pavimentos Flexibles.**

Corresponden a pavimentos que tienen en su capa superior concreto asfáltico o distintos tratamientos superficiales. Sus capas inferiores de base y de sub-base son generalmente granulares o tratadas. Tales capas van mejorando desde la parte inferior más cercana al terreno natural hacia la superficie.

Debido al mecanismo de transferencia de tensiones por deformación, se les conoce como pavimentos flexibles (De Solminihac y otros, s.f.).

**Figura 2:** Pavimento flexible



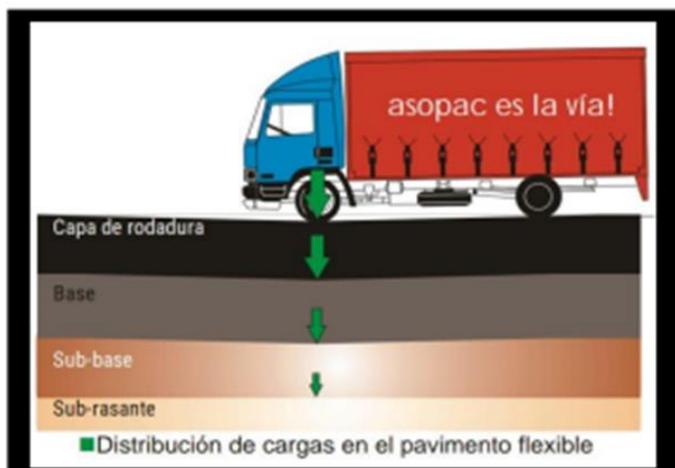
Fuente: Inge Civil (2018)

### 2.1.12 Estructura de un Pavimento Flexible

Los elementos y capas de la estructura de un pavimento flexible son la que se mencionan a continuación:

Capa de Rodadura: Esta capa de rodadura está compuesta por un material pétreo al que se le agrega un producto asfáltico que ayuda al aglutinamiento de las cargas producidas por los vehículos. Ayuda a que la mayor cantidad de agua del drenaje llegue a la base, ya que posee la menor permeabilidad, esta capa de rodadura es producida y colocada en la obra caliente (Delgado Castro, 2003, p. 5).

**Figura 3:** Capas de distribución de un pavimento flexible



Fuente: Oyala Castro (2023)

Capa Base: Es la capa estructural la que recibe la mayor parte del esfuerzo, y la capa superior se queda allí. La subrasante ayuda a proporcionar el espesor de pavimento general necesario para garantizar que pueda soportar los volúmenes de tráfico esperados durante la vida útil del proyecto.

Por lo general, está hecho de material granular seleccionado mezclado con agregado fino y grueso, aunque también se usa la llamada base negra, que es una capa de mezcla asfáltica que se coloca debajo de la superficie de la carretera para agregar estructura (Bitafal, 2020).

Capa Sub-base: Esta capa ayuda a que la capacidad del material sea de mayor resistencia a la del suelo compactado, permitiendo reducir el espesor de la siguiente base, es decir de la capa base. Este material puede ser grava, residuos materiales de canteras, entre otros, su absorción de agua debe ser inferior a un 35%, además que ayuda en la reducción del costo del pavimento (Delgado Castro, 2003, p. 6).

Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada): La subrasante mejorada es el suelo del terraplén compactado a cierta profundidad en base a las indicaciones técnicas del proyecto o dependiendo a la naturaleza.

Subrasante: Es la topografía natural sobre la que descansa toda la estructura del pavimento, es decir, no forma parte de la estructura en sí. Sin embargo, la capacidad portante básica es un factor fundamental que afecta directamente la selección del espesor total del recubrimiento. Su propósito es soportar la carga del tráfico en el pavimento, transferir y distribuir la carga al cuerpo del terraplén, evitar que el material plástico fino del cuerpo del terraplén contamine la superficie de la carretera y proteger la superficie de la carretera (Construneic, 2024).

Figura 4: Capa sub rasante del pavimento flexible



Fuente: Slide Player (s.f.)

### **2.1.13 Tipos de Fallas en los Pavimentos Flexibles.**

Los tipos de fallas del pavimento flexible se pueden identificar mediante la conducción de un estudio realizado una vez al año, ya que nos permite determinar la falla de cada una de las estructuras del pavimento flexible. También el tipo de alcance, las cargas vehiculares, el agua, materiales utilizados, el cálculo de cada base y sub-base que estén correctamente aplicados, de esta manera se puede conocer el origen y causa del error (Construneic, 2024).

Estas inspecciones se las realiza de forma visual y técnica, se debe considerar las perturbaciones de la naturaleza de los terrenos. Existen diferentes tipos de fallas presentadas en la estructura del pavimento flexible, entre las cuales tenemos: (Construneic, 2024).

- Fisuras y Grietas.
- Deterioro superficial.
- Otros deterioros.

Fisuras y grietas por fatigas: Son fisuras que están interconectadas con una serie de patrones irregulares que se encuentran generalmente en áreas de carga cíclica. Las fisuras generalmente se inician en la parte inferior de la capa de asfalto donde las tensiones de tracción son mayores bajo carga y se asemejan a la piel de cocodrilo. Este tipo de daño no es común con las capas de asfalto colocadas sobre pavimento de concreto (Construneic, 2024).

Las posibles causas que se presentan con más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica son las siguientes:

- Carencia de espesor de la estructura asfáltica.
- Deformaciones de la capa subrasante
- Endurecimiento de la mezcla asfáltica en zonas de carga, las cuales pueden ser por oxidación o envejecimiento del asfalto.
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.

- Deficiencia de compactación de las capas granulares o asfálticas
- Deficiencias en la realización de la mezcla asfáltica, esto se debe al exceso de mortero usado en la mezcla y uso asfalto de alta penetración
- Implementación de reparaciones mal realizadas y ejecutas que no corrigen el daño presentado,
- Juntas mal realizadas e implementadas.

**Figura 5:** Carretera con grietas transversales



Fuente: Cueva del Ingeniero (s.f.)

Fisuras y grietas en bloque: Este tipo de fisuras causa que la superficie asfáltica se divida en bloques más o menos rectangulares, estas fallas se presentan en áreas debidamente estresadas por las cargas vehiculares, a diferencia de la piel de cocodrilo, mientras que los bloqueos generalmente ocurren en áreas no estresadas por la carga. Sin embargo, se puede encontrar grietas y fisuras en bloque que han ido evolucionado hasta llegar a la piel de cocodrilo debido al tránsito (Construneic, 2024).

Posibles Causas:

- Una de las principales causas de estrés por deformación en la mezcla es el envejecimiento de la mezcla o el uso de asfalto inadecuado para el clima local, es decir debido a las fluctuaciones de la temperatura que se presentan a lo largo del día se provoca el agrietamiento en bloques.

- Carencia de capacidad para soportar la subrasante, debido al inadecuado espesor del pavimento.
- Reflejo de las grietas de los materiales utilizados como base.
- Combinación de cambio de volumen del agregado fino en mezclas asfálticas usando asfalto de baja penetración.

**Figura 6:** Representación gráfica de fisuras



Fuente: Villarroel (2016)

Grietas de borde: Estas grietas de borde tienden a presentarse de forma semicirculares longitudinalmente halladas a lado o cerca de los filos de la carretera y generalmente se deben a la ausencia de berma o a la diferencia de entre la berma y la calzada. Suelen estar en tiras paralelas a los laterales con una grieta de hasta 0,60 m2 (Construneic, 2024).

Las posibles causas que la provocan son las siguientes:

- La falta de bordillos en la calzada
- El ancho insuficiente de la berma o las carpetas que llegan al borde de un callejón y tienen bermas irregulares. En tales casos, se crean grietas a medida que el tráfico circula muy cerca del borde.

**Figura 7:** Grietas en los bordes



Fuente: Tecnol technics (2023)

Las grietas y fisuras. Son roturas presentadas en la capa asfáltica en el sentido de la marcha o en ángulo recto con ella. Indican la presencia de esfuerzos de tensión en una de las capas de la estructura más allá de la resistencia de los materiales involucrados.

**Figura 8:** Fisuras y grietas transversales y longitudinales



Fuente: Villarroel (2016)

La ubicación de las grietas en los carriles puede ser una señal que nos indique las causas por las que fueron provocadas, debido a que las grietas que se encuentran en tráfico vehicular abundante muestran fatiga en todas las partes de la estructura. (Construneic, 2024)

Las causas de este tipo de fisuras y grietas pueden ser:

- Pérdida de flexibilidad por falta de refuerzo en la mezcla.
- Reflexión de grietas de las capas superiores conformadas por las fisuras longitudinal.
- Fatiga de la superficie por las huellas del tránsito conformando fisuras transversales.
- Carencia de liga y espesor en la primera capa rodadura.

- Producto de la rigidez de los materiales se realiza un contacto entre terraplén y los cortes de la subrasante.
- Reflejo de las grietas y fisuras en la superficie tanto transversal como longitudinal.

**Figura 9:** Fisuras y grietas reflejadas



Fuente: Villarroel (2016)

Las grietas y fisuras de este tipo son causadas por la mezcla entre dos capas, es decir. cuando la capa de pavimento asfáltico está sobre la capa de pavimento rígido., ya que presentan patrones regulares al mezclarse entre sí o también las grietas presentadas en el pavimento rígido se reflejan hasta la superficie dando como resultado un patrón irregular (Construneic, 2024)

Causas que provocan la grietas y fisuras:

- Se producen mediante el movimiento de bloques formados por juntas entre placas duras de pavimento o fisuras existentes en las mismas por cambios de temperatura y humedad.
- Generalmente no son causados por cargas de tráfico,
- Estas pueden causar grietas en el área y aumentar la severidad del daño.

### **2.1.14 Deterioro Superficial Del Pavimento**

**Figura 10:** Parches deteriorados



Fuente: Villarroel (2016)

Los parches deteriorados son áreas de pavimento que han sido extraídos y reparados con materiales de la misma calidad o diferentes, y que con el pasar el tiempo estos parches se han deteriorado (Construneic, 2024).

Causas:

- Usar este parche para una solución rápida al problema, usando una base que no está suficientemente compactada para aplicar.
- Recubrir el área afectada sin solucionar la causa que la provoco, causando irregularidad en las juntas de la zona deterioradas.
- Aplicar un parche sin consideras la problemática, siendo no compatible con la estructura y características de la subrasante.
- Parche mal diseñado/ materiales utilizados.

### **2.1.15 Baches en Carpetas Asfálticas y Tratamientos Superficiales.**

**Figura 11:** Baches de carpeta asfáltica



Fuente: Tecnol technics (2023)

Un vacío generalmente redondeado que se crea cuando se decapa la mezcla asfáltica. Al menos una de sus dimensiones debe ser superior a 150 mm para ser considerado un bache (Construneic, 2024).

Posibles Causas:

- Insuficiencia en la estructura del pavimento
- Deficiencia de la subrasante.
- Drenaje inapropiado o defectuoso.
- Deficiencia de construcción.
- Derrame de productos inflamables, hidrocarburos, aceite o quemar solventes sobre la superficie del pavimento.

**Figura 12:** Ahuellamiento



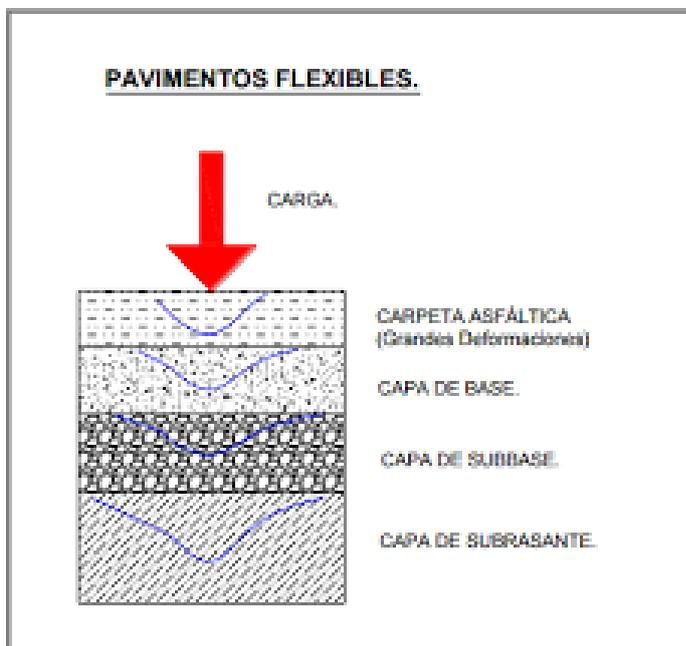
Fuente: Oyala Castro (2023)

Un descenso en el área que se encuentra en la huella de un neumático de un vehículo. A menudo con zonas deprimidas adyacentes y elevación del área de la fractura. La formación de surcos puede provocar fallas estructurales en el pavimento y causar hidro planeo debido a la retención de agua (Delgado Castro, 2003, p. 8).

Posibles Causas:

- El ahuellamiento es causado principalmente por la deformidad de la subrasante.
- La deformación de las capas también son la causante
- Son creadas por la fatiga constante del pavimento por la carga repetida de los vehículos.
- La alteración del ahuellamiento tiene aumentar del cambio de clima frio a climas cálidos.
- Carencia de compactación de las capas durante la construcción de la vía.
- Uso de asfalto blando o agregados redondeados.

**Figura 13:** Deformación transversal



Fuente: Macías Navarrete (2019)

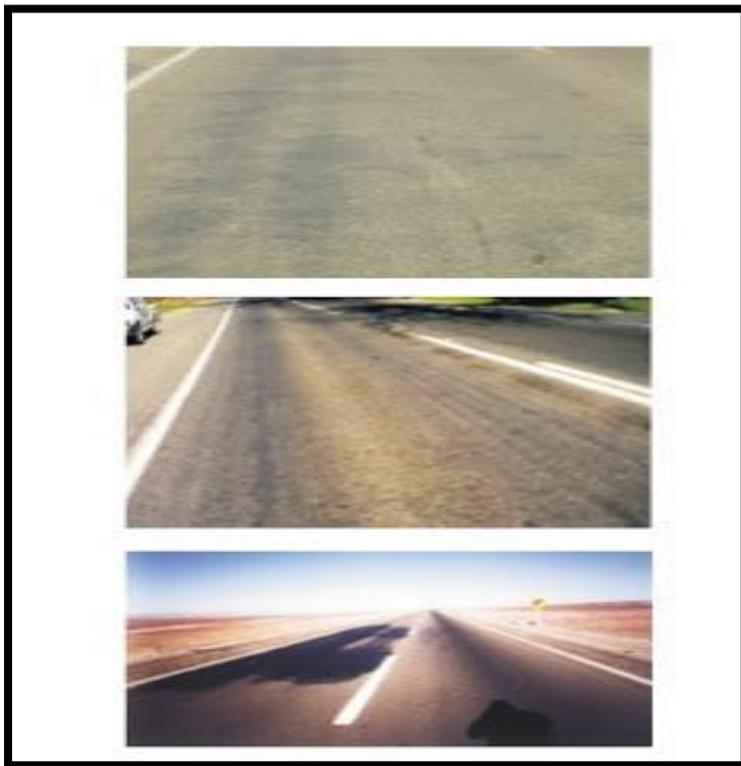
La deformación transversal es provocada por el desplazamiento de las grietas que son causadas por una mala adherencia entre las carpeta superior e inferior. La carencia de adhesión puede ser causada por la aparición de aceite, polvo y agua, u

otras sustancias no adhesivas entre estas dos carpetas. En general, el riego sin liga resultará en una adherencia insuficiente. Una compactación insuficiente puede desintegrar el vínculo que existen entre la carpeta superior e inferior (Delgado Castro, 2003, p. 5).

Posibles Causas:

- Carencia de estructura del pavimento para el nivel de solicitudes del pavimento.
- Drenaje incompatible con la estructura de la obra
- Problemas presentados en la construcción y no han sido seleccionados.
- Derrame de solventes
- Quema de productos químicos sobre el pavimento.

**Figura 14:** Exudaciones



Fuente: Mantenimiento de carreteras (2013)

Según Cervantes Calvo y Salas Chaves (2016), la filtración es un daño en la superficie de una mezcla asfáltica colocada como capa de rodadura, en la que se ve ascender de la mezcla el producto liso del asfalto junto con las partículas finas de los áridos que la componen. Esta mezcla de material fino y asfalto se denomina masilla

asfáltica. Las fugas son causadas por exceso de betún o vacíos bajos en la mezcla. Además, puede ser causado por el uso excesivo de imprimador o adhesivo durante la construcción, lo que resulta en un cambio en el contenido de betún de la mezcla de diseño.

Posibles Causas:

- Problemas de resistencia.
- Exceso de materiales en la mezcla de asfalto.
- Carencia de porosidad en la mezcla.
- Provoca afloramiento de material de solventes, creando una superficie resbaladiza y brillante.

**Figura 15:** Desgaste superficial



Fuente: Humpiri Pineda (2015)

Corresponde principalmente al deterioro de las vías por el tráfico, la acción abrasiva o erosiva. Esto se expresa como pérdida de ligante y mortero. A menudo se ve por donde pasan los coches. Este daño acelera el deterioro de las carreteras debido a la exposición del ambiente y tráfico vehicular (Delgado Castro, 2003, p. 9).

Causas posibles:

- El deterioro del pavimento es generalmente el desgaste de la superficie, pero las ocurrencias tempranas de severidad moderada a alta pueden estar asociadas con un endurecimiento significativo del asfalto.
- Falta de adherencia entre el asfalto y el agregado.
- Cantidad insuficiente de asfalto en la mezcla.
- Gran exposición al agua u otros abrasivos distintos del tráfico.

**Figura 16:** Pérdida de áridos



Fuente: Unifort (s.f.)

También llamada degradación, corresponde a la degradación de la superficie de la capa de desgaste debido a la pérdida paulatina de áridos, lo que resulta en una superficie rugosa y una mayor exposición del material al tráfico y la intemperie. Este tipo de áridos es común en las áreas superficiales, es decir es notorio cuando aparecen rayas en rumbo del riego, presentadas en formas de estrías (Delgado Castro, 2003, p. 8).

Posibles Causas:

- Uso de materiales contaminados, mezclado con finos y absorbentes de agua.
- Mala aplicación del ligante en las superficies.
- Problemas de adherencia entre el asfalto y la liga (agregados).

- Cambio de clima cuando se está aplicando el ligante asfáltico.
- Deficiencia de materiales para endurecimiento del asfalto
- Mala compactación aplicada la mezcla asfáltica.
- Contaminación de las capas con productos solventes (aceite, agua, etc.).

**Figura 17:** Ondulaciones



Fuente: Mantenimiento de carreteras (2013)

Daños en los que la superficie del camino es ondulada, generalmente perpendicular a la dirección del tránsito, y por lo general de menos de 1,0 m de longitud entre crestas (Delgado Castro, 2003, p. 10).

Causas posibles:

- Deformación presentada en el pavimento flexible, causada por pérdida de mezcla debido al cambio de clima.
- Carencia de ligante de buena calidad o agregados, estas ondulaciones se presentan en las zonas concurrentes de frenando vehicular y aceleración del mismo.
- Incremento de humedad en la superficie.
- Pérdida de mezcla debido a que no se realizó una buena compactación del material, provocando la desestabilidad de la mezcla.
- Asfalto de mala calidad y curado de la mezcla.

### **2.1.16 Mezcla Asfáltica**

Se compone de grava, arena y ligante asfáltico. Si es necesario, ajuste las dimensiones y proporciones de acuerdo con su trabajo. Por lo tanto, las partículas variarán y la proporción de aglutinante utilizado también variará. Las mezclas asfálticas deben cumplir con las normas nacionales e internacionales para su uso. Esto ayuda a controlar mejor la vida útil de la capa de asfalto. La mala preparación de los áridos utilizados y la mala calidad de los ensayos conducen al deterioro estructural. Es importante realizar pruebas y controlar la mezcla asfáltica antes de la colocación (Construneic, 2024).

**Figura 18:** Mezcla asfáltica



Fuente: Max Fal (2017)

La mezcla asfáltica se puede definir como una combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico y mezclados de tal manera que los agregados pétreos queden cubiertos por una película uniforme de asfalto (Construneic, 2024).

Otros autores mencionan lo siguiente:

El diseño de la mezcla asfáltica implica básicamente seleccionar el tipo y tamaño de partícula de los agregados utilizados, así como el tipo y la cantidad de betún, de modo que se logren las propiedades deseadas de la mezcla y se cumplan los requisitos específicos del betún. La correcta selección de los materiales de mezcla con suficiente masa y sus correctas proporciones requiere el

conocimiento de las principales propiedades de la mezcla y su influencia en el comportamiento del pavimento (Construneic, 2024).

Para una aplicación específica e independientemente del procedimiento de diseño empleado, las propiedades relevantes en una mezcla asfáltica en caliente son:

- Estabilidad.
- Durabilidad.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia al fracturamiento por bajas temperaturas.
- Resistencia al daño por humedad.
- Resistencia al deslizamiento.
- Trabajabilidad.

#### **2.1.17 Arena**

La arena consiste en rocas muy finas y partículas minerales. Se compone principalmente de varios elementos metálicos combinados con los elementos más comunes en la corteza terrestre: oxígeno y silicio. Así, los silicatos son el grupo de minerales más diverso y extendido de la Tierra, por lo que pueden utilizarse para fabricar vidrio. Son de densidad media, de textura firme, transparentes y translúcidas. El silicio en la arena suele estar en forma de cuarzo, que es el más resistente a la intemperie. La arena puede estar formada por diferentes elementos dependiendo de la roca de la que provenga o de las condiciones climáticas. Por ejemplo, la arena blanca que se encuentra en las costas tropicales y subtropicales es una piedra caliza duradera y también puede contener pequeñas cantidades de conchas y coral (Ferrex, 2021).

#### **2.1.18 Grava Triturada**

Es un excelente material de construcción con excelente durabilidad debido a que es una piedra triturada utilizada como parte del agregado grueso para trabajos

de construcción. Los cantos angulares le confieren gran resistencia al formar parte de la mezcla de hormigón. Un excelente material para la construcción (Ferrex, 2021).

La grava, un árido grueso ampliamente utilizado, es uno de los principales componentes del hormigón; por lo tanto, la calidad del agregado es esencial para garantizar que las estructuras de concreto sean aptas para su propósito.

La grava es material de cantera que se tritura o procesa mediante procesos mecánicos (Ferrex, 2021).

Durante el proceso de producción de grava, se debe asegurar que las partículas entrantes sean aprox. 3/4 de pulgada. Por sus propiedades, la grava debe provenir de un material duradero, fuerte y mecánicamente resistente, completamente libre de partículas contaminantes que puedan afectar el tiempo de curado y la calidad del concreto. El tamaño de la grava puede ser muy pequeño, de 3/6 a 3/8 de pulgada, e incluso un tamaño de astilla más grande, es decir, de 3 a 6 pulgadas. La relación entre grava y arena y cemento y agua. Dependerá de la fuerza requerida; por ejemplo, si usa grava por bolsa de cemento, usará una lata de agua, 2 1/3 latas de arena y 4 3/4 latas de grava (Ferrex, 2021).

### **2.1.19 Ligante Asfáltico**

Para fabricar los ligantes asfálticos se utiliza la brea asfáltica o residuos de la destilación de petróleo crudo importado (Ferrex, 2021).

**Figura 19:** Ligante asfáltico



Fuente: Zerpa (s.f.)

## **2.2. Marco Legal:**

### ***2.2.1 Constitución de la República del Ecuador***

Art. 30 y 31.- nos indica el derecho de contar con una vivienda de manera segura, así como el respeto a cualquier ideología que puede tener el ser humano.

Art. 264. 7 y 281. 8. Nos habla sobre los implementos de salud, educación, los espacios públicos deportivos y el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica que debemos contar.

Art. 350 y 385.- la educación superior será una formación académica superior con visión científica, tecnológica, humanista e impulsar la producción nacional que sea eficiente y productiva. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008)

### ***2.2.2 Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.***

Que la unidad de titulación es la unidad curricular que incluye las asignaturas, cursos o sus equivalentes, que permiten la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera para la resolución de problemas, dilemas o desafíos de una profesión.

Que el resultado final de esta unidad curricular es:

- a) el desarrollo de un trabajo de titulación, o,
- b) la preparación y aprobación de un examen de grado de carácter complejo, con los cuales se realiza la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera por los estudiantes.

Que en ambas modalidades el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas alcanzadas al término de la misma, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la Ley.

Que en ejercicio de la autonomía universitaria establecida en el Art. 351 de la Constitución de la República y al amparo de la potestad reglamentaria ejercida por el Órgano Colegiado Superior (OCAS) de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Art.17.-Proyecto de Investigación. - Es una propuesta que pretende encontrar resultados que den respuesta a un problema que surja de las prácticas preprofesionales, vinculación con la sociedad o de su experiencia laboral. En esta opción se puede hacer uso de cualquiera de los métodos y tipos de investigación existentes que apliquen al tema motivo de la propuesta, una investigación exploratoria y diagnóstica, la base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta. (Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil [ULVR], 2018)

### **2.2.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida**

Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Incentivar la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, impulsar el cambio mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [Senplades], 2017)

### **2.2.4 Ministerio y Transporte de Obras Públicas en sus capítulos.**

- SECCION 405 Capas de Rodadura 1V-77
- SECCION 811 Agregados para Hormigón Asfáltico VIII-94

### **2.2.5 Normas Técnicas Ecuatorianas**

- INEN NTE 2515: Producto derivado del petróleo - cemento asfáltico.
- INEN NTE 2515 - 808 Determinación del punto de inflamación en capa abierta Cleveland.
- INEN NTE 2515 — 915 Determinación de la solubilidad en tricloroetileno.
- INEN NTE 2515 — 916 Determinación de la Ductilidad.

- INEN NTE 2515 — 917 Determinación de la penetración.
- INEN NTE 923 Gravedad específica del asfalto.
- INEN NTE 0695 Muestreo del agregado.
- INEN NTE 6% y 697 Ensayos granulométricos.
- INEN NTE 0860 Ensayos de Abrasión.
- INEN NTE 0858 Determinación de la masa unitaria en agregado.
- INEN NTE 0857 Determinación del peso específico en agregado grueso.
- INEN NTE 0856 Determinación del peso específico en agregado fino.

### ***2.2.6 Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM)***

- ASTM D3381 Cemento de asfalto graduado de viscosidad para uso en la construcción de pavimentos.
- ASTM D4867 Método de prueba para el efecto de la humedad de concreto asfáltico de pavimento.
- ASTM D4123 Modulo resiliente diametral para asfálticas.
- ASTM D4123-82 Método de ensayo estándar para prueba de tensión indirecta para módulo resiliente de mezclas bituminosas.
- ASTM D2171 Método de ensayo estándar para viscosidad de asfaltos por viscosímetro capilar de vacío.
- ASTM D2170 Método de ensayo estándar para la viscosidad cinemática de los asfaltos (bitumen).
- ASTM D3635 Práctica estándar para el efecto del agua sobre el agregado revestido de betún usando agua hirviendo.

### ***2.2.7 Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes***

- AASHTO T182 Método estándar de ensayo para el revestimiento y el desbaste de mezclas de aguarde bitumen.

### ***2.2.8 Ley De Gestión Ambiental, Codificación.***

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. (Registro Oficial Suplemento 418, 2004)

### **2.2.9 Norma Técnica Ecuatoriana [NTE] INEN 2060.**

Disposiciones Generales:

El cemento asfáltico debe ser homogéneo, exento de agua y no debe formar espuma cuando se caliente a 175°C.

La temperatura del cemento asfáltico, utilizado para riegos, debe estar comprendida entre 140°C y 175°C. Todo vehículo que transporte cementos asfálticos debe sujetarse al Reglamento de Seguridad y Operación para el Transporte de Combustibles en el Ecuador, vigente a la fecha de expedición de esta norma, sin perjuicio de las exigencias de cada una de las estaciones terminales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2002).

### **2.2.10 Norma Ecuatoriana Vial Nevi-12 - Volumen N.º 3 Especificaciones Generales Para La Construcción De Caminos Y Puentes.**

201-2.01. Leyes que deben ser cumplidas.

Durante el desarrollo del proyecto deben cumplirse todas las leyes, ordenanzas, códigos de seguridad, reglamentos, órdenes y decretos aplicables relacionados con el ambiente y proyecto. Todos los permisos y acuerdos obtenidos previamente por el Contratante para ejecutar el trabajo están incluidos en el Contrato.

El Contratista debe conseguir todos los permisos o acuerdos adicionales, así como efectuar las modificaciones que sean necesarias de los permisos y acuerdos obtenidos originalmente por el Contratante, cuando esto sea necesario a consecuencia de sus métodos de operación.

El Contratista deberá conseguir todos los permisos y documentos adicionales que se precisen para el normal desarrollo del trabajo. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

### **2.2.11 Norma Ecuatoriana Vial Nevi-12 - Volumen N° 6 Conservación Vial.**

Los principales deterioros modelizados para los asfaltos con acabado superficial bituminoso (asfaltos flexibles o semirrígidos) son:

Roturas (fisuras, grietas, cuarteos en malla gruesa, piel de cocodrilo)

Deformaciones (transversales y longitudinales).

Desprendimientos. Se distinguirá fundamentalmente entre: Peladuras y Baches

Otros deterioros que se suelen considerar son los problemas de regularidad superficial, escaso coeficiente de rozamiento y textura inadecuada.

Los deterioros normalmente modelizados para los asfaltos con acabado superficial de hormigón son:

Roturas (fisuras, grietas, roturas de esquina, desconchado en juntas, cuarteos en malla gruesa, piel de cocodrilo y baches).

Deformaciones (escalonamientos y asientos)

Además, se analizan los problemas de regularidad superficial. Se recuerda de nuevo que los deterioros de los asfaltos con acabado superficial de hormigón no se desarrollan en este trabajo. En los siguientes apartados se definirán las familias de los modelos existentes para describir los deterioros de los asfaltos. (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013)

### **2.2.12 Código Orgánico Del Ambiente.**

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional. (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017)

**2.2.13 Resolución No. 15 149 - Ministerio De Industrias Y Productividad  
Subsecretaría De La Calidad.**

Art 11 Régimen De Sanciones.

Los proveedores de estos productos que incumplan con lo establecido en este reglamento técnico recibirán las sanciones previstas en la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, su reglamento general y demás leyes vigentes (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la investigación:

Para este proyecto de titulación el cual se basa en la rehabilitación de la avenida amazonas la cual después de un recorrido de forma cualitativa se puede observar muchas fallas en la carpeta asfáltica las cuales se clasifican de acuerdo a su forma recordando que el asfalto presenta alrededor de 32 fallas al iniciar el uso operativo de la avenida, para este proyecto de titulación se pretende rehabilitar la avenida por medio de bacheos superficiales, medios y profundos los cuales consistirán en forma promedia el mejoramiento de sus bases más la renovación del asfalto en la parte superior del bache, se rehabilitara toda la carpeta asfáltica de la avenida amazonas mediante el uso del asfalto fotocatalítico nuestro enfoque de la investigación será cualitativo al determinar por medio de visita técnica a la avenida los deterioros presentados en la capa de rodadura a carpeta asfáltica.

Tenemos presente que en la carpeta asfáltica cuando entra en estado de operación se presentan 32 fallas debido al uso de la vía y a los impactos ambientales.

Tendremos también un enfoque de la investigación cuantitativo al determinar por medio del sistema constructivo de reparación las cantidades de fallas de la carpeta asfáltica considerando su reparación

Por lo tanto, el enfoque de la investigación se convierte en mixta al tener un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se considera cualitativo al recorrido de la avenida con el fin de identificar las fallas existentes, su clasificación de acuerdo a la forma en la carpeta asfáltica de la avenida amazonas

La parte cuantitativa que es considerada por medio de operaciones numéricas es medir las cantidades de fallas por medios numéricos, cuantificar los volúmenes de mejoramiento, sub-base, base que se necesitan para su rehabilitación, los metros cuadrado y espesor en pulgadas de la carpeta asfáltica

## **3.2. Alcance de la investigación:**

El presente trabajo de titulación tiene un alcance descriptivo, correlacional y exploratorio, ya que busca caracterizar el deterioro de la avenida Amazonas en el cantón Durán, establecer relaciones entre el estado del pavimento y los factores que lo afectan, y evaluar la viabilidad de utilizar asfalto fotocatalítico como una solución innovadora y sostenible.

### **3.2.1 Alcance Descriptivo:**

Este estudio se enmarca en una investigación descriptiva, ya que analiza y documenta detalladamente el estado actual de la avenida Amazonas, para ello:

- Se documenta detalladamente el estado actual del pavimento mediante un análisis técnico de las principales fallas en la capa de rodadura, incluyendo grietas, grietas, deterioro superficial y baches. Este diagnóstico permitirá comprender el grado de afectación de la vía y sus causas principales.
- Se analizan los factores que han causado el desgaste del pavimento, incluyendo el tráfico vehicular, las condiciones climáticas y la exposición a la radiación solar.
- Se estudian las características del asfalto fotocatalítico, detallando sus propiedades y beneficios en términos de resistencia, durabilidad y capacidad para reducir la contaminación ambiental. A partir de este análisis, se plantea una solución técnica fundamentada para la rehabilitación de la avenida Amazonas.

Este nivel de análisis permitirá proporcionar un diagnóstico claro sobre la situación de la infraestructura vial en la zona de estudio.

**Figura 20:** Falla presentada en la carpeta asfáltica de la avenida Amazonas



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### **3.2.2. Alcance correlacional:**

El estudio también es correlacional, ya que establece relaciones entre distintos factores, como:

- Estado del pavimento y tráfico vehicular: Se busca determinar cómo el flujo constante de vehículos, en especial aquellos de carga pesada, contribuye al desgaste del pavimento.
- Contaminación ambiental y tránsito vehicular: Se analiza la relación entre la emisión de gases contaminantes por la quema de combustibles fósiles y la calidad del aire en la zona.
- Efectividad del asfalto fotocatalítico y reducción de la contaminación: Se investiga en qué medida la implementación de esta tecnología puede contribuir a la degradación de contaminantes atmosféricos como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

A través de estas correlaciones, se podrá evaluar si el uso de asfalto fotocatalítico es una alternativa viable para mejorar la infraestructura vial y reducir el impacto ambiental en la zona.

### **3.2.3 Alcance Exploratorio:**

El presente estudio se enmarca en un alcance exploratorio debido a la novedad y escasa aplicación del asfalto fotocatalítico en Ecuador, especialmente en proyectos de rehabilitación vial. A diferencia de los métodos tradicionales de repavimentación, esta investigación busca indagar en los beneficios, desafíos y viabilidad de implementar esta tecnología en la avenida Amazonas, en el cantón Durán.

En países como España, Italia y Japón se han desarrollado investigaciones que demuestran la capacidad de esta tecnología para reducir contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y mejorar la durabilidad del pavimento. Sin embargo, su aplicación en el contexto ecuatoriano requiere un análisis específico debido a las condiciones climáticas, niveles de contaminación y características del tráfico local.

- Se realizará un diagnóstico detallado de la avenida Amazonas, identificando y clasificando las principales fallas estructurales y superficiales del pavimento. Se explorarán factores que han influido en su deterioro, como el tráfico vehicular, la exposición a la radiación solar y la presencia de contaminantes.
- Dado que en Ecuador no se han desarrollado aplicaciones viales con este material, la investigación explorará sus propiedades, mecanismos de acción y beneficios ambientales. Se estudiará cómo la fotocatalisis contribuye a la degradación de contaminantes atmosféricos, particularmente en zonas urbanas con alta circulación vehicular.
- El estudio explorará la factibilidad de aplicar asfalto fotocatalítico en Ecuador desde una perspectiva técnica y económica. Se evaluarán los costos asociados a su producción e instalación en comparación con asfaltos convencionales.

### 3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Las técnicas de investigación son unos procesos de instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (Lifeder, 2020).

La técnica para este proyecto de titulación será la recopilación de datos de los sistemas constructivos actuales con el fin de comparar y analizar los daños ocurridos en el pavimento flexible. Para esta investigación se utilizará la guía de observación para determinar las fallas presentadas en la carpeta asfáltica.

**Tabla 2:** Formato de Guía de Observación

---

#### **GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA AMAZONAS**

---

##### **I. DATOS GENERALES**

**Fecha de Observación:**

**Nombre del Observador:**

**Ubicación de la Evaluación:**

<b>Condiciones Climáticas:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------------------------------	---------	---------	----------

##### **II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA**

Tipo de Vía:	Principal	Secundaria	Terciaria
--------------	-----------	------------	-----------

Flujo Vehicular:	Bajo	Medio	Alto
------------------	------	-------	------

Presencia de Transporte Pesado:	Si	No	
---------------------------------	----	----	--

##### **III. INSPECCIÓN VISUAL DE FALLAS EN EL PAVIMENTO**

###### **A. FISURAS Y GRIETAS**

Fisuras longitudinales (paralelas a la dirección del tráfico)

Fisuras transversales (perpendiculares a la dirección del tráfico)

Grietas por fatiga (tipo piel de cocodrilo)

Grietas de borde (cerca de las orillas de la vía)

Grietas reflejadas (provenientes de capas inferiores)

###### **B. DETERIORO SUPERFICIAL**

Desgaste de la capa asfáltica

---

Exudación de ligante asfáltico (superficie brillante o pegajosa)  
Pérdida de áridos (superficie rugosa con desprendimiento de material)  
Ondulaciones y deformaciones

### **C. FALLAS ESTRUCTURALES**

Baches (agujeros en la capa asfáltica)  
Hundimientos y asentamientos  
Ahuellamiento (marcas de neumáticos visibles)  
Levantamiento del pavimento

### **IV. CONDICIONES ADICIONALES DEL PAVIMENTO**

#### **FACTORES EXTERNOS QUE CONTRIBUYEN AL DETERIORO**

Presencia de agua estancada o drenaje deficiente  
Presencia de materiales sueltos en la calzada  
Falta de mantenimiento preventivo  
Exposición excesiva al sol (fenómeno de islas de calor)  
Alto tránsito de vehículos pesados

### **V. REGISTRO FOTOGRÁFICO Y DOCUMENTACIÓN**

Fotografías de las fallas detectadas  
Registro en croquis o plano de la ubicación de fallas  
Notas adicionales sobre el estado del pavimento

### **VI. CONCLUSIONES PRELIMINARES**

Estado general de la vía:	Bueno	Regular	Malo
Tipo de intervención recomendada:	Mantenimiento	Reparación localizada	Rehabilitación completa

### **VII. FIRMAS Y RESPONSABLES**

Nombre del Observador:

Nombre del Supervisor:

---

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### **3.3.1 Uso de la Guía**

Esta guía servirá para documentar las condiciones actuales de la carpeta asfáltica y proporcionar datos técnicos que respalden la toma de decisiones en el proyecto de rehabilitación de la Avenida Amazonas. Los resultados obtenidos permitirán identificar las áreas más críticas y definir el tipo de intervención necesaria, asegurando una solución eficiente y sostenible.

### 3.3.2 Presentación de resultados de guía de observación

#### 3.3.2.1 Datos Generales

**Tabla 3:** Presentación de resultados I

Pregunta	Respuesta
Fecha de Observación	No especificado en el documento
Nombre del Observador	No especificado en el documento
Ubicación de la Evaluación	Avenida Amazonas, Cantón Durán
Condiciones Climáticas	Soleado / Nublado / Lluvioso

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 3.3.2.2 Características Generales De La Vía

**Tabla 4:** Presentación de resultados II

Pregunta	Respuesta
Tipo de Vía	Principal
Flujo Vehicular	Alto
Presencia de Transporte Pesado	Sí

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 3.3.2.3 Inspección Visual De Fallas En El Pavimento

**Tabla 5:** Presentación de resultados III

Tipo de Falla	Cantidad de Fallas	Observaciones
Fisuras longitudinales	No especificado	No se registró en detalle.
Fisuras transversales	No especificado	No se registró en detalle.
Grietas por fatiga	No especificado	No se registró en detalle.
Grietas de borde	No especificado	No se registró en detalle.
Grietas reflejadas	No especificado	No se registró en detalle.
Desgaste de la capa asfáltica	Sí	Se identificaron zonas desgastadas.
Exudación de ligante asfáltico	No	No reportado.
Pérdida de áridos	32	Superficie rugosa, desprendimiento de material.
Ondulaciones y deformaciones	No	No reportado.
Baches	Si	No reportado.
Hundimientos y asentamientos	No	No reportado.
Ahuellamiento	No	No reportado.
Levantamiento del pavimento	No	No reportado.

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 3.3.2.4 Condiciones Adicionales Del Pavimento

**Tabla 6:** Presentación de resultados IV

<b>Factor</b>	<b>Presente</b>
Presencia de agua estancada o drenaje deficiente	Sí
Presencia de materiales sueltos en la calzada	Sí
Falta de mantenimiento preventivo	Sí
Exposición excesiva al sol (islas de calor)	Sí
Alto tránsito de vehículos pesados	Sí

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 3.3.2.5 Registro Fotográfico Y Documentación

**Tabla 7:** Presentación de resultados V

<b>Registro</b>	<b>Realizado</b>
Fotografías de las fallas detectadas	Sí
Registro en croquis o plano	No especificado
Notas adicionales sobre el estado del pavimento	Sí

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 3.3.2.6 Conclusiones Preliminares De La Guía De Observación

**Tabla 8:** Presentación de resultados VI

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>
Estado general de la vía	Regular
Tipo de intervención recomendada	Mantenimiento superficial (bacheo)

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 3.3.3 Presentación de las 32 fallas observadas

**Tabla 9:** Resultado de la guía de observación

<b>N°</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Tipo de Falla</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Observaciones</b>
1	0+040	Pérdida de áridos	2.61	0.063	Superficie rugosa, inicio de desgaste.
2	0+100	Pérdida de áridos	3.47	0.094	Desprendimiento moderado.

3	0+180	Pérdida de áridos	3.35	0.064	Ligera erosión en los bordes.
4	0+240	Pérdida de áridos	3.12	0.078	Afectación en capa superficial.
5	0+280	Pérdida de áridos	4.16	0.108	Mayor desgaste por tráfico pesado.
6	0+340	Pérdida de áridos	3.45	0.096	Ligante asfáltico deficiente.
7	0+400	Pérdida de áridos	3.38	0.081	Notoria afectación por lluvias.
8	0+460	Pérdida de áridos	3.25	0.081	Expansión del daño en bordes.
9	0+520	Pérdida de áridos	3.55	0.089	Pérdida progresiva de material.
10	0+600	Pérdida de áridos	3.90	0.097	Desgaste generalizado.
11	0+640	Pérdida de áridos	3.78	0.098	Afectación uniforme en el tramo.
12	0+720	Pérdida de áridos	3.70	0.096	Falta de adherencia en mezcla.
13	0+760	Pérdida de áridos	3.84	0.069	Tramo con mayor rugosidad.
14	0+840	Pérdida de áridos	4.51	0.086	Zona de alto tránsito afectada.
15	0+900	Pérdida de áridos	3.60	0.094	Inicio de fragmentación superficial.
16	0+980	Pérdida de áridos	4.16	0.091	Presencia de microfisuras.
17	0+1020	Pérdida de áridos	2.98	0.057	Ligeras irregularidades en la textura.
18	0+1080	Pérdida de áridos	3.64	0.073	Zona afectada por variaciones climáticas.
19	0+1160	Pérdida de áridos	3.57	0.089	Inicio de fisuración en superficie.
20	0+1200	Pérdida de áridos	3.40	0.088	Exposición prolongada a humedad.
21	0+1280	Pérdida de áridos	3.41	0.092	Ligante deficiente en la mezcla.
22	0+1340	Pérdida de áridos	4.96	0.089	Zona crítica con mayor deterioro.
23	0+1420	Pérdida de áridos	2.64	0.071	Área con desprendimiento visible.

---

24	0+1500	Pérdida de áridos	3.98	0.072	Superficie irregular por desgaste.
25	0+1580	Pérdida de áridos	4.00	0.088	Formación de estrías en el pavimento.
26	0+1640	Pérdida de áridos	3.30	0.086	Mayor afectación en los bordes.
27	0+1680	Pérdida de áridos	2.86	0.072	Ligera alteración en la textura.
28	0+1760	Pérdida de áridos	3.83	0.103	Notoria degradación de la capa superior.
29	0+1800	Pérdida de áridos	2.78	0.050	Inicio de desgaste progresivo.
30	0+1880	Pérdida de áridos	3.23	0.068	Daño superficial por compactación deficiente.
31	0+1920	Pérdida de áridos	3.60	0.061	Exposición a factores ambientales.
32	0+1980	Pérdida de áridos	2.42	0.065	Mayor rugosidad en la superficie.

---

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Se registran 32 fallas por pérdida de áridos, lo que indica un deterioro superficial del pavimento.

Causas probables:

- Desgaste natural por tráfico vehicular y agentes climáticos.
- Problemas de adherencia en la mezcla asfáltica.
- Uso de materiales con deficiencias en la compactación.

Se recomienda una intervención con técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo, especialmente en los tramos de mayor afectación.

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

Para este proyecto de titulación el cual consiste en la rehabilitación mediante el uso del asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas nuestra población será las carreteras, calles, carpetas asfálticas y su uso en las vías para este caso de titulación

como muestra se presenta la avenida Amazonas con las fallas presentadas en su capa de rodadura.

### **3.4.2 Muestra**

El muestreo es el análisis del deterioro y las fallas en la capa de rodadura, su clasificación para poder determinar su reparación y rehabilitación utilizando el enfoque de la investigación cualitativa.

#### **3.4.2.1 Tipos De Muestra En Investigación Cualitativa**

Muestreo para la presentación y demostración de evidencias

**Figura 21:** Falla presentada en la carpeta asfáltica de la avenida Amazonas



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA

#### 4.1 Presentación y análisis de resultados

Rehabilitación mediante el uso de un asfalto fotocatalítico de la avenida Amazonas en el cantón Durán.

**Figura 22:** Ubicación de la avenida Amazonas, Durán



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.1 Dimensiones de la avenida Amazonas:

**Figura 23:** Longitud de la avenida Amazonas, Durán



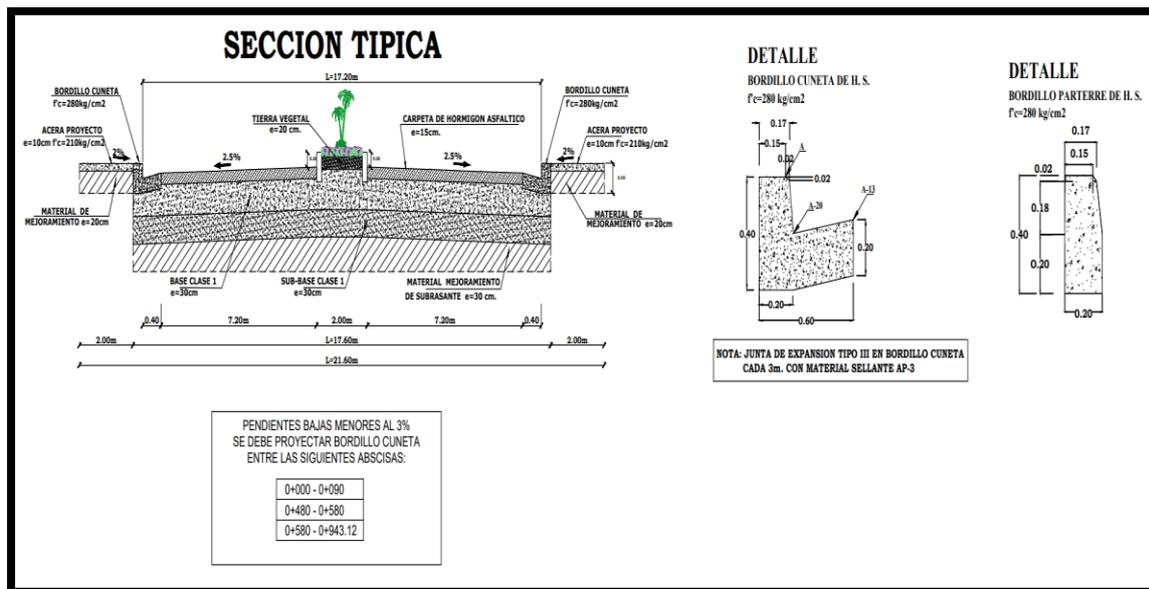
Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Longitud de la avenida: 1980 metros

### 4.1.1.1 Sección Transversal de la Avenida Amazonas.

- Aceras: 2 metros de ancho
- Bordillos cunetas: 50 cm de ancho
- Ancho de vía: dos carriles de 9 metros cada uno
- Parterre central: 2 metros de ancho

Figura 24: Sección típica de la avenida Amazonas



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 4.1.2 El Levantamiento Topográfico

Es una fase fundamental dentro del proceso de rehabilitación vial, ya que proporciona información detallada sobre la geometría del terreno y las condiciones actuales de la infraestructura. En el caso de la Avenida Amazonas, ubicada en el cantón Durán, este estudio es esencial para evaluar con precisión las características de la vía y planificar adecuadamente la aplicación del asfalto fotocatalítico como parte del proceso de rehabilitación.

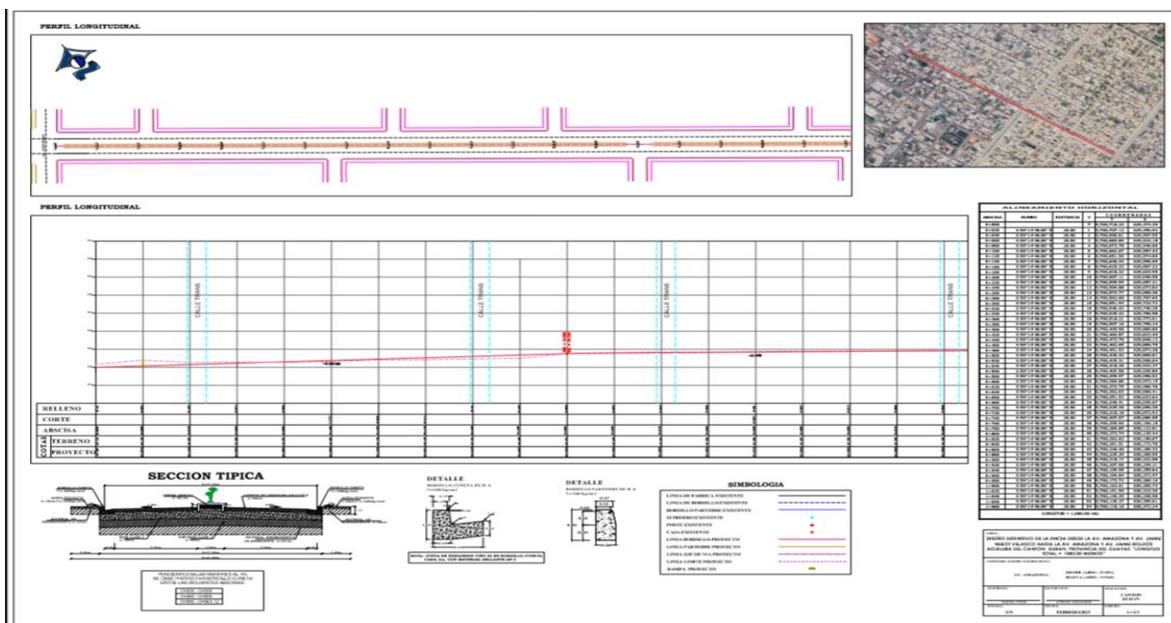
El objetivo del levantamiento topográfico es obtener datos precisos sobre la altimetría y planimetría de la avenida, lo que permitirá definir el estado actual del pavimento, identificar posibles irregularidades y diseñar soluciones adecuadas para

la mejora de la vía. Para ello, se emplearon tecnologías avanzadas de medición, como estaciones totales y sistemas GPS de alta precisión, garantizando así la confiabilidad de los resultados obtenidos.

A través de este análisis, se podrá determinar la pendiente, las cotas de nivel y otras características geométricas de la Avenida Amazonas, información que servirá como base para el diseño de las intervenciones requeridas. Asimismo, este estudio contribuirá a la optimización de recursos, la planificación de drenajes adecuados y la mejora de la seguridad vial en la zona intervenida.

Este levantamiento topográfico se enmarca en el proyecto de rehabilitación de la Avenida Amazonas, cuyo enfoque innovador busca la implementación de asfalto fotocatalítico, una solución sostenible que no solo mejora la infraestructura, sino que también contribuye a la reducción del impacto ambiental generado por la contaminación vehicular. La información obtenida será clave para garantizar la correcta ejecución del proyecto y la optimización de su rendimiento a largo plazo.

**Figura 25:** Levantamiento topográfico parte 1



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)



### 4.1.3 Cálculo de TPDA

#### 4.1.3.1 TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual)

Vía de análisis: Avenida Amazonas, Cantón Durán.

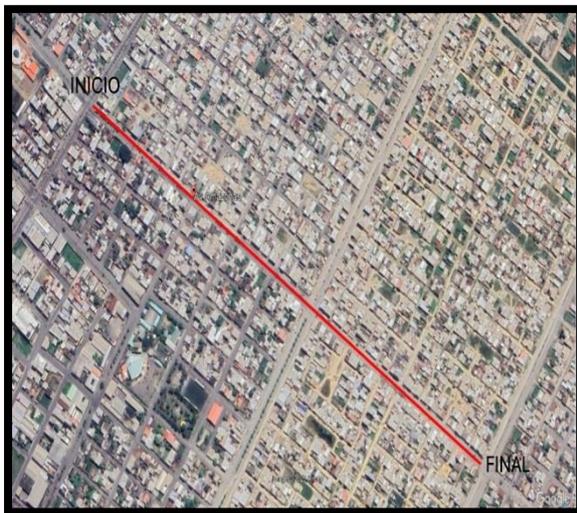
Conteo vehicular:

12 horas (7 am a 7 pm) durante una semana

12 horas de conteo durante 7 días

Desde el lunes 20 de enero hasta el domingo 26 de enero.

**Figura 28:** Inicio y fin de la avenida Amazonas con un total de 1980 metros lineales



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.3.2 TPDS (Tráfico Promedio Diario Semanal)

**Tabla 10:** TPDA

FECHA	DIA DE LA SEMANA	LIVIANOS	CAMIONES	BUSES	TOTAL
20/01/2025	Lunes	871	24	8	903
21/01/2025	Martes	913	35	7	955
22/01/2025	Miércoles	1019	21	6	1046
23/01/2025	Jueves	947	22	8	977
24/01/2025	Viernes	1199	29	5	1233
25/01/2025	Sábado	733	14	2	749
26/01/2025	domingo	442	6	1	449
<b>TOTAL</b>		<b>6124</b>	<b>151</b>	<b>37</b>	<b>6312</b>
<b>TPDS</b>		<b>875</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>902</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.4 Factor Mensual y Factor Diario

Estos factores nos permiten transformar el TPDS a un TPDA de una manera aproximada.

El factor mensual (FM), obtenido de las tablas del MTOP según el mes del conteo vehicular, es 1.059 para enero.

**Tabla 11:** Factor Diario

	<b>TPDS</b>	902
<b>DIAS DE LA SEMANA</b>	<b>TD</b>	<b>FD=TPDS/TD</b>
Lunes	903	0.99
Martes	955	0.94
Miércoles	1046	0.86
Jueves	977	0.92
Viernes	1233	0.73
Sábado	749	1.20
domingo	449	2.00
<b>PROMEDIO (FD)</b>		<b>1.09</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Finalmente, el TPDA para vehículos livianos es:

$$TPDA = TPDS * FM * FD$$

$$TPDA = 875 * 1.059 * 1.09 = 1010 \text{ Vehiculos.}$$

La encuesta de tráfico debe proporcionar información sobre el volumen de tráfico diario anual promedio (TPDA) para cada segmento de carretera probado, puede comprender el comportamiento de tráfico y también puede evaluar el nivel de congestión de este. La demanda aumentará y afectará la estructura del tráfico proyectado. (López Cabrera D, 2022)

##### 4.1.4.1 Tráfico Asignada

**Tabla 12:** Factor Diario

T. asignado=	TPDA ACTUAL+T. DESARROLLADO+T. GENERADO
T. asignado=	TPDA ACTUAL+T. DESARROLLADO+T. GENERADO
T. asignado=	1010 + 1010*0.05 + 1010*0.25
T. asignado=	1313 Vehículos

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.4.2 Tráfico Futuro

Periodo de diseño seleccionado: 20 años

Las tasas de crecimiento son:

- Vehículos livianos: 3.15%
- Vehículos pesados: 2.48%

$$TP = TA * (1 + i)^{n-1}$$
$$TP = 1313 * \left(1 + \frac{2.48}{100}\right)^{20-1} = 2091 \text{ Vehiculos.}$$

#### 4.1.5 Propuesta de Diseño Vial

El crecimiento urbano y el aumento del tráfico vehicular han generado la necesidad de rediseñar la infraestructura vial para mejorar la movilidad y la salud de la gente a los alrededores de la avenida Amazonas del cantón Durán. Esta propuesta plantea un nuevo diseño vial que optimiza la fluidez del tráfico, reduce la congestión y prioriza la salud de peatones.

A continuación, se van a detallar las 3 calicatas realizadas:

- Calicata 1: a la altura de 1.50 metros encontramos arena arcillosa color gris y limo de altas plasticidad.
- Calicata 2: a la altura de 1.50 metros encontramos limo de alta plasticidad color verde con grava y también arcilla de alta plasticidad color gris.
- Calicata 3. Con fin de la calicata a 1.50 metros de profundidad encontramos limo de alta plasticidad color gris y también arcilla de alta plasticidad color café.

Tabla 13: Calicata 1

ANALISIS GRANULOMETRICO					
ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1½"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
⅜"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 20	0,85	1,00	0,72	0,72	99,28
No 40	0,43	6,13	4,42	5,14	94,86
No 100	0,149	40,78	29,41	34,56	65,44
No. 200	0,075	22,14	15,97	50,53	49,47
Fondo		68,59	49,47	100,00	
Total		138,64 gr	100,00		

CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P.Humedo + Tara:	193,44	-
P. Seco + Tara :	177,86	-
P. Tara :	39,22	-
P. Seco	138,64	-
Hum (%):	11	-

TAMANO PARTICULAS SUCS			
Gravas (%)	G	0	0
	F	0	
Arena (%)	G	0	51
	M	5	
Finos (%)	F	45	49

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Tabla 14: Calicata 2

ANALISIS GRANULOMETRICO					
ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1½"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
⅜"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	2,67	2,42	2,42	97,58
No. 10	2,00	1,38	1,25	3,67	96,33
No. 20	0,85	2,95	2,67	6,34	93,66
No 40	0,43	1,85	1,68	8,02	91,98
No 100	0,149	1,54	1,40	9,41	90,59
No. 200	0,075	0,59	0,53	9,95	90,05
Fondo		99,41	90,05	100,00	
Total		110,39 gr	100,00		

CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P.Humedo + Tara:	230,98	165,97
P. Seco + Tara :	149,59	104,17
P. Tara :	39,20	31,68
P. Seco	110,39	72,49
Hum (%):	74	85

TAMANO PARTICULAS SUCS			
Gravas (%)	G	0	2
	F	2	
Arena (%)	G	1	8
	M	4	
Finos (%)	F	2	90

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Tabla 15: Calicata 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1½"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
⅜"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 20	0,85	0,00	0,00	0,00	100,00
No 40	0,43	0,08	0,16	0,16	99,84
No 100	0,149	0,52	1,07	1,23	98,77
No. 200	0,075	0,23	0,47	1,71	98,29
Fondo		47,84	98,29	100,00	
Total		48,67 gr	100,00		

CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA	
P. Humedo + Tara:	130,90	115,79	
P. Seco + Tara :	86,93	69,86	
P. Tara :	38,26	31,67	
P. Seco	48,67	38,19	
Hum (%)	90	120	

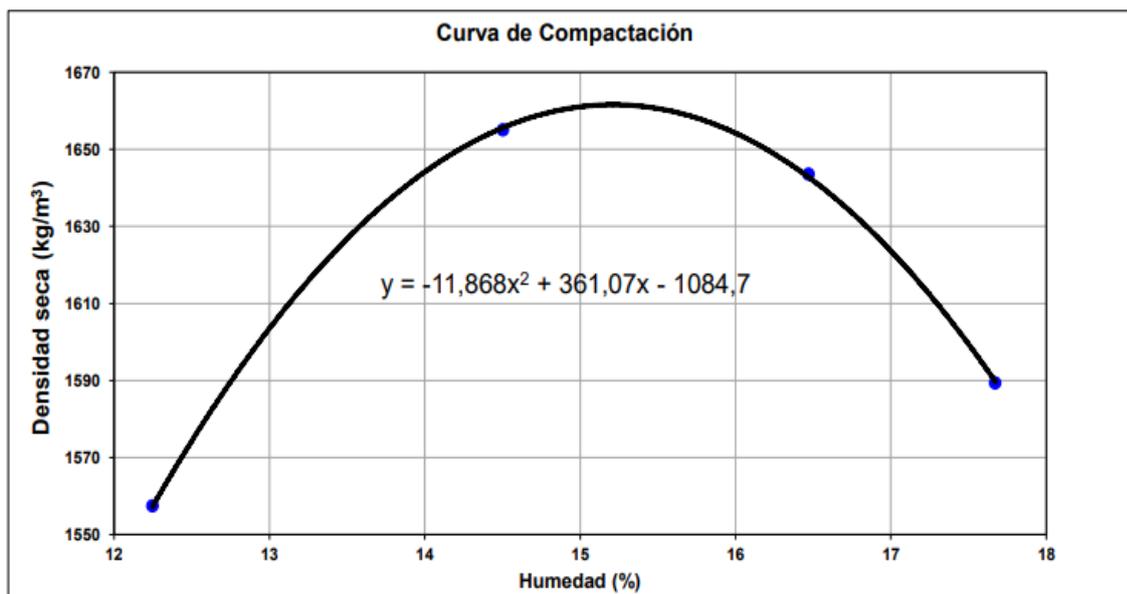
TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G	0
	F	0
Arena (%)	G	0
	M	0
	F	2
Finos (%)		98

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Dentro de los ensayos de gravedad específica de los sólidos de un suelo se tomó como referencia las siguientes normas: ASTM D 854-92 AASHTO 100-93.

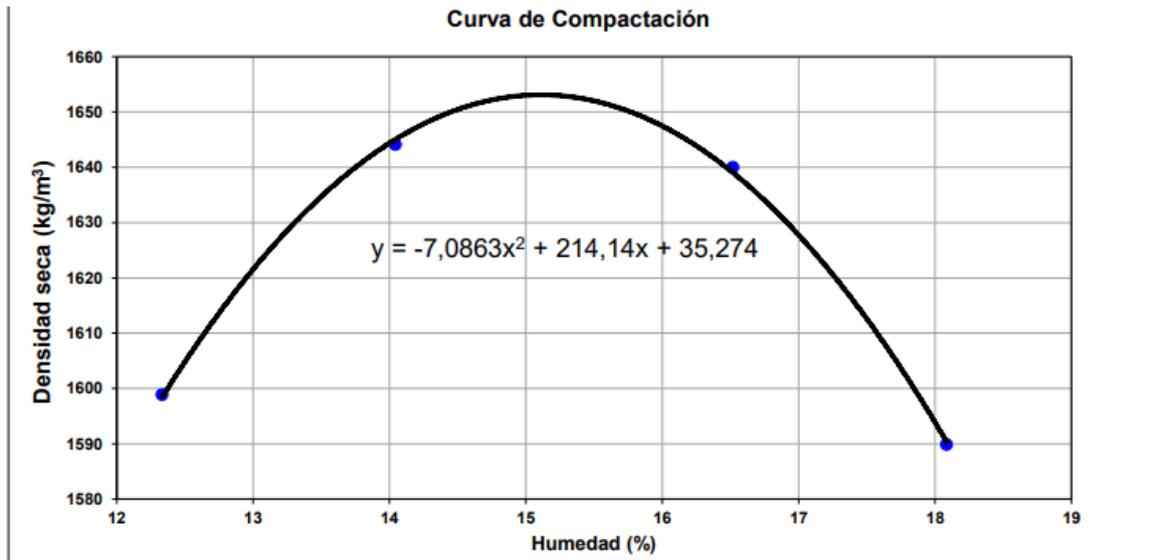
Para los respectivos ensayos de Proctor se tomó como referencia las normas ASTM D-1557 // AASHTO T-180

Figura 29: Ensayo de compactación calicata 1



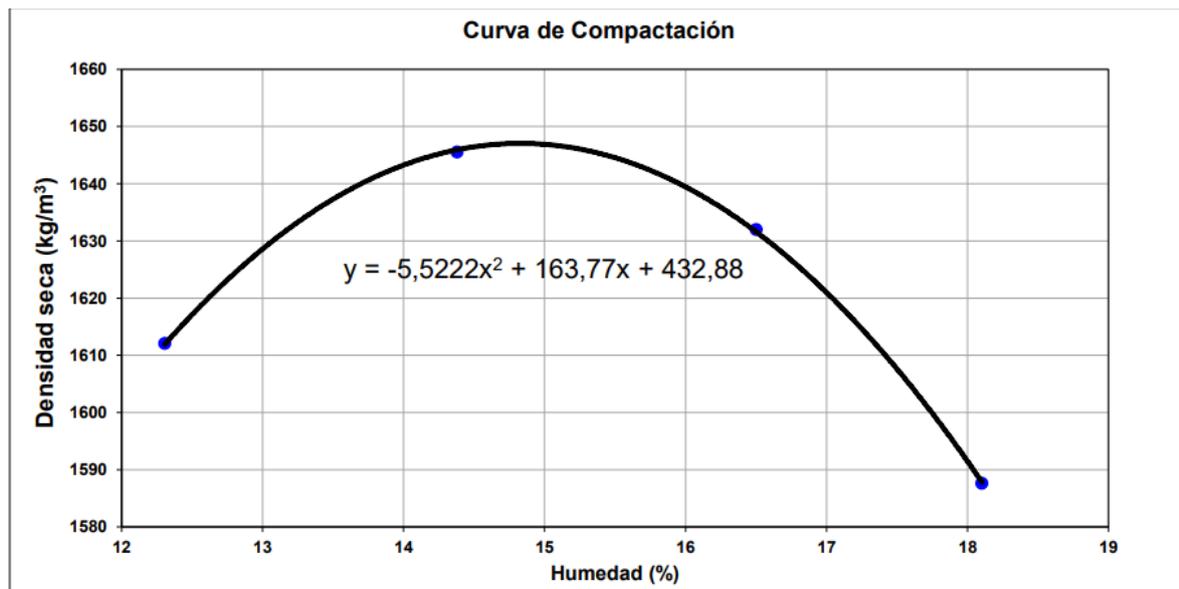
Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Figura 30: Ensayo de compactación calcata 2



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Figura 31: Ensayo de compactación calcata 3

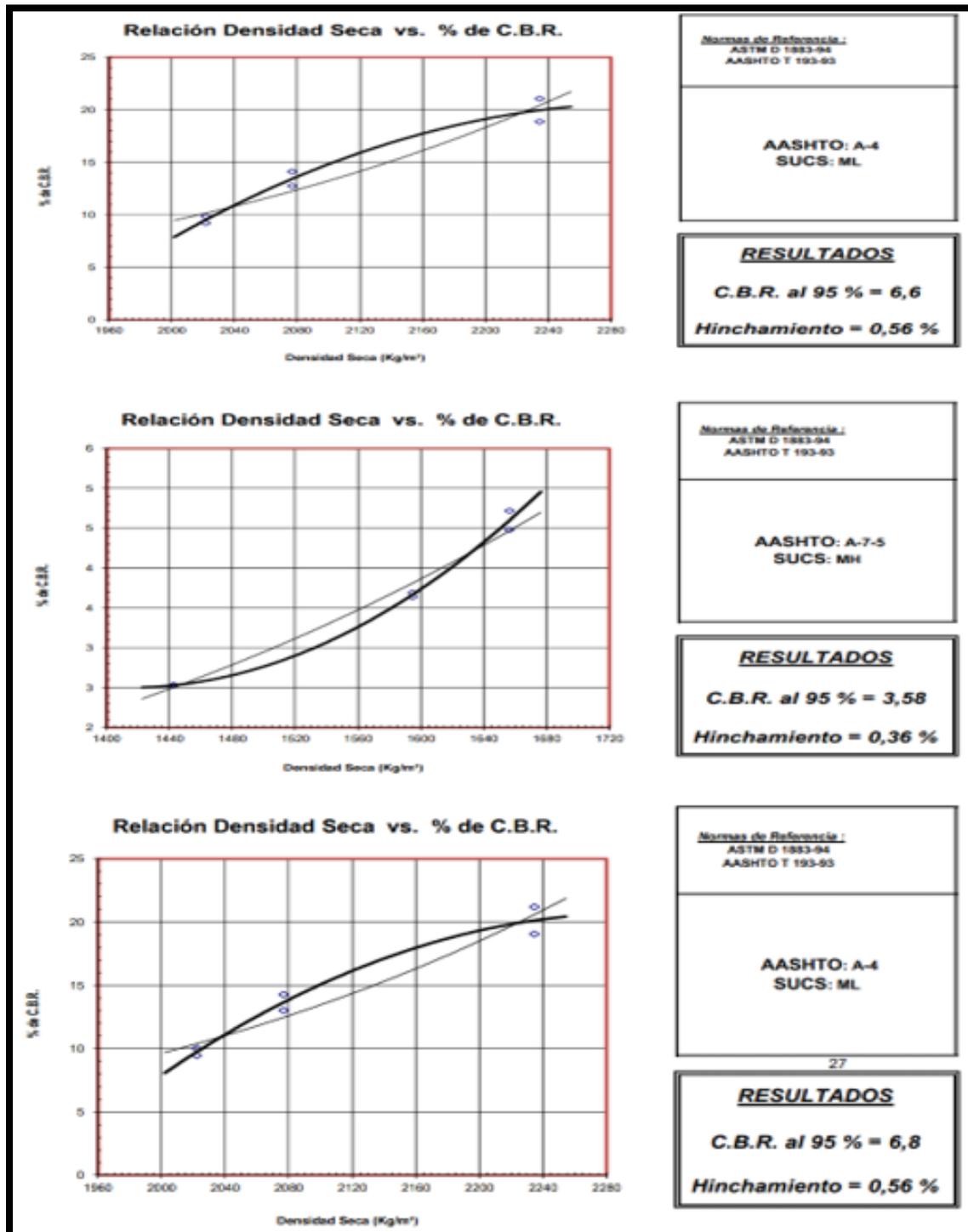


Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Como siguiente paso se procede a realizar un ensayo tipo CBR, este ensayo es fundamental para la construcción de pavimentos ya que ayuda a determinar el espesor que necesitamos en nuestra base y sub-base para que pueda soportar el tráfico vehicular planificado.

Como normas utilizadas como referencias fueron: ASTM D 1883-94 AASHTO T 193-93

Figura 32: Ensayo de CBR calicata 1-2-3



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Se utilizó un ensayo de masa unitaria como una prueba geotécnica que permite conocer la densidad del suelo en diferentes condiciones, ya sea en su estado natural o tras ser compactado. Se expresa como la relación entre el peso del suelo y su volumen, y es clave en la construcción para evaluar la estabilidad del terreno.

- Masa unitaria suelta: Se mide vertiendo el suelo en un recipiente sin compactación, reflejando su densidad natural.
- Masa unitaria compactada: Se determina aplicando compactación al suelo dentro del recipiente, simulando condiciones de carga en el terreno.

**Tabla 16:** Masa unitaria y varillada calicata 1

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<b>MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P<sub>1</sub></b>		10025	10095	10092		
<b>MASA RECIPIENTE = P<sub>2</sub></b>		5550	5561	5545		
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V</b>		2841	2844	2821		
<b>MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m<sup>3</sup> = (P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) ÷ V</b>		1,575	1,594	1,612		
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1594</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

<b>Gravedad Específica de Volumen (DSSS)</b>	<b>2,7</b>
<b>% de Huecos</b>	<b>41%</b>

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<b>MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P<sub>1</sub></b>		10712	10671	10716		
<b>MASA RECIPIENTE = P<sub>2</sub></b>		5554	5561	5554		
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V</b>		2836	2836	2836		
<b>MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m<sup>3</sup> = (P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) ÷ V</b>		1,819	1,802	1,820		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1814</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

<b>Gravedad Específica de Volumen (DSSS)</b>	<b>2,7</b>
<b>% de Huecos</b>	<b>33%</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Tabla 17: Masa unitaria y varillada calicata 2

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>		10027	10100	10097		
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>		5557	5557	5557		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V		2836	2836	2836		
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V		1,576	1,602	1,601		
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1593</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	<b>41%</b>

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>		10703	10698	10713		
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>		5557	5557	5557		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V		2836	2836	2836		
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V		1,815	1,813	1,818		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1815</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	<b>33%</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Tabla 18: Masa unitaria y varillada calicata 3

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<i>MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P<sub>1</sub></i>		10040	10120	10110		
<i>MASA RECIPIENTE = P<sub>2</sub></i>		5557	5557	5557		
<i>VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V</i>		2836	2836	2836		
<i>MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m<sup>3</sup> = (P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) ÷ V</i>		1,581	1,609	1,605		
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1598</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,51	2,17	30,42	139,09	1,56
D	171,52	169,35	2,17	31,73	137,62	1,58

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,57**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,72
% de Huecos	<b>41%</b>

<b>ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA</b>						
<b>ENSAYO #</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<i>MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P<sub>1</sub></i>		10723	10712	10726		
<i>MASA RECIPIENTE = P<sub>2</sub></i>		5557	5557	5557		
<i>VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V</i>		2836	2836	2836		
<i>MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m<sup>3</sup> = (P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>) ÷ V</i>		1,822	1,818	1,823		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1821</b>				

<b>CAPS. No.</b>	<b>MASA HÚMEDA</b>	<b>MASA SECA</b>	<b>MASA AGUA</b>	<b>MASA CAPS.</b>	<b>M. SUELO SECO</b>	<b>CONT. HUMEDAD</b>
J	171,68	169,51	2,17	30,42	139,09	1,56
D	171,52	169,35	2,17	31,73	137,62	1,58

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,57**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,72
% de Huecos	<b>33%</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

El porcentaje de betún se refiere a la cantidad de material asfáltico presente en una mezcla asfáltica en relación con el peso total de la mezcla. Este valor es fundamental en la construcción de pavimentos, ya que influye en la resistencia, durabilidad y flexibilidad de la estructura vial.

Para calcularlo, se expresa como la proporción del peso del betún respecto al peso total de la mezcla asfáltica, generalmente en porcentaje. Un contenido adecuado de betún garantiza que la mezcla tenga suficiente cohesión sin volverse demasiado rígida o propensa a deformaciones.

**Tabla 19:** Porcentaje de Bitumen al 5.94%

W1 = Peso inicial de la muestra	1000.0	gr.
W2 = Peso del agregado mineral	938.0	gr.
W3 = Aumento de peso en el filtro	2.6	gr.

$\% \text{ DE BITUMEN} = (W1 - W2 - W3) * 100 / W1$

<b>% DE BITUMEN</b>	<b>5.94</b>	<b>%</b>
---------------------	-------------	----------

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Tabla 20:** Porcentaje de Bitumen al 5.87%

W1 = Peso inicial de la muestra	1000.0	gr.
W2 = Peso del agregado mineral	938.3	gr.
W3 = Aumento de peso en el filtro	3.0	gr.

$\% \text{ DE BITUMEN} = (W1 - W2 - W3) * 100 / W1$

<b>% DE BITUMEN</b>	<b>5.87</b>	<b>%</b>
---------------------	-------------	----------

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

La verificación del diseño de la mezcla consiste en evaluar si una mezcla cumple con los requisitos establecidos para su uso en construcción, garantizando su resistencia, estabilidad y durabilidad.

El objetivo es asegurar que la mezcla tenga una adecuada compactación, cohesión y resistencia ante factores como el tráfico y las condiciones ambientales. Si los resultados cumplen con los parámetros esperados, la mezcla es aprobada para su aplicación en el proyecto.

**Tabla 21:** Aprobación del diseño de la mezcla asfáltica con dióxido de titanio

Grav. Espec. Bulk prom. de agreg: 2.624 gr/cc			
<b>COMPROBACION PESO ESPECIFICO DE LA MEZCLA (6,32% ca)</b>		<b>% C.A. ABSORVIDO POR LOS AGREGADOS</b>	
A=	Peso de la muestra	1000	$\% \text{ ca-a} = (P_{ev} - P_{eag}) / (P_{ev} \times P_{eag}) \times 100 \times P_{E \text{ ca}}$ $\% \text{ ca-a} = 1.00 \%$
D=	Peso del recipiente + agua	7880	
E=	P. del recip. + agua +muest.	8470	
Densidad Rice gr/cc = A / (A + B - C)		2.439	
<b>PESO ESPECIFICO VIRTUAL DE LA MEZCLA DE AGREGADOS</b>		<b>CONTENIDO EFECTIVO DE CEMENTO ASFALTICO</b>	
% de Asfalto		6.32	$\% \text{ CA.e} = \% \text{ ca} - (\% \text{ ca.a}) / 100 \times \% \text{ Agr mezcla}$ $\% \text{ CA.e} = 5.38 \%$
% de agregado en la mezcla		93.68	
Peso Especifico mezcla (RICE) gr/cc		2.439	
Peso Especifico cemento asf. gr/cc		1.015	
$P_{Ev} = \frac{\% \text{ Agregados en la mezcla}}{\frac{100}{P_{E \text{ rice}}} - \frac{\% \text{c.Asf}}{P_{E \text{ casf.}}}}$			
PEv = 2.694 gr/cc			

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Tabla 22:** Propiedades de la mezcla asfáltica

COMPROBACION DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA																	
Nº	%	PESO MUESTRA				DENSIDAD gr/cm3			% EN VOLUMEN			V.F.A. %	% CA EFECT. EN MEZ.	FACTOR CORRECC.	ESTABIL. (lbs)		FLUJO 1/100
		AIRE S.S.S.	AIRE SECO	AGUA	VOL. cc³	BULK	RICE	C.A. EFEC.	AGREG.	VACIOS	V.A.M. %				DIAL	CORREG	
1	6.32	1235	1233	705	530	2.326							0.96		2985	2866	10
2	6.32	1245	1243	710	535	2.323							0.93		3257	3029	11
3	6.32	1259	1258	725	534	2.356							0.96		3116	2991	12
						2.335	2.439	12.38	83.36	4.26	16.64	74.42	5.38			2962	11

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### **4.1.6 Fallas Presentadas en la Capa de Rodadura**

Se procede a un recorrido de la avenida Amazonas en forma presencial para determinar la ubicación por medio del abscisado y la clasificación de las fallas presentadas en la capa de rodadura por medio de la guía de observación. Se ubicarán las fallas de acuerdo con el abscisado de la avenida Amazonas que en nuestro caso va desde la 0+000 hasta 0+1800

Se procede a su valoración de acuerdo con su clasificación la cual consiste en

- Fallas superficiales
- Fallas medianas
- Fallas profundas

Se consideran las 32 fallas que puede presentar la carpeta asfáltica durante la parte operativa al circular los vehículos en la avenida Amazonas

**Figura 33:** Fallas en la carpeta asfáltica actual



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Tabla 23:** Fallas encontradas Av. Amazonas-Cantón Durán

	Abscisa	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	0+040	2.61	0.063
2	0+100	3.47	0.094
3	0+180	3.35	0.064
4	0+240	3.12	0.078
5	0+280	4.16	0.108
6	0+340	3.45	0.096
7	0+400	3.38	0.081
8	0+460	3.25	0.081
9	0+520	3.55	0.089
10	0+600	3.9	0.097
11	0+640	3.78	0.098
12	0+720	3.70	0.096
13	0+760	3.84	0.069
14	0+840	4.51	0.086
15	0+900	3.60	0.094
16	0+980	4.16	0.091
17	0+1020	2.98	0.057
18	0+1080	3.64	0.073
19	0+1160	3.57	0.089
20	0+1200	3.40	0.088
21	0+1280	3.41	0.092
22	0+1340	4.96	0.089
23	0+1420	2.64	0.071
24	0+1500	3.98	0.072
25	0+1580	4.00	0.088
26	0+1640	3.30	0.086
27	0+1680	2.86	0.072
28	0+1760	3.83	0.103
29	0+1800	2.78	0.05
30	0+1880	3.23	0.068
31	0+1920	3.60	0.061
32	0+1980	2.42	0.065
	<b>Total</b>	<b>112.43</b>	<b>2.61</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### **4.1.7 Informe Técnico de la Avenida Amazonas**

Después del recorrido cualitativo realizado en la avenida Amazonas se pueden observar 32 fallas a lo largo de la avenida clasificados como falla por pérdida de áridos en la carpeta asfáltica

Las fallas presentadas en la carpeta asfáltica de la avenida Amazonas se las puede considerar como superficiales, la estructura del pavimento de la avenida

Amazonas está estable al no presentar hundimientos o asentamientos a lo largo de la vía.

La falla perdida de los áridos también llamada degradación, corresponde a la degradación de la superficie de la capa de desgaste debido a la pérdida paulatina de áridos, lo que resulta en una superficie rugosa y una mayor exposición del material al tráfico y la intemperie. Este tipo de áridos es común en las áreas superficiales, es decir es notorio cuando aparecen rayas en rumbo del riego, presentadas en formas de estrías (Delgado Castro, 2003).

Posibles Causas:

- Uso de materiales contaminados, mezclado con finos y absorbentes de agua.
- Mala aplicación del ligante en las superficies
- Problemas de adherencia entre el asfalto y la liga (agregados).
- Cambio de clima cuando se está aplicando el ligante asfáltico.
- Deficiencia de materiales para endurecimiento del asfalto
- Mala compactación aplicada la mezcla asfáltica
- Contaminación de las capas con productos solventes (aceite, agua, etc.).

#### **4.1.8 Método Constructivo para la Reparación de Baches**

Para reparar las deformaciones que presentan la carpeta asfáltica, se usa el método arrojar la mezcla asfáltica al bache. El material que aplican puede ser frío o caliente, se compacta a la densidad adecuada, adhiriéndose por cohesión en las partículas, sellándose las paredes del bache a la intrusión del asfalto, es necesario contar con el equipo adecuado y el procedimiento idóneo para realizar los bacheos (Alvarado, 2023).

Como equipo principal se tiene:

- Una cortadora para realizar un corte limpio preferiblemente el corte se realiza en formas rectangulares o cuadradas.
- Compresor de aire para retirar el polvo.
- Equipo para realizar el riego de liga o imprimación.

- Compactador de placa o rodillo

Como herramientas menores se tiene:

- Picotas, palas, carretillas.
- Cepillo o escoba para limpiar rastros y material suelto.
- Rastrillo afinador de madera o metal.
- Regadera y olla para almacenar ligante si es q no se dispone de un imprimador

#### **4.1.9 El Procedimiento para Trabajos de Bacheo Asfáltico**

- Los bordes verticales se perfilan con un cortador de pavimento, llegando hasta la capa base, donde exista material firme y sin alteración.
- Se retira el material afectado del pavimento flexible, en caso de encontrarse con material con exceso de humedad o material suelto, remover el material y si el espesor lo amerita realizar cambio de material y realizar el debido compactado o conformación.
- Se sopletea el hueco del bache retirando el polvo del fondo y las paredes verticales, incluso el área alrededor del bache ya cortado anteriormente.
- Se aplica un riego de liga, principalmente en las paredes verticales para sellar la intrusión de agua, también en los laterales para realizar el adecuado empalme.
- Se deposita la mezcla asfáltica de bacheo uniformemente con el rastrillo o afinador, la mezcla debe estar a temperatura de aplicación para una mejor adherencia y cohesión de las partículas del material.
- Se compacta con rodillo o placa vibratoria a la densidad necesaria.

##### **4.1.9.1 Ventajas del Bacheo.**

- Es más conocida
- La gente tiene más experiencia sobre su aplicación

#### **4.1.9.2 Desventajas del Bacheo.**

- Si las capas subyacentes están agrietadas y hay presencia de agua, comenzarían a deformarse los bordes de la carpeta y la mezcla.
- El bache debe estar libre de humedad
- Por ser una mezcla caliente no es aconsejable aplicarla en la noche.
- Es más costosa por el uso de la liga y el personal es mayor en comparación con la mezcla de alto rendimiento.
- Se necesita mínimo 2 horas para abrir el tráfico.
- Su tiempo de duración es menor debido a la mala calidad y a su granulometría más densa que ocupa.

#### **4.1.10 Rehabilitación Mediante el Uso de Asfalto Fotocatalítico de la Avenida Amazonas en el Cantón Durán**

**Figura 34:** Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+040



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Figura 35:** Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+080



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Figura 36:** Falla perdida de áridos en la carpeta asfáltica abscisa 0+120



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

En los últimos años, los pavimentos fotocatalíticos han ganado popularidad en la industria de materiales de construcción, destacándose por su enfoque innovador y sostenible. Los pavimentos fotocatalíticos son una realidad que no deja de crecer. Se

están realizando estudios sobre el comportamiento de los materiales al entrar en contacto con el tráfico, para garantizar que se mantiene ese efecto descontaminante y soportan los cambios de temperatura en todo tipo de circunstancias que pueden surgir en las carreteras con tránsito de vehículos. (Ecoasfaltadm, 2023)

Un material descontaminante es aquel que después de ser tratado adecuadamente, mediante el fenómeno natural de la fotocatalisis, es capaz de eliminar la contaminación de su entorno. (Monte, 2021)

#### **4.1.10.1 Definición de Pavimento Fotocatalítico.**

El pavimento fotocatalítico incorpora materiales como el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en el concreto para aprovechar sus propiedades fotocatalíticas. Estos materiales ayudan a descomponer contaminantes atmosféricos cuando están expuestos a la luz ultravioleta (UV) (Mantilla, 2023)

##### **4.1.10.1.1 Composición.**

- **Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>):** Utilizado como agente fotocatalítico, el TiO<sub>2</sub> se integra en la mezcla de concreto o asfalto durante el proceso de producción.
- **Concreto o Asfalto:** El material base que proporciona la estructura y la resistencia del pavimento. Se mezcla con TiO<sub>2</sub> en seco antes de la hidratación o la aplicación.

##### **4.1.10.1.2 Principios de Funcionamiento.**

###### **Foto activación**

**Exposición a Luz UV:** El TiO<sub>2</sub> en el pavimento se activa cuando recibe luz UV, que puede ser proporcionada por la luz solar o fuentes artificiales de UV.

**Generación de Radicales Libres:** La energía de la luz UV excita los electrones en el TiO<sub>2</sub>, generando pares electrón-hueco. Estos radicales libres son altamente reactivos.

#### 4.1.10.1.3 Descomposición de contaminantes

**Reacciones Oxidativas:** Los radicales libres generados reaccionan con contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el aire y en la superficie del pavimento. Esto resulta en la descomposición de contaminantes en compuestos menos dañinos, como agua y dióxido de carbono.

**Auto limpieza:** El pavimento fotocatalítico no solo reduce los contaminantes en el aire, sino que también limpia la superficie al descomponer la suciedad y otros depósitos adheridos.

#### 4.1.10.2 Beneficios Ambientales (Reducción de Contaminación).

Los pavimentos fotocatalíticos se han convertido en tendencia en el sector de los materiales, debido a su carácter sostenible e innovador. Su uso contribuye a reducir las concentraciones de contaminación a las que estamos expuestos.

La fotocatalisis actúa transformando la energía solar en energía química al entrar en contacto con un catalizador. Gracias a este proceso se eliminan aquellos agentes contaminantes como el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno o los óxidos de azufre, ayudando así a mejorar la calidad del aire (Luna, 2022).

**Tabla 24:** Beneficios ambientales del pavimento fotocatalítico

BENEFICIO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	El TiO <sub>2</sub> en el pavimento fotocatalítico descompone contaminantes como NO <sub>x</sub> y COVs en sustancias menos nocivas.
MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE	La descomposición de contaminantes contribuye a una atmósfera más limpia, reduciendo la polución del aire.
REDUCCIÓN DE OLORES	Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) que causan malos olores son

MENOR NECESIDAD DE  
MANTENIMIENTO

EFFECTO A LARGO PLAZO

CONSERVACIÓN DE RECURSOS  
NATURALES

MITIGACIÓN DEL CALENTAMIENTO  
URBANO

descompuestos, mejorando el ambiente urbano.

La capacidad autolimpiante del pavimento reduce la necesidad de productos de limpieza y mantenimiento químicos.

Contribuye a la sostenibilidad al mantener las superficies limpias y reducir la necesidad de reemplazo frecuente.

Menor uso de detergentes y productos de limpieza reduce el consumo de recursos y la generación de desechos.

Mejora la reflexión de luz solar y reduce el calentamiento de superficies, contribuyendo a la reducción del efecto de isla de calor urbano.

---

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### **4.1.11 Mezcla del Asfalto Normal y el Asfalto Fotocatalítico**

El asfalto normal se compone principalmente de agregados pétreos y un ligante bituminoso. El asfalto fotocatalítico es similar, pero contiene dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), que le confiere propiedades descontaminantes al permitir la fotocatalisis.

**Figura 37:** Proceso de ensayo en el material fotocatalítico



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.11.1 Proceso de mezcla.

- Preparación de los agregados: Se calientan los áridos hasta la temperatura de mezcla.
- Incorporación del ligante bituminoso: Se añade el betún en función de la fórmula de trabajo.
- Adición de dióxido de titanio: En el asfalto fotocatalítico, se añade  $\text{TiO}_2$  en polvo o disperso en el ligante en proporciones del 3% al 5% en peso del betún.
- Mezclado: Se homogeniza la mezcla a temperaturas entre  $145^\circ\text{C}$  y  $160^\circ\text{C}$
- Compactación: Se extiende y compacta la mezcla para alcanzar la densidad óptima.

#### 4.1.12 Fórmula Maestra de Ambos Asfaltos

##### 4.1.12.1 Asfalto Normal.

**Tabla 25:** Formula maestra asfalto normal

<b>Componente</b>	<b>Proporción (%)</b>
Agregados pétreos	90 - 95
Betún asfáltico	5 - 7

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

##### 4.1.12.2 Asfalto Fotocatalítico.

**Tabla 26:** Formula maestra asfalto fotocatalítico

<b>Componente</b>	<b>Proporción (%)</b>
Agregados pétreos	88 - 94
Betún asfáltico	5 - 7
Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ )	3 - 5

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.13 Resultados de los Ensayos

##### 4.1.13.1 Ensayo de Masa Unitaria Suelta.

**Tabla 27:** Resultado del ensayo áridos para asfalto – determinación de masa unitaria suelta y porcentaje de huecos

ENSAYO #				1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>				10027	10100	10097
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>				5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V				2836	2836	2836
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V				1,576	1,602	1,601
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>				<b>1593</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Especifica de Volumen (DSSS)	2,7
<b>% de Huecos</b>	<b>41%</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.13.2 Ensayo de Masa Unitaria Varillada.

**Tabla 28:** Resultado del ensayo áridos para asfalto – determinación de masa unitaria varilla y porcentaje de huecos

ENSAYO #				1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>				10703	10698	10713
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>				5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V				2836	2836	2836
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V				1,815	1,813	1,818
<b>PROMEDIO</b>				<b>1815</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

**% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64**

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Especifica de Volumen (DSSS)	2,7
<b>% de Huecos</b>	<b>33%</b>

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)



Tabla 30: Limites de Atterberg

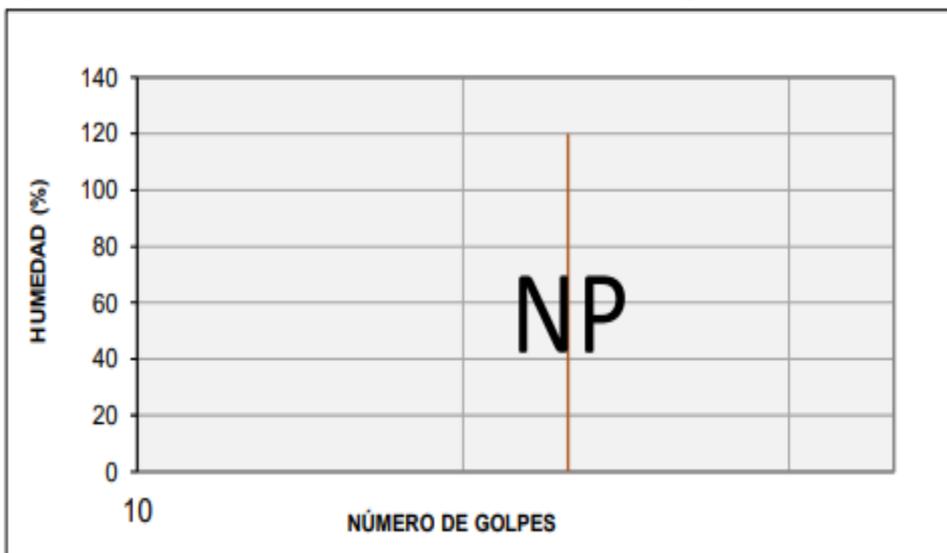
LIMITES DE ATTERBERG			
ASTM D-4318			
LIMITE LIQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo			
Tara + Suelo Seco			
Agua		NP	
Peso de Tara			
Peso Seco			
Numero de Golpes			
Contenido de Humedad (%)			

LIMITE PLASTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo				
Tara + Suelo Seco				
Agua		NP		
Peso de Tara				
Peso Seco				
Contenido de Humedad (%)				

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Figura 39: Gráfica del resultado de los límites de Atterberg



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### 4.1.13.4 Análisis de Gravedad Especifica de los Sólidos.

**Tabla 31:** Resultados del ensayo de gravedad especifica de solidos de M1

<b>PROYECTO:</b>	TESIS		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Av. Amazonas Canton Duran	
<b>SOLICITADO:</b>	Anthony Apolinario M - Martha Viteri A		<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	-	
			<b>MUESTRA # :</b>	M1	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>	ARENA MAL GRADUADA COLOR GRIS				
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ # :</b>	No. 40		<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ # :</b>	No. 100	
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2	
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	949,44	952,44	
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	44,5	40,0	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	638,70	641,30	
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	491,47	490,86	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9905	0,9922	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,69	2,71	
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>					
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$					

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

**Tabla 32:** Resultados del ensayo de gravedad especifica de solidos - Dióxido de titanio

<b>PROYECTO:</b>	TESIS		<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Av. Amazonas Canton Duran	
<b>SOLICITADO :</b>	Anthony Apolinario M - Martha Viteri A		<b>PROFUNDIDAD (m):</b>		
			<b>MUESTRA # :</b>	Dioxido de Titanio	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>	CAL. COLOR BLANCA.				
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ # :</b>	No. 40	<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ # :</b>	No. 100		
<b>Nº DE ENSAYO</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>
<b>Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO</b>			1	2	
<b>MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA</b>	<b>C</b>	gr.	385,54	360,25	
<b>TEMPERATURA</b>	<b>(T)</b>	gr.	52,8	41,5	
<b>MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T</b>	<b>B</b>	°C	367,50	341,60	
<b>MASA MUESTRA SECA</b>	<b>D</b>	gr.	30,87	31,75	
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA</b>	<b>K</b>		0,9868	0,9917	
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO</b>	<b>G<sub>s</sub></b>		2,37	2,40	
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>					
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$					

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

### 4.1.13.5 Control de calidad de mezclas asfálticas

#### 4.1.13.5.1 Ensayo.

Tabla 33: Resultado de las 3 muestras parte 1

<b>CONTENIDO DE ASFALTO :</b> 5,3 %										
<b>R I C E :</b> 2,525										
<b>TEMPERATURA :</b> 130,0 °C										
<b>ENSAYO</b>										
No.	PESO DE MUESTRAS (g)			VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESP. MUESTRA COMPAC.	VACIOS (%)	ESTABILIDAD			FLUJO (0,25 mm)
	EN AIRE	EN AGUA	SSS				MEDIDA DE ESTABILIDAD	FACTOR DE CORR.	CORREC. (lb)	
7%	1189,5	705,1	1196,1	491	2423	4,1	3880	1,09	4229	13
9%	1214,1	710,2	1216,1	506	2400	5,0	4320	1,04	4493	15
10%	1221,2	711,1	1222,3	511	2389	5,4	4520	1,00	4520	17

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Figura 40: Resultado de las 3 muestras parte 2

<b>RESULTADOS</b>	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MUESTRA COMPACTA :</b>	<b>PORCENTAJE DE VACÍOS :</b>
2404	4,8 %
<b>ESTABILIDAD (CORREGIDA) DE LA MUESTRA :</b>	<b>FLUJO DE LA MUESTRA :</b>
4414 lb	15,00

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

Figura 41: Pruebas de ensayo en 3 muestras (10%, 9% y 7% asfalto con dióxido de titanio)



Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

#### **4.1.14 Método Constructivo para la Reparación de Baches en la Avenida Amazonas**

##### **4.1.14.1 Inspección y Diagnóstico.**

Se realiza un recorrido por la avenida Amazonas para identificar las fallas en la carpeta asfáltica. Se han detectado 32 fallas clasificadas como pérdidas de áridos. Debido a su naturaleza superficial, se empleará asfalto fotocatalítico.

##### **4.1.14.2 Equipos y Herramientas Necesarias.**

Equipos Principales:

- Cortadora de asfalto (para cortes lineales en los bordes del bache).
- Compresor de aire (para limpieza del área a bachear).
- Compactador (rodillo o placa vibratoria).

Herramientas Menores:

- Palas y carretillas.
- Cepillo o escoba (para eliminar rastros de polvo y material suelto).
- Rastrillo metálico (para nivelación de la mezcla asfáltica).
- Regadera o tanque de almacenamiento para la aplicación del riego de liga.

##### **4.1.14.3 Procedimiento de Reparación de Baches.**

###### **4.1.14.3.1 Preparación del área:**

- Se perfilan los bordes del bache con la cortadora de pavimento, preferiblemente en forma rectangular o cuadrada.
- Se remueve el material afectado, incluyendo zonas con exceso de humedad o material suelto.
- En caso necesario, se reemplaza el material de base dañado y se compacta adecuadamente.

#### **4.1.14.3.2 Limpieza del área:**

- Se sopletea el hueco y sus alrededores con aire comprimido para eliminar polvo y residuos.
- Se barre el área con escoba o cepillo para garantizar una superficie limpia.

#### **4.1.14.3.3 Aplicación del riego de liga:**

- Se aplica el riego de liga en las paredes verticales y el fondo del bache para sellar la intrusión de agua y mejorar la adherencia.
- Se deja un tiempo de secado de acuerdo con las especificaciones del producto.

#### **4.1.14.3.4 Colocación de la Mezcla Asfáltica Fotocatalítico:**

- Se deposita la mezcla uniformemente en el bache.
- Se extiende y nivela con un rastrillo metálico o afinador.
- La mezcla debe estar a la temperatura de aplicación recomendada para una mejor cohesión.

#### **4.1.14.3.5 Compactación:**

- Se compacta la mezcla con un rodillo vibratorio o placa vibratoria hasta alcanzar la densidad adecuada.
- Se revisa la nivelación con la superficie existente para evitar desniveles.

#### **4.1.14.3.6 Verificación y Limpieza Final:**

- Se inspecciona el bacheo asegurando su correcta compactación y adherencia.
- Se retiran los residuos de la zona de trabajo.

#### **4.1.15 Presupuesto de Obra y Rubros Empleados para la Rehabilitación de las Fallas**

El presupuesto de la construcción es un documento que tiene como prioridad establecer un valor final, para la realización de una obra de construcción los cuales se dividen en varias partes que componen la obra: demoliciones, cimentaciones, etc.

El presupuesto debe constar de las siguientes variantes:

Lista de precios básicos. – es la que debe estar compuesta por la lista de precios básicos de los materiales, equipos y salarios actualizados.

Análisis de precio unitario. – es un análisis de los precios unitarios donde consta el costo económico de las actividades realizadas en la construcción de una obra o proyecto donde se explica los costos unitarios de cada rubro.

Presupuesto por capítulos. – los presupuestos que hay en el proyecto se presentan por capítulos de acuerdo con el sistema que se lleva.

Partes del presupuesto. - se muestra un desglose del presupuesto con las cantidades y costos, se separan; en mano de obra, subcontratos, equipos y gastos en general y además en costo directos e indirectos. (Llumiquinga, 2022)

**Tabla 34:** Rubros empleados para la rehabilitación de la avenida Amazonas

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
APU-001	Ministro y Aplicación de Asfalto Fotocatalítico	metros cuadrados	112,43	110,00	12.367,30
APU-002	Corte y demolición de pavimento asfáltico	metros cuadrados	112,43	5.00	562,15

APU-003	Excavación en material común para bacheo.	metros cúbicos	2.61	20.00	52,20
APU-004	Retiro y disposición de material sobrante	metros cúbicos	2.61	15.00	39,15
APU-005	Suministro y colocación de emulsión asfáltica	galón	11.24	356.36	4.005,50
APU-006	Compactación con placa vibratoria o rodillo	metros cuadrados	112,43	2.00	224,86
APU-007	Transporte de materiales (camión volteo)	kilómetros	10	3.00	30.00
<b>Costo total de rehabilitación:</b>					<b>\$17,281.16</b>

---

Elaborado por: Apolinario y Viteri (2024)

## CONCLUSIONES

Luego de analizar el estado actual de la avenida Amazonas, se pudo determinar que su deterioro se debe principalmente al alto flujo vehicular, las condiciones climáticas y los materiales empleados en su construcción. Estos factores han afectado su infraestructura, haciéndola menos segura y funcional.

La identificación de los daños en la capa de rodadura permitió clasificar los principales problemas de la vía, como fisuras, baches y desprendimientos de material. Esto evidencia la necesidad urgente de una rehabilitación adecuada para mejorar la seguridad y prolongar su vida útil.

La implementación del asfalto fotocatalítico es viable desde el punto de vista técnico, su aplicación no requiere modificaciones estructurales en la vía, sino solo la sustitución de la capa de rodadura con la nueva mezcla modificada con  $\text{TiO}_2$ .

Implementar un sistema constructivo adecuado con asfalto fotocatalizador no solo optimizaría la infraestructura vial del cantón Durán, sino que también fomentaría el uso de tecnologías amigables con el entorno. Esto representa un paso importante hacia un desarrollo urbano más sostenible y eficiente.

Si bien los resultados obtenidos en este estudio son prometedores, se recomienda realizar un monitoreo continuo del comportamiento del asfalto fotocatalítico en diferentes condiciones climáticas y de tráfico para evaluar su efectividad a largo plazo, realizando ajustes en su composición si fuera necesario.

## RECOMENDACIONES

Dado el éxito de la aplicación en la avenida Amazonas, se recomienda expandir el uso de este material en otras vías de alto tráfico dentro del cantón Durán y a nivel nacional. Esto permitirá evaluar su desempeño en distintas condiciones urbanas y climáticas.

Realizar inspecciones periódicas en la avenida Amazonas para evaluar el estado del pavimento y detectar a tiempo los daños que puedan afectar la seguridad y funcionalidad de la vía. Esto permitirá planificar estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo.

Aunque el asfalto fotocatalítico tiene una mayor durabilidad, es necesario establecer programas de mantenimiento preventivo que garanticen su correcto funcionamiento a largo plazo. Estos programas deben incluir inspecciones regulares, limpieza de la superficie para maximizar la acción fotocatalítica y posibles reparaciones en caso de desgaste.

Se recomienda la creación de regulaciones y normativas que incentiven el uso de asfaltos fotocatalíticos en proyectos de infraestructura vial. Estas normativas pueden incluir estándares de calidad, métodos de aplicación y especificaciones técnicas que garanticen su eficacia.

Se recomienda continuar con investigaciones sobre asfaltos fotocatalíticos, explorando la posibilidad de mejorar su composición con otros aditivos que incrementen su eficiencia en la absorción de contaminantes y su resistencia mecánica. También sería beneficioso analizar el impacto económico de su implementación en comparación con asfaltos tradicionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIF. (2020). Libro Blanco de la Fotocatálisis. En A. I. Fotocatálisis, *Libro Blanco de la Fotocatálisis* (pág. 25). Retrieved 11 de jul de 2024, from <https://www.fotocatalisis.org/libro-blanco/>
- Albergrass. (s.f.). *Albergrass*. Retrieved 25 de mar de 2025, from ¿Qué es la fotocatalisis?: <https://albergrass.com/medio-ambiente-y-sostenibilidad/que-es-la-fotocatalisis-2>
- Alvarado, D. (30 de may de 2023). *Multiseñal S.A. DE C.V.* Retrieved 10 de ago de 2024, from ¿Qué causa las grietas en el asfalto de la carretera?: <https://multisenal.com.mx/blog/que-causa-las-grietas-en-el-asfalto-de-la-carretera/#:~:text=Las%20variaciones%20de%20temperatura%20son,provocar%20la%20formaci%C3%B3n%20de%20estas>.
- Andreu, M. (11 de may de 2022). Revista La Vanguardia. *Asfalto fotocatalítico: el nuevo pavimento que reduce la contaminación atmosférica*, pág. 9. Retrieved 11 de jul de 2024, from <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20220511/8227091/asfalto-fotocatalitico-nuevo-pavimento-reduce-contaminacion-atmosferica.html>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Lexis*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Constitución de la República del Ecuador: <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/constitucion-republica-ecuador>
- Asociación ibérica de la fotocatalisis [AIF]. (2011). *Asociación ibérica de la fotocatalisis*. Retrieved 15 de jul de 2024, from Sobre AIF: <https://www.fotocatalisis.org/sobre-aif/>
- Asphalt Institute. (s.f.). *Scribd*. Retrieved 25 de jul de 2024, from Asphalt Institute Technical Bulletin. Laboratory Mixing and Compaction Temperatures: <https://es.scribd.com/document/249189048/Lab-Mixing-Compaction-Temps-pdf>
- Bayas Araujo, M. (mar de 2023). Evaluación de las vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la calle Quis Quis, Av. Manuela Sáenz (Rompe Corazones), calle floreana, calle fernando de magallanes, calle la pinta, Av. Atahualpa. *Trabajo experimental*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil.

- Retrieved 15 de jul de 2024, from <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37647>
- Bitafal. (28 de Mayo de 2020). *Bitafal*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Reología del asfalto: <https://bitafal.com.uy/reologia-del-asfalto/>
- Bitafal. (22 de may de 2020). *Bitafal*. Retrieved 12 de jul de 2024, from Conceptos básicos sobre pavimentos flexibles: <https://bitafal.com.uy/conceptos-basicos-sobre-pavimentos-flexibles/>
- Cabañas Vargas, D., Mota Poot, V., & Ruiz Espinoza, J. (29 de ene de 2019). Luz solar y TiO<sub>2</sub> para eliminar patógenos contenidos en agua de pozo: comportamiento de la fotocatalisis. *Ingeniería*, 23(1), 51-61. Retrieved 12 de jul de 2024, from <https://www.redalyc.org/journal/467/46760427001/html/>
- Campoverde Silva, K. J. (2024). Repositorio Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Retrieved 25 de mar de 2025, from <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/76797>
- Castro, E. (2020). *sliderplayer*. Pavimentación flexible. La construcción de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. como lo son la subrasante, la sub base,": <https://slideplayer.es/slide/17420564/>
- Certificados energéticos. (ene de 2014). *Certificados energéticos*. Materiales fotocatalíticos, ¿eficacia real en la creación de islas urbanas?: [https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2016/05/CIC-511\\_AIF\\_jornada\\_materiales-fotocataliticos.pdf](https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2016/05/CIC-511_AIF_jornada_materiales-fotocataliticos.pdf)
- Certificados energéticos. (03 de jun de 2016). *Certificados energéticos*. Retrieved 11 de jul de 2024, from Fotocatalisis en los materiales de construcción: <https://www.certificadosenergeticos.com/fotocatalisis-materiales-construccion#:~:text=La%20fotocat%C3%A1lisis%20aplicada%20a%20los,otros%2C%20mediante%20una%20reacci%C3%B3n%20fotoqu%C3%ADmica>
- Cervantes Calvo, V., & Salas Chaves, M. (2016). *Causas y consecuencias de la exudación*. Universidad de Costa Rica. Retrieved 25 de mar de 2025, from Boletín Técnico-Universidad de Costa Rica: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/50625112500/314/6.pdf?sequence=1>
- Construneic. (13 de may de 2024). *Construneic*. Retrieved 13 de jul de 2024, from Pavimento Flexible que es? Tipos, Ventajas – Guia 2024: <https://construneic.com/pavimentos/pavimento-flexible/>

- Cueva del Ingeniero. (s.f.). *Cueva del Ingeniero*. Retrieved 21 de feb de 2025, from Pavimentos flexibles y rígidos (Clasificación de las fallas): <https://www.cuevadecivil.com/2015/12/pavimentos-flexibles-y-rigidos.html>
- De Solminihaç , H., Echaveguren , T., & Chamorro G, A. (s.f.). *Gestión de infraestructura vial*. Retrieved 21 de feb de 2025, from <https://books.google.com.ec/books?id=En54EAAAQBAJ&pg=PA28&dq=tipos+#v=onepage&q=tipos&f=false>
- Delgado Castro, C. E. (2003). Estudio de leyes de comportamiento de mezclas asfálticas basados en reología. 5. Universidad de los Andes. Retrieved 15 de jul de 2024, from Repositorio Institucional Seneca: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/f4b0a275-7756-47a1-ba74-8b7734bab41e/content>
- Descubre. (s.f.). *Descubre*. Retrieved 22 de jul de 2024, from ¿Qué es el efecto albedo?: <https://losenlacesdelavida.fundaciondescubre.es/que-es-la-biodiversidad/preguntas/que-es-el-efecto-albedo/>
- Ecoasfaltadm. (04 de Marzo de 2023). <https://www.ecoasfalt.es/la-fotocatalisis-o-los-pavimentos-fotocataliticos/>
- El Telegrafo. (02 de feb de 2022). *El Telegrafo*. Retrieved 10 de ago de 2024, from Consecuencias del calentamiento global en Ecuador: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/consecuencias-del-calentamiento-global-en-ecuador>
- El Universo. (15 de sep de 2011). Durán estrenó avenida Amazonas. *El Universo*, pág. 6. Retrieved 11 de jul de 2024, from <https://www.eluniverso.com/2011/09/15/1/1445/duran-estreno-avenida-amazonas.html/>
- Ferrex. (10 de may de 2021). *Ferrex*. Retrieved enero de 2023, from Materiales de construccion: <https://www.materialesdeconstruccion.com.mx/materiales-arena.php>
- Gaiambiente. (30 de Sep de 2022). *Gaiambiente*. ¿Qué es el efecto Albedo y por qué se debe tener en cuenta al hablar de Cambio Climático?: <https://www.gaiambiente.es/que-es-el-efecto-albedo-y-por-que-se-debe-tener-en-cuenta-al-hablar-de-cambio-climatico/>

- Geotecnia online*. (19 de julio de 2021).  
<https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/ahuellamiento-en-pavimento-asfaltico/>
- Geotexan geosinteticos de alta calidad*. (30 de enero de 2015).  
<https://geotexan.com/es/>
- Herrmann, J.-M. (15 de oct de 1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications in the removal of various types of aqueous pollutants. *Catalysis Today*, 53(1), 115-129. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(99\)00107-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0920-5861(99)00107-8)
- Huaquisto Balcona, M. G., & Ticona Quispe, D. E. (2022). *Revisión sistemática: Tecnologías fotocatalíticas para la reducción de los Óxidos de Nitrógeno (NOx)*. Repositorio Digital Universidad César Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?type=author&value=Ticona%20Quispe,%20Dennis%20Eric>
- Humpiri Pineda, K. (2015). Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno. *Tesis*. Perú: Universidad Andina. Retrieved 25 de mar de 2025, from <https://core.ac.uk/download/pdf/249337494.pdf>
- Inge Civil. (17 de ene de 2018). *Inge Civil*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Procedimiento de Diseño de Pavimento Flexible: <https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2002). *NTE INEN: 2060: Productos derivados del petróleo: cementos asfálticos (asfálticos de penetración). Requisitos*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Scribd: <https://es.scribd.com/document/449142381/INEN-2060-ASFALTO-GRADO-DE-VISCOSIDAD-copia>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Resolución No. 15149 Ministerio de industrias y productividad: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-237.pdf>
- Lifeder. (5 de mayo de 2020). *Lifeder*. Retrieved mayo de 2020, from Técnicas de investigación: <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>

- Llumiquina, A. S. (2022). *Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte*. Retrieved 2025, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5261/1/T-ULVR-4254.pdf>
- López Cabrera D, & S. (2022). *Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte*. Retrieved 2025, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5350/1/T-ULVR-4339.pdf>
- Loyola Alama, C. (2014). Estudio y diseño integral de la carretera limonal-El Recreo ubicada en el cantón Daule Provincia del Guayaquil. *Tesis*, 25. Guayaquil, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Luna, R. P. (21 de 07 de 2022). <https://blog.sorigue.com/el-pavimento-fotocatalitico-una-tendencia-innovadora-y-sostenible-que-mejora-la-calidad-del-aire/>
- Macías Navarrete, D. A. (2019). Estudio de fallas que presenta la carpeta asfáltica con alternativas solución diagnóstico PCI en la vía Sasay Cantón Santa Ana. *Proyecto de titulación*. Manabí, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Retrieved 25 de mar de 2025, from <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1708/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-40.pdf>
- Mantenimiento de carreteras. (14 de feb de 2013). *Mantenimiento de carreteras: Todo sobre Mantenimiento de Carreteras y Vías*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Exudaciones: <https://mantenimientocarreterasyvias.blogspot.com/2013/02/exudaciones.html>
- Mantenimiento de Carreteras. (13 de marzo de 2013). *Todo sobre mantenimiento de carreteras y vías*. <https://mantenimientocarreterasyvias.blogspot.com/2013/03/ondulaciones.html>
- Mantilla, J. d. (25 de Sep de 2023). <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7911/11974>
- Max Fal. (12 de oct de 2017). *Max Fal*. Retrieved 21 de feb de 2025, from Aplicación de asfalto: <https://www.maxfal.com.co/component/spsimpleportfolio/item/7-aplicacion-de-asfalto>
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). *Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador*. Retrieved 21 de feb de 2025, from Norma ecuatoriana vial Nevi-12-MTOP: <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\_Manual\_NEVI-12\_VOLUMEN\_6.pdf

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Volumen No.3 Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_3.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf)

Ministerio del Ambiente y Agua. (6 de abr de 2017). *Código Orgánico del Ambiente [COA]*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Código Orgánico del Ambiente: <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/codigo-organico-ambiente>

Ministerio del Ambiente, A. y. (03 de feb de 2016). *Sierra y Amazonía ecuatorianas muestran afectaciones por el cambio climático*. Retrieved 25 de mar de 2025, from <https://www.ambiente.gob.ec/sierra-y-amazonia-ecuatorianas-muestran-afectaciones-por-el-cambio-climatico/>

Monte, J. M. (2021). <https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/fotocatalisis-luz-solar-para-limpiar-las-ciudades/>

Olbat. (4 de sep de 2020). *Olbat: terracerías y pavimentos*. Retrieved 25 de mar de 2025, from ¿Cuáles son los diferentes tipos de pavimentos que existen?: <https://www.olbat.mx/post/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-pavimentacion-que-existen>

Oyala Castro, A. (2023). Método constructivo de la tecnología velocity patching como control para mitigar los factores que provocan el daño en el pavimento flexible. *Proyecto de investigación*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved 25 de mar de 2025, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6135>

Pavimentos. (11 de oct de 2019). *Pavimentos*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Elementos de un pavimento vial: <https://pavimentosingcivil.blogspot.com/>

Ramos Galarza, C. A. (21 de Octubre de 2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica, IX(3)*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Real Academia Española [RAE]. (s.f.). *Real Academia Española [RAE]*. Albedo: <https://dle.rae.es/albedo>

- Registro Oficial Suplemento 418. (10 de sep de 2004). *Ministerio del Ambiente*. Ley de Gestión Ambiental, codificación: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Rivera Figueroa, B. E. (2022). Determinación de las propiedades mecánicas y fotocatalíticas del asfalto adicionado con dióxido de titanio, Piura, 2022. *Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Civil*, 33. Piura, Perú: Universidad César Vallejo. Retrieved 11 de jul de 2024, from Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/108354>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [Senplades]. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida*. Retrieved 21 de feb de 2025, from Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2017-2021.compressed.pdf>
- Segura Montoya, D. J., & Camelo Manzanares, D. M. (2019). Evaluación de las propiedades fotocatalíticas de prefabricados para obras de infraestructura vial en concreto adicionado con dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Girardot: Universidad Piloto de Colombia. Retrieved 11 de jul de 2024, from Universidad Piloto de Colombia: <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5759>
- Slide Player. (s.f.). *Slide Player*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Pavimentación Flexible: <https://slideplayer.es/slide/17420564/>
- Sorigue. (21 de jul de 2022). *Sorigue*. Retrieved 10 de jul de 2024, from El pavimento fotocatalítico, una tendencia innovadora y sostenible que mejora la calidad del aire: <https://blog.sorigue.com/el-pavimento-fotocatalitico-una-tendencia-innovadora-y-sostenible-que-mejora-la-calidad-del-aire/#:~:text=Los%20pavimentos%20fotocatal%C3%ADticos%20se%20han,a%20las%20que%20estamos%20expuestos>
- Tecnol technics. (22 de mar de 2023). *Tecnol technics*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Cómo reparar grietas o fisuras en un pavimento de asfalto: <https://tecnol.es/shop/tecnol-basics/es/blog/post/como-reparar-pavimento-asfalto.html>

- Teichner, S. (3 de mar de 2007). The origins of photocatalysis. *Journal of Porous Materials* , 15, 311-314. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10934-006-9091-1>
- Unifort. (s.f.). *Unifort*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos: <https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexibles-pavimentos-rigidos/>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte [ULVR]. (s.f.). *Universidad Laica Vicente Rocafuerte [ULVR]*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Trabajo de titulación: <https://www.ulvr.edu.ec/unidad-de-titulacion-2>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil [ULVR]. (2018). *Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil [ULVR]*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Reglamento de titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: [https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/06/pdf\\_1544637159.pdf](https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/06/pdf_1544637159.pdf)
- Villarroel, L. (29 de jun de 2016). *Propiedades del asfalto*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Propiedades del asfalto: <http://propiedadesdelasfalto.blogspot.com/2016/06/fisuras-y-grietas-fisuras-y-grietas-por.html>
- Zerpa, A. (s.f.). *Issuu*. Retrieved 25 de mar de 2025, from Ligante asfáltico: [https://issuu.com/abiliozerpa/docs/revista\\_de\\_pavimentos\\_compressed/s/23559713](https://issuu.com/abiliozerpa/docs/revista_de_pavimentos_compressed/s/23559713)

## ANEXOS

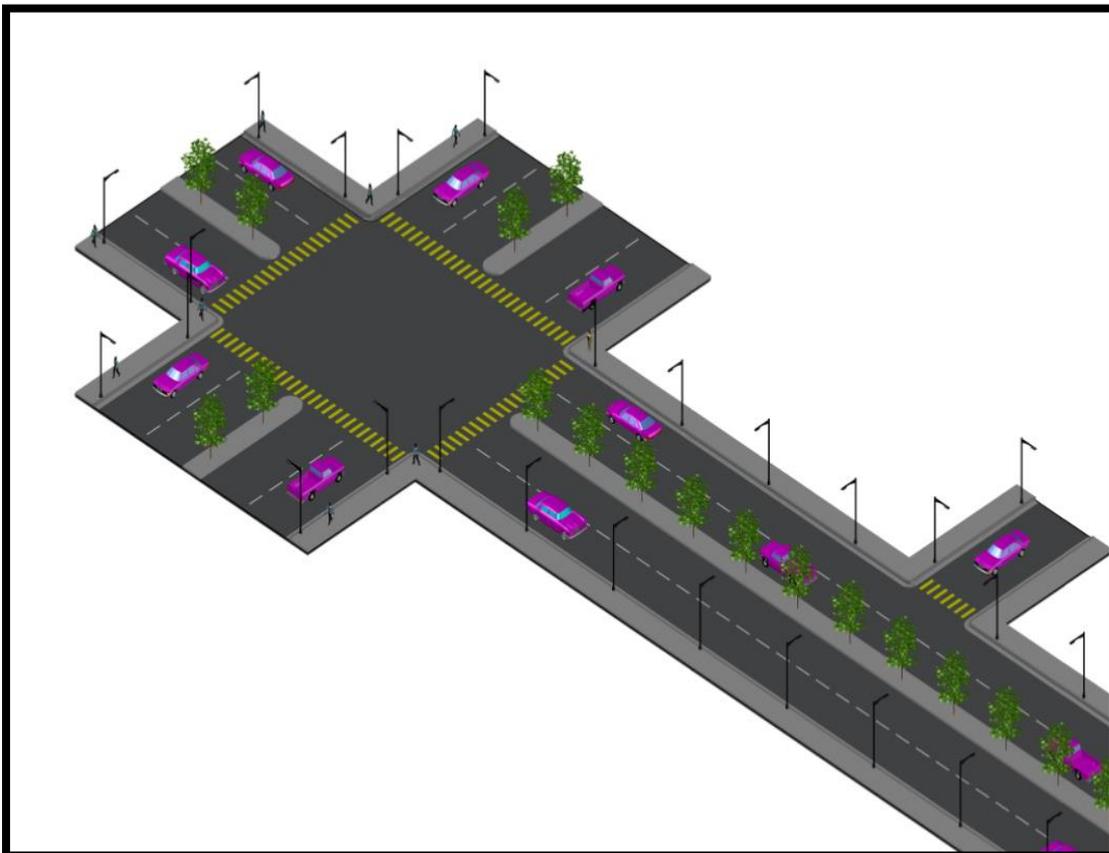
**Anexo 1:** Diseño de la guía observación con las fallas localizadas

Nº	Abscisa	Tipo de Falla	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Observaciones
1	0+040	Pérdida de áridos	2.61	0.063	Superficie rugosa, inicio de desgaste.
2	0+100	Pérdida de áridos	3.47	0.094	Desprendimiento moderado.
3	0+180	Pérdida de áridos	3.35	0.064	Ligera erosión en los bordes.
4	0+240	Pérdida de áridos	3.12	0.078	Afectación en capa superficial.
5	0+280	Pérdida de áridos	4.16	0.108	Mayor desgaste por tráfico pesado.
6	0+340	Pérdida de áridos	3.45	0.096	Ligante asfáltico deficiente.
7	0+400	Pérdida de áridos	3.38	0.081	Notoria afectación por lluvias.
8	0+460	Pérdida de áridos	3.25	0.081	Expansión del daño en bordes.
9	0+520	Pérdida de áridos	3.55	0.089	Pérdida progresiva de material.
10	0+600	Pérdida de áridos	3.90	0.097	Desgaste generalizado.
11	0+640	Pérdida de áridos	3.78	0.098	Afectación uniforme en el tramo.
12	0+720	Pérdida de áridos	3.70	0.096	Falta de adherencia en mezcla.
13	0+760	Pérdida de áridos	3.84	0.069	Tramo con mayor rugosidad.
14	0+840	Pérdida de áridos	4.51	0.086	Zona de alto tránsito afectada.
15	0+900	Pérdida de áridos	3.80	0.094	Inicio de fragmentación superficial.
16	0+980	Pérdida de áridos	4.16	0.091	Presencia de <del>microfisuras</del> .
17	0+1020	Pérdida de áridos	2.98	0.057	Ligeras irregularidades en la textura.
18	0+1080	Pérdida de áridos	3.64	0.073	Zona afectada por variaciones climáticas.
19	0+1160	Pérdida de áridos	3.57	0.089	Inicio de fisuración en superficie.
20	0+1200	Pérdida de áridos	3.40	0.088	Exposición prolongada a humedad.
21	0+1280	Pérdida de áridos	3.41	0.092	Ligante deficiente en la mezcla.
22	0+1340	Pérdida de áridos	4.96	0.089	Zona crítica con mayor deterioro.
23	0+1420	Pérdida de áridos	2.64	0.071	Area con desprendimiento visible.
24	0+1500	Pérdida de áridos	3.98	0.072	Superficie irregular por desgaste.
25	0+1580	Pérdida de áridos	4.00	0.088	Formación de estrías en el pavimento.
26	0+1640	Pérdida de áridos	3.30	0.086	Mayor afectación en los bordes.
27	0+1680	Pérdida de áridos	2.86	0.072	Ligera alteración en la textura.
28	0+1760	Pérdida de áridos	3.83	0.103	Notoria degradación de la capa superior.
29	0+1800	Pérdida de áridos	2.78	0.050	Inicio de desgaste progresivo.
30	0+1880	Pérdida de áridos	3.23	0.068	Daño superficial por compactación deficiente.
31	0+1920	Pérdida de áridos	3.60	0.061	Exposición a factores ambientales.
32	0+1980	Pérdida de áridos	2.42	0.065	Mayor rugosidad en la superficie.

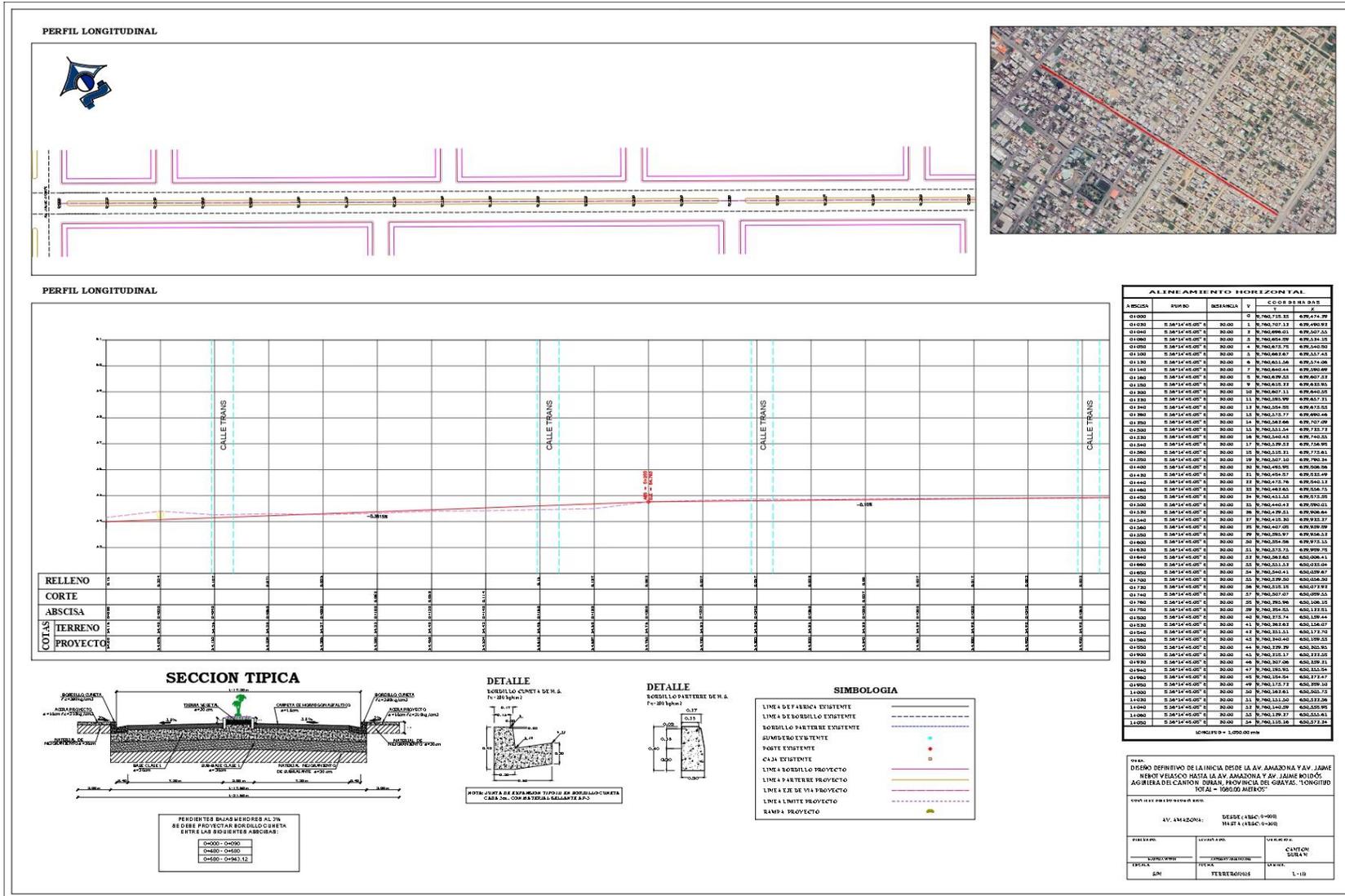
**Anexo 2:** Estado de la avenida amazonas cantón Durán



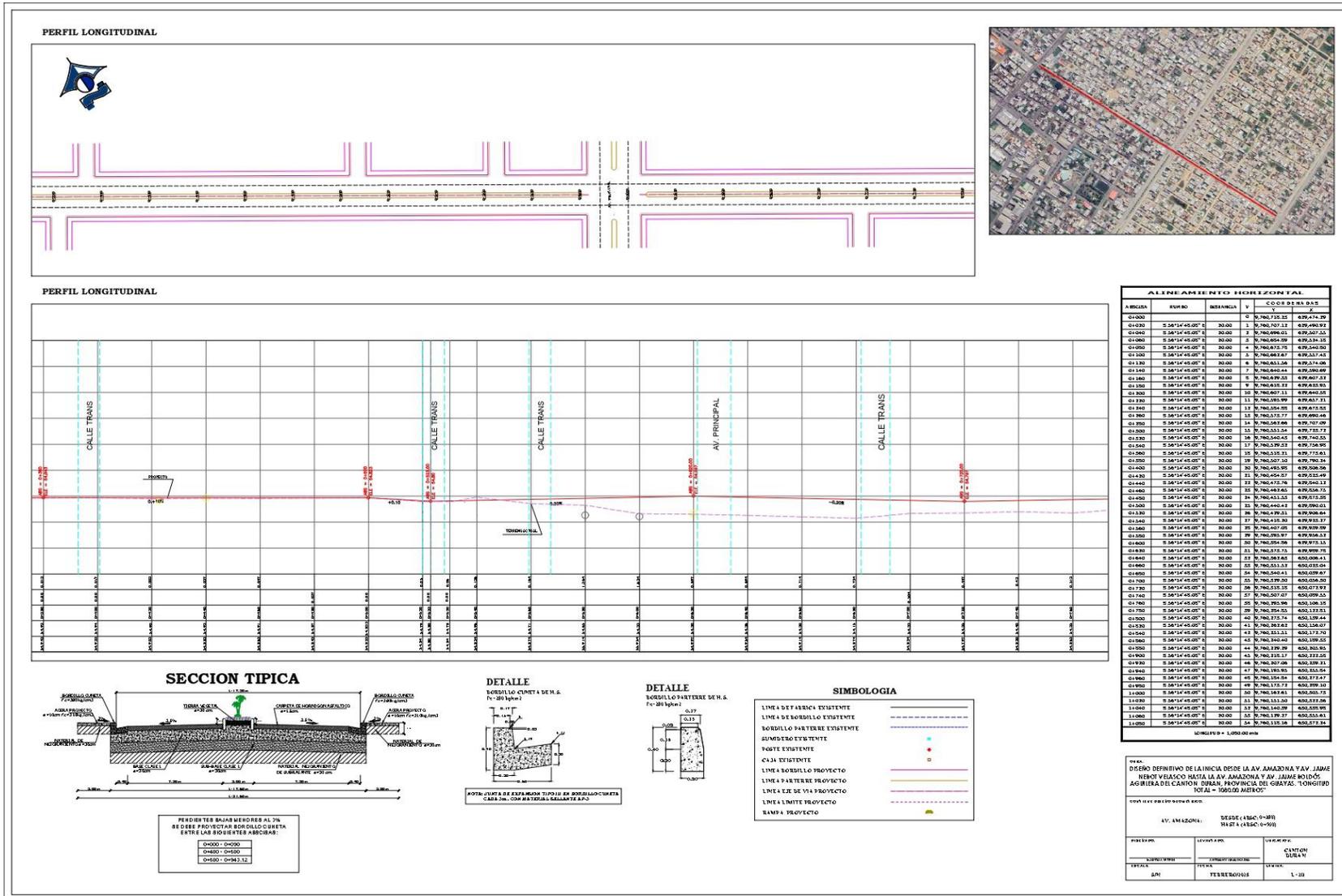
**Anexo 3:** Diseño de la avenida amazonas en AutoCAD 2025



# Anexo 4: Levantamiento Topográfico desde abscisa 0+000 hasta 0+380



# Anexo 5: Levantamiento Topográfico desde abscisa 0+380 hasta 0+760





**Anexo 7: Mezcla de agregados**



**Anexo 8: Baño de agua maría a 60 °C POR 30 minutos**



**Anexo 9:** Compactación de asfalto por un total de 75 golpes



**Anexo 10:** Colocación de briqueta en mordaza Marshall



Anexo 11: Ensayo de Áridos para asfalto

<b>Áridos para Asfalto - Determinación de la Masa Unitaria y El Porcentaje de Huecos</b>	
PROYECTO: TESIS	LOCALIZACIÓN : Av. Amazonas Canton Duran
SOLICITADO: Antony Apolinario M - Martha Viteri A	PROFUNDIDAD:
	MUESTRA #: M1
DESCRIPCIÓN VISUAL:	

**ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10027	10100	10097
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,576	1,602	1,601
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1593</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	<b>41%</b>

**ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10703	10698	10713
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,815	1,813	1,818
<b>PROMEDIO</b>	<b>1815</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	<b>33%</b>

<p><b>Observaciones :</b>  <u>Normas de Referencia:</u>                  INEN 856-1982                  ASTM C 29-91                  AASHTO T 19-93</p>	
--	--

Laboratorista Sr. Jose Rodriguez	Responsable Ing. Luis Cedeño	Fecha Toma Muestra diciembre, 5 de 2024	Fecha Ensayo diciembre, 8 de 2024
-------------------------------------	---------------------------------	--	--------------------------------------

Anexo 12: Análisis Granulométrico

SOLICITADO:	Antony Apolinario M - Martha Viteri A
PROYECTO:	TESIS
UBICACIÓN :	Av. Amazonas Canton Duran
FECHA TOMA:	5/4/2024

PROCEDENCIA:	-
USO:	Agregado grueso para hormigón
MUESTRA:	001
OBSERVACIÓN:	El material se ajusta a un número de tamaño 67, entre 3-4" y N°4.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-33					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
1½"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1,0"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,00
3-4"	19,05	94,84	4,40	4,40	95,60
1-2"	12,70	623,01	28,89	33,29	66,71
3-8"	9,53	442,95	20,54	53,84	46,16
No. 4	4,75	812,45	37,68	91,52	8,48
No. 8	2,36	140,38	6,51	98,03	1,97
No. 16	1,18	6,53	0,30	98,33	1,67
No. 30	0,600	0,93	0,04	98,38	1,62
No. 50	0,300	0,80	0,04	98,41	1,59
No. 100	0,150	1,36	0,06	98,48	1,52
No. 200	0,075	2,89	0,13	98,61	1,39
Fondo		29,98	1,39	100,00	
Total		2156,12 gr	66,71		

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318 LÍMITE LÍQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo			
Tara + Suelo Seco			
Agua			
Peso de Tara			
Peso Seco			
Numero de Golpes			
Contenido de Humedad (%)			

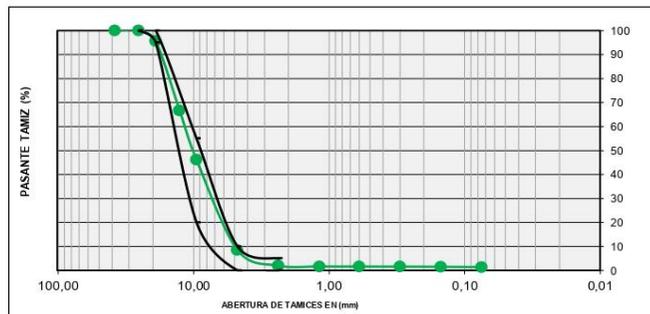
NP

CONTENIDO DE HUMEDAD	
P. Humedo + Tara:	2393,49
P. Seco + Tara :	2384,68
P. Tara :	228,56
P. Seco	2156,12
Hum (%):	0,41

TAMANO PARTICULAS SUCS			
Gravas (%)	Gruesa	65	98
	Fina	0	
Arena (%)	Gruesa	0	0
	Media	0	
	Fina	0	
Finos (%)			1

LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo				
Tara + Suelo Seco				
Agua				
Peso de Tara				
Peso Seco				
Contenido de Humedad (%)				

NP



LÍMITES	
WL	
WP	
IP	

CLASIFICACION	
SUCS	GP
AASHTO	A-1-a



\_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio

**Anexo 13:** Gravedad específica de los sólidos de un suelo muestra M1

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO</b>				
<b>PROYECTO:</b>	TESIS	<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Av. Amazonas Canton Duran	
<b>SOLICITADO:</b>	Anthony Apolinario M - Martha Viteri A	<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	-	
		<b>MUESTRA # :</b>	M1	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>	ARENA MAL GRADUADA COLOR GRIS			
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ # :</b>	No. 40	<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ # :</b>	No. 100	
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	949,44	952,44
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	44,5	40,0
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	638,70	641,30
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	491,47	490,86
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9905	0,9922
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,69	2,71
				<b>2,70</b>
<p><b>Calculo de la Gravedad Especifica</b></p> $G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$				
<p><b>Observaciones :</b>  <u>Normas de Referencia:</u>                      ASTM D 854-92                      AASHTO 100-93</p>				
<b>Laboratorista</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Toma</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	
Sr. Jose Rodriguez.	Ing. Luis Cedeño	diciembre, 5 de 2024	diciembre, 8 de 2024	

**Anexo 14:** Gravedad específica de los sólidos de un suelo muestra Dióxido de Titanio

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO</b>						
<b>PROYECTO:</b>	TESIS	<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Av. Amazonas Canton Duran			
<b>SOLICITADO :</b>	Anthony Apolinario M - Martha Viteri A	<b>PROFUNDIDAD (m):</b>				
		<b>MUESTRA # :</b>	Dioxido de Titanio			
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>		CAL. COLOR BLANCA.				
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ # :</b>		No. 40		<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ # :</b>		No. 100
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>	
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2		
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	385,54	360,25		
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	52,8	41,5		
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	367,50	341,60		
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	30,87	31,75		
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9868	0,9917		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,37	2,40		
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>						
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$						
<b>Observaciones :</b>						
<u>Normas de Referencia:</u>						
ASTM D 854-92						
AASHTO 100-93						
<b>Laboratorista</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Toma</b>	<b>Fecha Ensayo</b>			
Sr. Jose Rodriguez.	Ing Luis Cedeño	diciembre, 5 de 2024	diciembre, 8 de 2024			

**Anexo 15:** Control de calidad asfáltica determinando el 7% de dióxido de titanio como optimo

**PROYECTO :** REHABILITACION MEDIANTE EL USO DE UN ASFALTO FOTOCATALITICO EN  
LA AVENIDA AMAZONAS CANTON DURAN  
**UBICACIÓN :** Av. Amazonas Canton Duran  
**ESTUDIANTES :** Antony Apolinario M - Martha Viteri A      **FECHA TOMA :** 15/12/2024  
**PROVEEDOR :** Inductroc      **FECHA ENSAYO :** 16/12/2024

**CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**  
**ASTM - D 1559 / AASHTO - T 245**

**CONTENIDO DE ASFALTO :** 5,3 %

**R I C E :** 2,525

**TEMPERATURA :** 130,0 °C

**ENSAYO**

No.	PESO DE MUESTRAS (g)			VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESP. MUESTRA COMPAC.	VACIOS (%)	ESTABILIDAD			FLUJO (0.25 mm)
	EN AIRE	EN AGUA	SSS				MEDIDA DE ESTABILIDAD	FACTOR DE CORR.	CORREC. (lb)	
7%	1189,5	705,1	1196,1	491	2423	4,1	3880	1,09	4229	13
9%	1214,1	710,2	1216,1	506	2400	5,0	4320	1,04	4493	15
10%	1221,2	711,1	1222,3	511	2389	5,4	4520	1,00	4520	17

**RESULTADOS**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MUESTRA COMPACTA :**

2404

**PORCENTAJE DE VACIOS :**

4,8 %

**ESTABILIDAD (CORREGIDA) DE LA MUESTRA :**

4414 lb

**FLUJO DE LA MUESTRA :**

15,00

Anexo 16: Diseño vial calicata C-1



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN :  
 UBICACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 FECHA : 15/12/2024

CALICATA: C-1 TIPO: SPT  
 MUESTRA : 1  
 PROFUNDIDAD : 0 a 1 m  
 COORDENADAS : E: 2163608 N: 79836524  
 COTA: 0,000 msnm

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 20	0,85	1,00	0,72	0,72	99,28
No 40	0,43	6,13	4,42	5,14	94,86
No 100	0,149	40,78	29,41	34,56	65,44
No. 200	0,075	22,14	15,97	50,53	49,47
Fondo		68,59	49,47	100,00	
Total		138,64 gr	100,00		

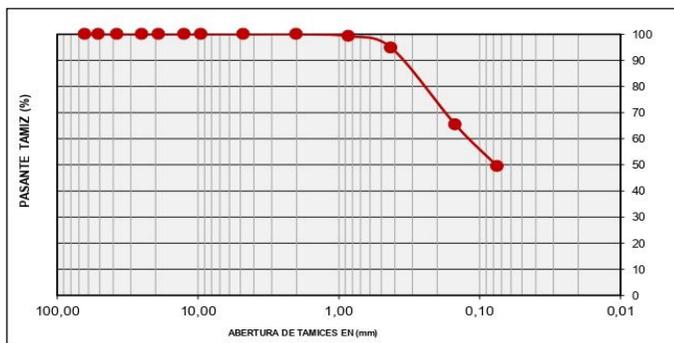
CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P. Humedo + Tara:	193,44	-
P. Seco + Tara :	177,86	-
P. Tara :	39,22	-
P. Seco	138,64	-
Hum (%):	11	-

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G	0
	F	0
Arena (%)	G	0
	M	5
	F	45
Finos (%)		49

SECO AL AIRE

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318 LÍMITE LÍQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	13,57	14,32	16,22
Tara + Suelo Seco	12,37	12,59	14,41
Agua	1,20	1,73	1,81
Peso de Tara	7,70	6,14	7,91
Peso Seco	4,67	6,45	6,50
Numero de Golpes	39	25	16
Contenido de Humedad (%)	25,70	26,82	27,85

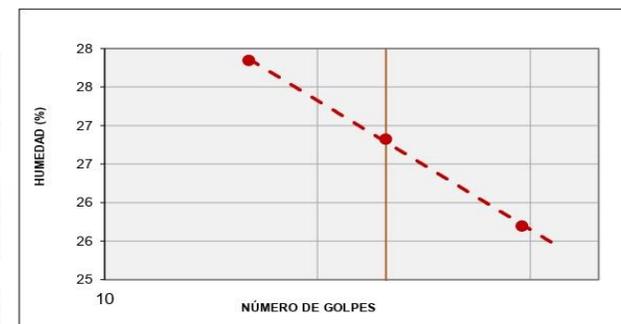
LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	8,90	10,13	10,11	10,35
Tara + Suelo Seco	8,42	9,65	9,62	9,72
Agua	0,48	0,48	0,49	0,63
Peso de Tara	5,72	6,83	6,82	6,02
Peso Seco	2,70	2,82	2,80	3,70
Contenido de Humedad (%)	17,8	17,0	17,5	17,0



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LÍMITES	
WL	27
WP	17
IP	10

CLASIFICACION	
SUCS	SC
AASHTO	A-4



Anexo 17: Diseño vial calicata C-1



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 UBICACIÓN : 15/12/2024  
 FECHA :

CALICATA: C-1 TIPO: SPT  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD: 1 a 1,5 m  
 COORDENADAS: E: 2163608 N: 79836524  
 COTA: 0,000 msnm

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1½"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
¼"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	2,67	2,42	2,42	97,58
No. 10	2,00	1,38	1,25	3,67	96,33
No. 20	0,85	2,95	2,67	6,34	93,66
No 40	0,43	1,85	1,68	8,02	91,98
No 100	0,149	1,54	1,40	9,41	90,59
No. 200	0,075	0,59	0,53	9,95	90,05
Fondo		99,41	90,05	100,00	
Total		110,39 gr	100,00		

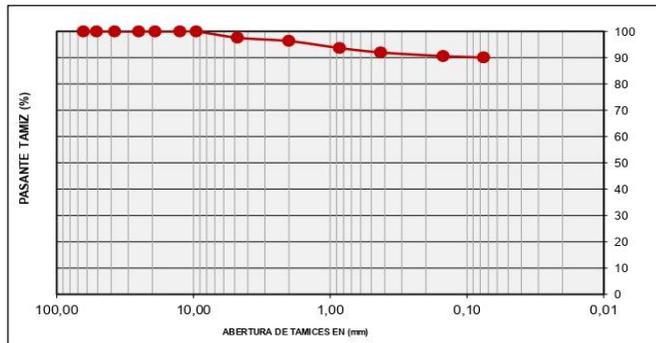
CONTENIDO DE HUMEDAD	TURBA	
P. Humedo + Tara:	230,98	165,97
P. Seco + Tara :	149,59	104,17
P. Tara :	39,20	31,68
P. Seco	110,39	72,49
Hum (%):	74	85

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G 0	2
	F 2	
Arena (%)	G 1	8
	M 4	
	F 2	
Finos (%)		90

SECO AL AIRE

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318			
LÍMITE LIQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	17,80	17,70	17,60
Tara + Suelo Seco	12,10	11,94	11,55
Agua	5,70	5,76	6,05
Peso de Tara	6,29	6,28	5,88
Peso Seco	5,81	5,66	5,67
Numero de Golpes	36	25	16
Contenido de Humedad (%)	98,11	101,77	106,70

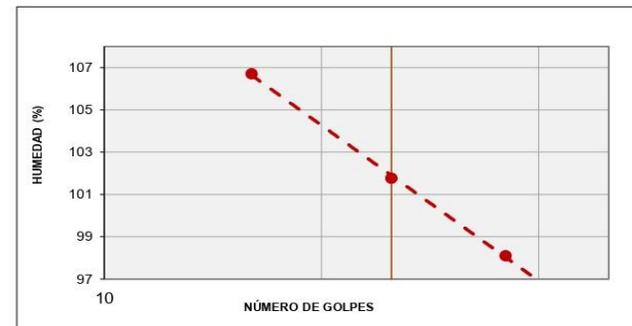
LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	7,91	7,70	7,20	6,87
Tara + Suelo Seco	7,47	7,29	6,73	6,42
Agua	0,44	0,41	0,47	0,45
Peso de Tara	6,84	6,70	6,04	5,77
Peso Seco	0,63	0,59	0,69	0,65
Contenido de Humedad (%)	69,8	69,5	68,1	69,2



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LÍMITES	
WL	102
WP	69
IP	33

CLASIFICACION	
SUCS	MH
AASHTO	A-7-5



Anexo 18: Diseño vial calicata C-2



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN :  
 UBICACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 FECHA : 15/12/2024

CALICATA: C-2 TIPO: SPT  
 MUESTRA : 2  
 PROFUNDIDAD : 1 a 1,5 m  
 COORDENADAS : E: 2163286 N: 79837057  
 COTA: 0,000 msnm

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2 1/2"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	2,67	2,42	2,42	97,58
No. 10	2,00	1,38	1,25	3,67	96,33
No. 20	0,85	2,95	2,67	6,34	93,66
No. 40	0,43	1,85	1,68	8,02	91,98
No. 100	0,149	1,54	1,40	9,41	90,59
No. 200	0,075	0,59	0,53	9,95	90,05
Fondo		99,41	90,05	100,00	
Total		110,39 gr	100,00		

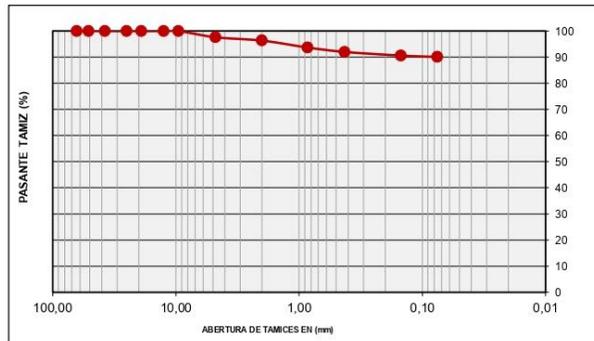
CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P.Humedo + Tara:	230,98	165,97
P. Seco + Tara :	149,59	104,17
P. Tara :	39,20	31,68
P. Seco	110,39	72,49
Hum (%) :	74	85

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G 0	2
	F 2	
Arena (%)	G 1	8
	M 4	
	F 2	
Finos (%)		90

SECO AL AIRE

LÍMITES DE ATTERBERG			
ASTM D-4318			
LÍMITE LIQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	17,80	17,70	17,60
Tara + Suelo Seco	12,10	11,94	11,55
Agua	5,70	5,76	6,05
Peso de Tara	6,29	6,28	5,88
Peso Seco	5,81	5,66	5,67
Numero de Golpes	36	25	16
Contenido de Humedad (%)	98,11	101,77	106,70

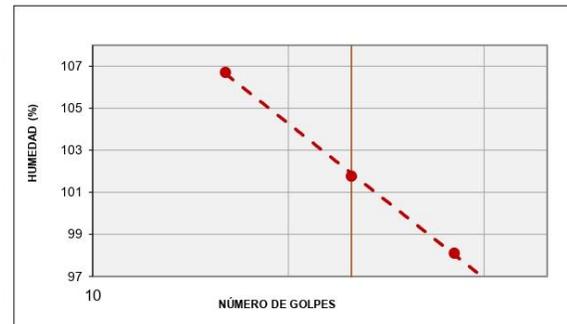
LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	7,91	7,70	7,20	6,87
Tara + Suelo Seco	7,47	7,29	6,73	6,42
Agua	0,44	0,41	0,47	0,45
Peso de Tara	6,84	6,70	6,04	5,77
Peso Seco	0,63	0,59	0,69	0,65
Contenido de Humedad (%)	69,8	69,5	68,1	69,2



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LÍMITES	
WL	102
WP	69
IP	33

CLASIFICACION	
SUCS	MH
AASHTO	A-7-5



Anexo 19: Diseño vial calicata C-2



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN :  
 UBICACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 FECHA : 15/12/2024

CALICATA: C-2 TIPO: SPT  
 MUESTRA : 2  
 PROFUNDIDAD : 1 a 1,5 m  
 COORDENADAS : E: 2163286 N: 79837057  
 COTA: 0,000 msnm

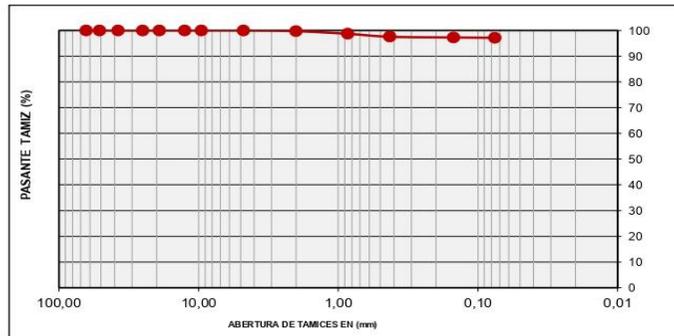
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2 1/2"	63.50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50.80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37.50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25.00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19.00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12.50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9.50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4.75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2.00	0,39	0,25	0,25	99,75
No. 20	0.85	1,61	1,05	1,30	98,70
No. 40	0.43	1,76	1,14	2,44	97,56
No. 100	0.149	0,40	0,26	2,70	97,30
No. 200	0.075	0,21	0,14	2,84	97,16
Fondo		149,49	97,16	100,00	
Total		153,86 gr	100,00		

CONTENIDO DE HUMEDAD	TURBA
P. Humedo + Tara:	262,35
P. Seco + Tara :	193,43
P. Tara :	39,57
P. Seco	153,86
Hum (%) :	45

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G 0	0
	F 0	
Arena (%)	G 0	3
	M 2	
	F 0	
Finos (%)		97

SECO AL HORNO			
LIMITE DE ATTERBERG ASTM D-4318			
LIMITE LIQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	16,13	16,49	16,61
Tara + Suelo Seco	12,37	11,76	11,65
Agua	3,76	4,73	4,96
Peso de Tara	7,69	6,16	6,08
Peso Seco	4,68	5,60	5,57
Numero de Golpes	40	26	16
Contenido de Humedad (%)	80,34	84,46	89,05

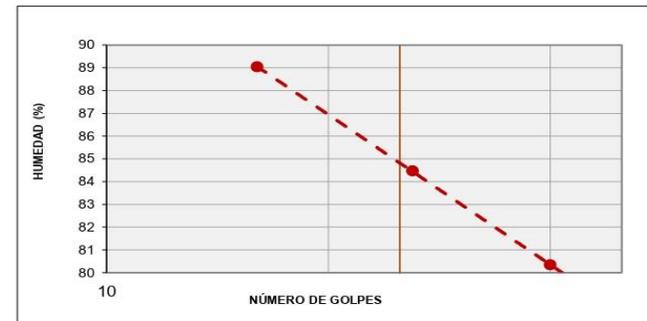
LIMITE PLASTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	8,24	8,49	8,20	8,36
Tara + Suelo Seco	8,01	8,20	7,96	8,10
Agua	0,23	0,29	0,24	0,26
Peso de Tara	7,28	7,37	7,19	7,30
Peso Seco	0,73	0,83	0,77	0,80
Contenido de Humedad (%)	31,5	34,9	31,2	32,5



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LIMITE	
WL	85
WP	33
IP	52

CLASIFICACION	
SUCS	CH
AASHTO	(2-2-2)



Anexo 20: Diseño vial calicata C-3



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 UBICACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 FECHA : 15/12/2024

CALICATA : C-3 TIPO: SPT  
 MUESTRA : 2 a 1 m  
 PROFUNDIDAD : 0 E: 2163996 N: 79836174  
 COORDENADAS :  
 COTA : 0,000 msnm

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ	mm.	PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE
2½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1½"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
¼"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 20	0,85	0,00	0,00	0,00	100,00
No 40	0,43	0,08	0,16	0,16	99,84
No 100	0,149	0,52	1,07	1,23	98,77
No. 200	0,075	0,23	0,47	1,71	98,29
Fondo		47,84	98,29	100,00	
Total		48,67 gr	100,00		

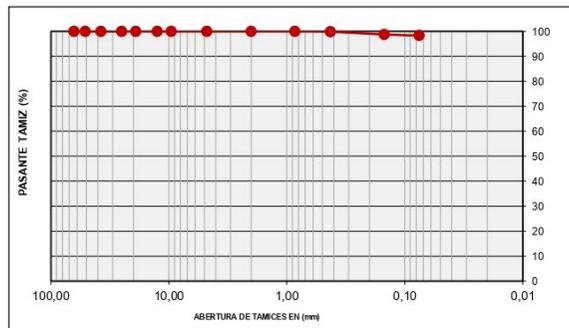
CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P. Humedo + Tara:	130,90	115,79
P. Seco + Tara :	86,93	69,86
P. Tara :	38,26	31,67
P. Seco	48,67	38,19
Hum (%):	90	120

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G 0	0
	F 0	
Arena (%)	G 0	2
	M 0	
	F 2	
Finos (%)		98

SECO AL AIRE

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318 LÍMITE LÍQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	15,70	15,60	15,50
Tara + Suelo Seco	8,78	8,72	8,76
Agua	6,92	6,89	6,74
Peso de Tara	5,88	5,90	6,06
Peso Seco	2,90	2,82	2,70
Numero de Golpes	38	24	17
Contenido de Humedad (%)	238,62	244,58	249,63

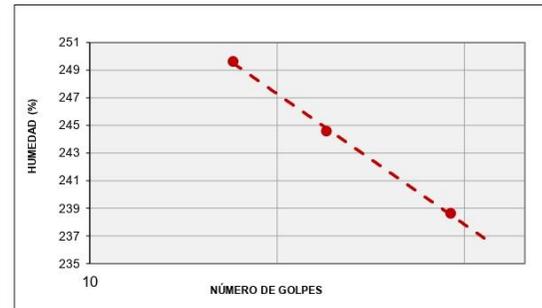
LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	7,61	7,41	7,22	7,77
Tara + Suelo Seco	6,68	6,58	6,48	7,11
Agua	0,93	0,83	0,74	0,66
Peso de Tara	6,15	6,13	6,03	6,74
Peso Seco	0,53	0,45	0,45	0,37
Contenido de Humedad (%)	175,5	184,4	164,4	178,4



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LÍMITES	
WL	244
WP	176
IP	69

CLASIFICACION	
SUCS	MH
AASHTO	A-7-5



Anexo 21: Diseño vial calicata C-3



PROYECTO : TESIS  
 SOLICITADO POR : Antony Apolinario - Martha Viteri  
 FISCALIZACIÓN :  
 UBICACIÓN : AV. Amazonas Cantón Duran  
 FECHA : 15/12/2024

CALICATA: C-3 TIPO: SPT  
 MUESTRA : 2  
 PROFUNDIDAD : 1 a 1,5 m  
 COORDENADAS : E: 2163996 N: 79836174  
 COTA: 0,000 msnm

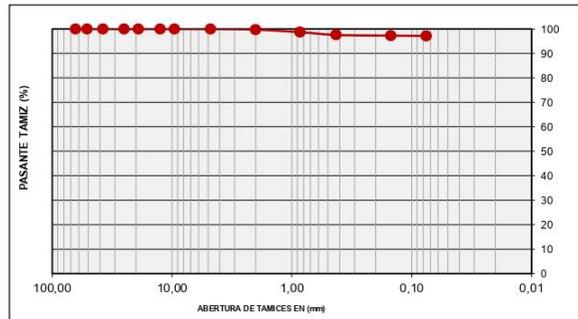
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
TAMIZ		PESO RETENIDO		% RETENIDO	% PASANTE
ASTM	mm.	PARCIAL	PARCIAL	ACUMULADO	ACUMULADO
2 1/2"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,00	0,39	0,25	0,25	99,75
No. 20	0,85	1,61	1,05	1,30	98,70
No 40	0,43	1,76	1,14	2,44	97,56
No 100	0,149	0,40	0,26	2,70	97,30
No. 200	0,075	0,21	0,14	2,84	97,16
Fondo		149,49	97,16	100,00	
Total		153,86 gr	100,00		

CONTENIDO DE HUMEDAD		TURBA
P.Humedo + Tara:	262,35	-
P. Seco + Tara :	193,43	-
P. Tara :	39,57	-
P. Seco	153,86	-
Hum (%):	45	-

TAMANO PARTICULAS SUCS		
Gravas (%)	G	0
	F	0
Arena (%)	G	0
	M	2
	F	0
Finos (%)	F	97

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D-4318			
LÍMITE LÍQUIDO			
Paso No.	1	2	3
Tara No.			
Tara + Suelo Humedo	16,13	16,49	16,61
Tara + Suelo Seco	12,37	11,76	11,65
Agua	3,76	4,73	4,96
Peso de Tara	7,69	6,16	6,08
Peso Seco	4,68	5,60	5,57
Numero de Golpes	40	26	16
Contenido de Humedad (%)	80,34	84,46	89,05

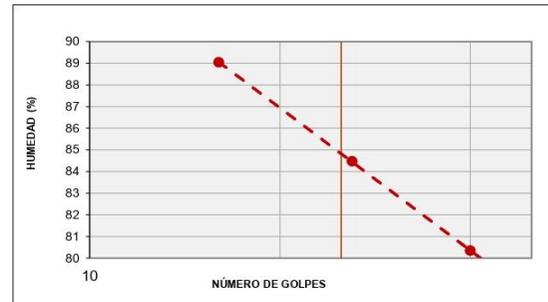
LÍMITE PLÁSTICO				
Paso No.	1	2	3	4
Tara No.				
Tara + Suelo Humedo	8,24	8,49	8,20	8,36
Tara + Suelo Seco	8,01	8,20	7,96	8,10
Agua	0,23	0,29	0,24	0,26
Peso de Tara	7,28	7,37	7,19	7,30
Peso Seco	0,73	0,83	0,77	0,80
Contenido de Humedad (%)	31,5	34,9	31,2	32,5



DENSIDAD	
Peso (gr)	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	

LÍMITES	
WL	85
WP	33
IP	52

CLASIFICACION	
SUCS	CH
AASHTO	(2-2-2)



Anexo 22: Hoja estratigráfica de Calicata 1

		<b>HOJA ESTRATIGRAFICA - CALICATAS</b> <b>RESULTADO DE ENSAYOS</b>				<b>C-1</b>					
<b>Proyecto</b>	TESIS - TITULACIÓN										
<b>Contratante</b>	Ing. Luis Cedeño				<b>Este</b>	2163608,00 m					
<b>Contratista</b>					<b>Norte</b>	79836524,00 m					
<b>Sector/Tramo</b>	AV. Amazonas Cantón Duran				<b>Cota</b>	msnm					
<b>Responsable</b>	Antony Apolinario Miranda - Martha viteri almeida				<b>Tipo</b>	Calicata					
<b>Clima</b>	Soleado				<b>ID:</b>	C-1					
<b>Abscisa</b>					<b>Fecha</b>	1/12/2024					
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL ESTRATIGRAFICO CLASIFICACION SUCS CLASIFICACION AASHTO	DESCRIPCION DE SUELO	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRIA			LÍMITES		DENSIDAD SECA MÁXIMA (kg/m³) / HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DCP <sub>INDEX</sub> (mm/golpe)	%CBR <sub>LABORATORIO</sub> / HINCHAMIENTO
				GRAVA	ARENA	FINO	%LL	%IP			
0,50	SC (A-4)	Arena arcillosa. Color gris.	11	0	51	49	27	10	1762	-	4,29 0,36
1,00	MH (A-7.5)	Limo de alta plasticidad, con grava Color gris.	74	2	8	90	102	33		-	
1,50		<b>Fin calicata 1,50 m</b>									
2,00											
2,50											
3,00											
3,50											
4,00											
<b>OBSERVACIONES</b>											
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>											
<b>PARÁMETROS DE DESCRIPCION DE SUELO</b>											
Roca Met.		Arcilla									
Gravas		Limo									
Arenas		Capa Vegetal									

Anexo 23: Hoja estratigráfica de Calicata 2

		<b>HOJA ESTRATIGRAFICA - CALICATAS</b> <b>RESULTADO DE ENSAYOS</b>			<b>C-2</b>																		
<b>Proyecto</b>	TESIS - TITULACIÓN																						
<b>Contratante</b>	Ing. Luis Cedeño	<b>Este</b>	2163286,00 m																				
<b>Contratista</b>		<b>Norte</b>	79837057,00 m																				
<b>Sector/Tramo</b>	AV. Amazonas Cantón Duran	<b>Cota</b>	msnm																				
<b>Responsable</b>	Antony Apolinario Miranda - Martha viteri almeida	<b>Tipo</b>	Calicata																				
<b>Clima</b>	Soleado	<b>ID:</b>	C-2																				
<b>Abscisa</b>		<b>Fecha</b>	1/12/2024																				
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL ESTRATIGRAFICO CLASIFICACION SUCS CLASIFICACION AASHTO	DESCRIPCION DE SUELO	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRIA			LÍMITES		DENSIDAD SECA MÁXIMA (kg/m <sup>3</sup> ) / HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DCF <sub>INDEX</sub> (mm/golpe)	%CBR <sub>LABORATORIO</sub> / HINCHAMIENTO												
				GRAVA	ARENA	FINO	%LL	%IP															
0,50	MH (A-7-5)	Limo de alta plasticidad con grava. Color verde.	74	2	8	90	102	33	1762	-	4,29 0,36												
1,00	CH (2-2-2)	Arcilla de alta plasticidad . Color gris.	45	0	3	97	85	52		-													
1,50		<b>Fin calicata 1,50 m</b>																					
2,00																							
2,50																							
3,00																							
3,50																							
4,00																							
<b>OBSERVACIONES</b>																							
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>																							
<b>PARÁMETROS DE DESCRIPCION DE SUELO</b>																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Roca Met.</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">Arcilla</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Gravas</td> <td></td> <td>Limo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arenas</td> <td></td> <td>Capa Vegetal</td> <td></td> </tr> </table>												Roca Met.		Arcilla		Gravas		Limo		Arenas		Capa Vegetal	
Roca Met.		Arcilla																					
Gravas		Limo																					
Arenas		Capa Vegetal																					

Anexo 24: Hoja estratigráfica de Calicata 3

		<b>HOJA ESTRATIGRAFICA - CALICATAS</b> <b>RESULTADO DE ENSAYOS</b>		<b>C-3</b>																			
<b>Proyecto</b>	TESIS - TITULACIÓN																						
<b>Contratante</b>	Ing. Luis Cedeño	<b>Este</b>	2163996,00 m																				
<b>Contratista</b>		<b>Norte</b>	79836174,00 m																				
<b>Sector/Tramo</b>	AV. Amazonas Cantón Duran	<b>Cota</b>	msnm																				
<b>Responsable</b>	Antony Apolinario Miranda - Martha viteri almeida	<b>Tipo</b>	Calicata																				
<b>Clima</b>	Soleado	<b>ID:</b>	C-3																				
<b>Abscisa</b>		<b>Fecha</b>	1/12/2024																				
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL ESTRATIGRAFICO CLASIFICACION SUCS CLASIFICACION AASHTO	DESCRIPCION DE SUELO	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRIA			LÍMITES		DENSIDAD SECA MÁXIMA (kg/m³) / HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DCP <sub>INDEX</sub> (mm/golpe)	%CBR <sub>LABORATORIO</sub> / HINCHAMIENTO												
				GRAVA	ARENA	FINO	%LL	%IP															
0,50	MH (A-7-5)	Limo de alta plasticidad . Color gris.	90	0	2	98	244	69	1762	-	4,29 0,36												
1,00	CH	Arcilla de alta plasticidad. Color café.	45	0	3	97	85	52		-													
1,50		Fin calicata 1,50 m																					
2,00																							
2,50																							
3,00																							
3,50																							
4,00																							
<b>OBSERVACIONES</b>																							
<table border="1" style="width:100%; height: 20px;"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																							
<b>PARÁMETROS DE DESCRIPCION DE SUELO</b>																							
<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Roca Met.</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">Arcilla</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Gravas</td> <td></td> <td>Limo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arenas</td> <td></td> <td>Capa Vegetal</td> <td></td> </tr> </table>												Roca Met.		Arcilla		Gravas		Limo		Arenas		Capa Vegetal	
Roca Met.		Arcilla																					
Gravas		Limo																					
Arenas		Capa Vegetal																					

**Anexo 25:** Ensayo de gravedad especifica C-1

		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO</b>			
<b>PROYECTO:</b>	TESIS		<b>CALICATA #:</b>	1	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	AV. Amazonas Cantón Duran		<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	0,00 - 1,50 m	
<b>COORDENADAS:</b>	'N:79836524	E:2163608	<b>MUESTRA #:</b>	1	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>			Arena arcillosa. Color gris.		
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ #:</b>		No. 40	<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ #:</b>		No. 100
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2	
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	385,25	359,75	
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	58,9	47,7	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	366,54	341,00	
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	30,50	30,73	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9838	9891	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,55	2,54	
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>					
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$					
<b>Observaciones:</b> <u>Normas de Referencia:</u> ASTM D 854-92 AASHTO 100-93					
<b>SOLICITADO POR</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Toma</b>	<b>Fecha Ensayo</b>		
Antony Apolinario - Martha Viteri	Ing. Luis Cedeño	febrero, 13 de 2024	febrero, 15 de 2024		

**Anexo 26:** Ensayo de gravedad especifica C-2

		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO</b>			
<b>PROYECTO:</b>	TESIS		<b>CALICATA #:</b>	2	
<b>LOCALIZACIÓN :</b>	AV. Amazonas Cantón Duran		<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	0,00 - 1,50 m	
<b>COORDENADAS:</b>	'N:79837057 E:2163286		<b>MUESTRA # :</b>	2	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>			Limo de alta plasticidad con grava. Color verde.		
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ # :</b>		No. 40	<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ # :</b>		No. 100
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2	
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	386,10	359,75	
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	57,1	47,7	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	367,50	341,00	
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	30,50	30,73	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9798	9891	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,51	2,54	
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>					
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$					
<b>Observaciones :</b>					
<u>Normas de Referencia:</u>					
ASTM D 854-92					
AASHTO 100-93					
<b>SOLICITADO POR</b>		<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Toma</b>		<b>Fecha Ensayo</b>
Antony Apolinario - Martha Viteri		Ing. Luis Cedeño	febrero, 13 de 2024		febrero, 15 de 2024

**Anexo 27:** Ensayo de gravedad especifica C-3

		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO</b>			
<b>PROYECTO:</b>	TESIS		<b>CALICATA #:</b>	3	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	AV. Amazonas Cantón Duran		<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	0,00 - 1,50 m	
<b>COORDENADAS:</b>	'N:79836174 E:2163996		<b>MUESTRA #:</b>	3	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>			Limo de alta plasticidad. Color gris		
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ #:</b>		No. 40	<b>Y RETIENE EN EL TAMIZ #:</b>		No. 100
Nº DE ENSAYO			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>P R O M E D I O</b>
Nº DE PICNOMETRO CALIBRADO			1	2	
MASA DEL PICNOMETRO + MUESTRA + AGUA	<b>C</b>	gr.	385,98	359,75	
TEMPERATURA	<b>(T)</b>	gr.	57,3	47,7	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA A LA TEMPERATURA T	<b>B</b>	°C	366,99	341,00	
MASA MUESTRA SECA	<b>D</b>	gr.	30,57	30,73	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	<b>K</b>		0,9684	9891	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	<b>G<sub>s</sub></b>		2,56	2,54	
<b>Calculo de la Gravedad Especifica</b>					
$G_s = \frac{D K}{D + (B - C)}$					
<b>Observaciones:</b> <u>Normas de Referencia:</u> ASTM D 854-92 AASHTO 100-93					
<b>SOLICITADO POR</b>		<b>Responsable</b>	<b>Fecha de Toma</b>		<b>Fecha Ensayo</b>
Antony Apolinario - Martha Viteri		Ing. Luis Cedeño	febrero, 13 de 2024		febrero, 15 de 2024

Anexo 28: Ensayo de Compactación PROCTOR C-1



**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO**

(ASTM D-1557 // AASHTO T-180)

<b>SOLICITANTE:</b>	Antony Apolinario - Martha Viteri	<b>PROCEDENCIA:</b>	CALICATA
<b>PROYECTO:</b>	TESIS	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>FECHA TOMA:</b>	2-dic-24	<b>CLASIFICACIÓN</b>	SC (A-4)
<b>1. Norma y ensayo:</b>	Procedimiento C	<b>FECHA ENSAYO:</b>	7-dic-24
Golpe/capa:	56	<b>2. Datos del molde:</b>	
No. De capas:	5	Diámetro:	15,19 cm.
Material pasa el tamiz:	3/4"	Altura:	11,60 cm
Peso del martillo:	4,54 kg.	Volumen:	2.090,64 cm <sup>3</sup>
Altura de caída:	45,7 cm.	Peso Molde Completo:	gr
		Peso Molde sin Anillo:	7.000 gr

**3. Datos para la curva:**

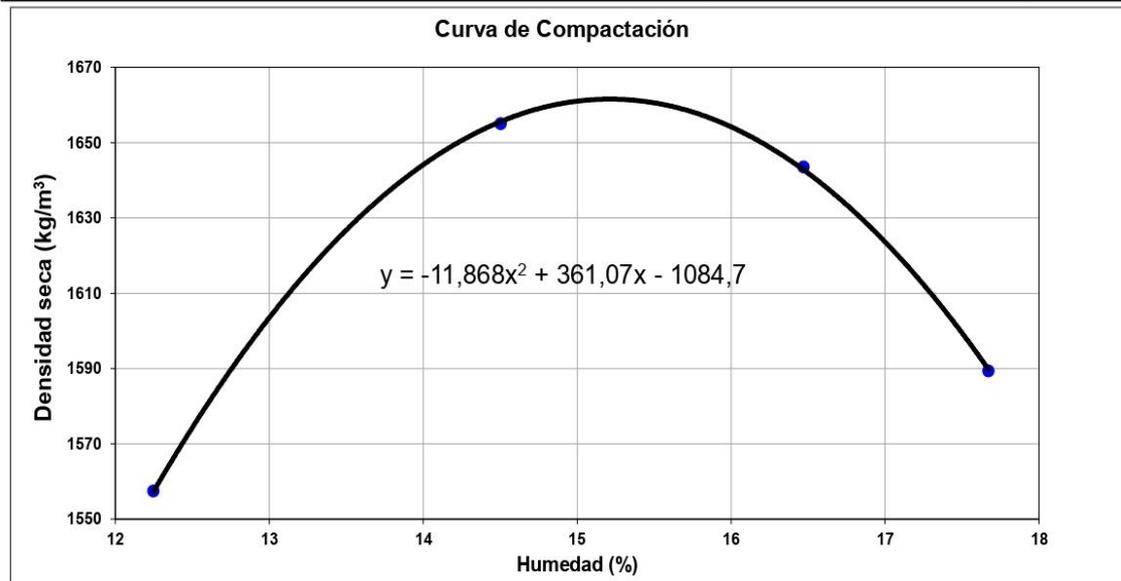
Punto No.	1	2	3	4	4	
Peso suelo+molde	10.655	10.962	11.002	10.910		
Peso suelo Compactado	3.655	3.962	4.002	3.910		
Densidad húmeda (kg/m3)	1.748	1.895	1.914	1.870		

**4. Contenidos de Humedad:**

P. Suelo hum+cap	129,30	127,41	144,45	139,40	147,65	154,35	132,45	133,00			
P. Suelo seco+cap	118,69	116,92	130,22	125,46	131,14	136,89	117,03	117,71			
P. Cápsula	31,73	31,61	31,39	30,05	31,34	30,42	29,96	31,00			
Peso de agua	10,61	10,49	14,23	13,94	16,51	17,46	15,42	15,29			
Peso del Suelo seco	86,96	85,31	98,83	95,41	99,80	106,47	87,07	86,71			
Contenido de agua	12,20	12,30	14,40	14,61	16,54	16,40	17,71	17,63			
Contenido de agua Prom	12,25		14,50		16,47		17,67				
Peso Unit. Seco	1.557		1.655		1.644		1.589				

**5. Resultados:**

<b>Peso unitario seco =</b>	<b>1.662 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Contenido de agua óptimo =</b>	<b>15,2 %</b>



Emite:

Aprueba:

SR. Luis Cedeño  
Laboratorista

Anexo 29: Ensayo de Compactación PROCTOR C-2



**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO**

(ASTM D-1557 // AASHTO T-180)

<b>SOLICITANTE:</b>	Antony Apolinario - Martha Viteri	<b>PROCEDENCIA:</b>	CALICATA
<b>PROYECTO:</b>	TESIS	<b>MUESTRA:</b>	2
<b>FECHA TOMA:</b>	2-dic-24	<b>CLASIFICACIÓN</b>	MH (A-7-5)
<b>1. Norma y ensayo:</b>	Procedimiento C	<b>FECHA ENSAYO:</b>	7-dic-24
Golpe/capa:	56	<b>2. Datos del molde:</b>	
No. De capas:	5	Diámetro:	15,19 cm.
Material pasa el tamiz:	3/4"	Altura:	11,60 cm
Peso del martillo:	4,54 kg.	Volumen:	2.090,64 cm <sup>3</sup>
Altura de caída:	45,7 cm.	Peso Molde Completo:	gr
		Peso Molde sin Anillo:	7.000 gr

**3. Datos para la curva:**

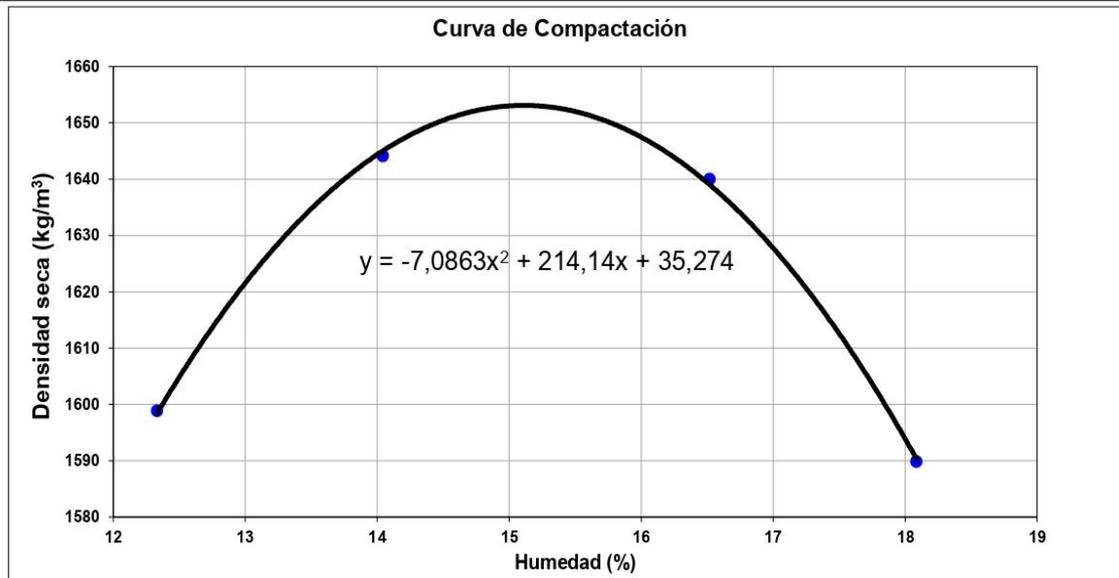
Punto No.	1	2	3	4	4
Peso suelo+molde	10.755	10.920	10.995	10.925	
Peso suelo Compactado	3.755	3.920	3.995	3.925	
Densidad húmeda (kg/m3)	1.796	1.875	1.911	1.877	

**4. Contenidos de Humedad:**

P. Suelo hum+cap	136,50	136,90	155,25	160,00	111,60	113,00	147,50	160,45		
P. Suelo seco+cap	124,74	125,25	139,75	143,98	99,96	101,28	129,78	140,55		
P. Cápsula	30,05	30,14	29,82	29,45	29,92	29,90	30,72	31,72		
Peso de agua	11,76	11,65	15,50	16,02	11,64	11,72	17,72	19,90		
Peso del Suelo seco	94,69	95,11	109,93	114,53	70,04	71,38	99,06	108,83		
Contenido de agua	12,42	12,25	14,10	13,99	16,62	16,42	17,89	18,29		
Contenido de agua Prom	12,33		14,04		16,52		18,09			
Peso Unit. Seco	1.599		1.644		1.640		1.590			

**5. Resultados:**

<b>Peso unitario seco =</b>	<b>1.653 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Contenido de agua óptimo =</b>	<b>15,1 %</b>



Emito:

Aprueba:

SR. Luis Cedeño  
Laboratorista

Anexo 30: Ensayo de Compactación PROCTOR C-3



**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO**

(ASTM D-1557 // AASHTO T-180)

<b>SOLICITANTE:</b>	Antony Apolinario - Martha Viteri	<b>PROCEDENCIA:</b>	CALICATA
<b>PROYECTO:</b>	TESIS	<b>MUESTRA:</b>	3
<b>FECHA TOMA:</b>	2-dic-24	<b>CLASIFICACIÓN</b>	MH (A-5)
<b>1. Norma y ensayo:</b>	Procedimiento C	<b>FECHA ENSAYO:</b>	7-dic-24
Golpe/capa:	56	<b>2. Datos del molde:</b>	
No. De capas:	5	Diámetro:	15,19 cm.
Material pasa el tamiz:	3/4"	Altura:	11,60 cm
Peso del martillo:	4,54 kg.	Volumen:	2.090,64 cm <sup>3</sup>
Altura de caída:	45,7 cm.	Peso Molde Completo:	gr
		Peso Molde sin Anillo:	7.000 gr

**3. Datos para la curva:**

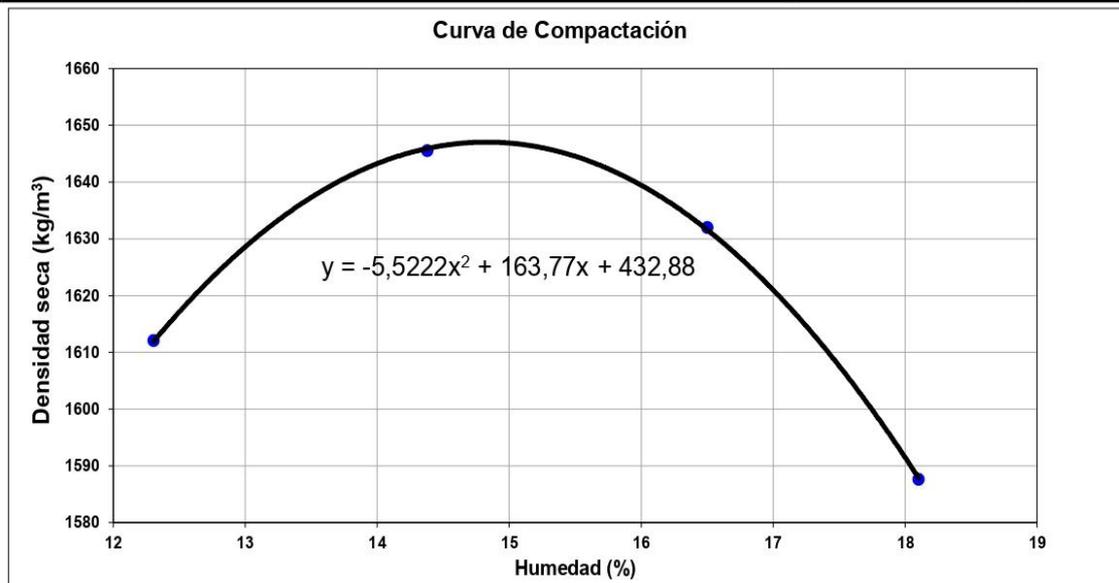
Punto No.	1	2	3	4	4	
Peso suelo+molde	10.785	10.935	10.975	10.920		
Peso suelo Compactado	3.785	3.935	3.975	3.920		
Densidad húmeda (kg/m <sup>3</sup> )	1.810	1.882	1.901	1.875		

**4. Contenidos de Humedad:**

P. Suelo hum+cap	153,35	158,00	109,90	111,68	146,10	158,54	142,00	142,35			
P. Suelo seco+cap	139,75	143,98	99,96	101,28	129,78	140,55	124,74	125,25			
P. Cápsula	29,82	29,45	29,92	29,90	30,72	31,72	30,05	30,14			
Peso de agua	13,60	14,02	9,94	10,40	16,32	17,99	17,26	17,10			
Peso del Suelo seco	109,93	114,53	70,04	71,38	99,06	108,83	94,69	95,11			
Contenido de agua	12,37	12,24	14,19	14,57	16,47	16,53	18,23	17,98			
Contenido de agua Prom	12,31	14,38	16,50	18,10							
Peso Unit. Seco	1.612	1.646	1.632	1.588							

**5. Resultados:**

<b>Peso unitario seco =</b>	<b>1.647</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Contenido de agua óptimo =</b>	<b>14,8</b>	<b>%</b>



Emito:

Aprueba:

SR. Luis Cedeño  
Laboratorista

Anexo 31: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-1

																
<b>RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>																
PROYECTO: TESIS						USO: MEJORAMIENTO										
UBICACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran (2163608E 79836524N)						MUESTRA N°: M1										
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri						PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE										
Descripción de la muestra (VISUAL) : Arena arcillosa. Color gris.										HOJA 1 DE 2						
Densidad Seca Máx. Kg/m³ : 2001			Masa Martillo de Compactación (Kg) : 4,54			Proctor Tipo : Modificado										
% de Humedad Óptima : 8,80			Altura de Caída de Martillo (cm) : 45,72			C.B.R. al : 95%										
<b>PROBETAS DEL ENSAYO</b>																
Molde #		Q			X			Z								
# de Capas		5			5			5								
# de Golpes por Capa		56 Golpes			25 Golpes			12 Golpes								
Condiciones de la Muestra		Antes Saturación		Después Saturación		Antes Saturación		Después Saturación		Antes Saturación		Después Saturación				
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)		12946		13177		12507		12806		12355		12689				
Masa del Molde (gr.)		7747		7747		7645		7645		7650		7650				
Masa de la muestra húmeda (gr.)		5199		5430		4862		5161		4705		5039				
Volumen de la muestra (cm³)		2102		2102		2114		2114		2064		2064				
Densidad Húmeda de la muestra (Kg/m³)		2473		2583		2300		2442		2280		2441				
<b>Contenido de humedad</b>																
Recipiente #		7	LL	M	J	I	N	XIII	11	X	IV	V	B			
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)		135,1	135,5	145,3	133,7	108,3	108,4	131,1	131,0	136,0	135,2	150,1	150,5			
Masa de muestra seca + Molde (gr.)		124,9	125,6	130,0	120,0	100,2	101,4	116,0	116,0	124,2	123,3	130,0	130,0			
Masa del Molde (gr.)		31,0	30,6	30,4	31,7	30,6	31,4	31,5	31,6	31,8	30,0	30,1	30,9			
% de Humedad		10,87	10,48	15,36	15,52	11,58	9,93	17,87	17,77	12,77	12,75	20,12	20,69			
Densidad Seca de la muestra (Kg/m³)		2234				2077				2022						
<b>DATOS DE HINCHAMIENTO</b>																
Fecha y Hora de Lectura		Altura probeta (cm): 17,76			Altura probeta (cm): 17,65			Altura probeta (cm): 17,79								
		Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%						
13-dic-24 16:00		0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	5,7	0	0,00						
16-dic-24 11:05		99,0	99	0,56	90,0	90	0,51	70,0	64	0,36						
<b>ENSAYO DE PENETRACIÓN</b>																
Tiempo (min)	Penetración (mm.)	Cargas tipo (Kg/cm²)	56 Golpes				25 Golpes				12 Golpes					
			Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	C.B.R. (%)		
0,0	0,00		0	0,00					0	0,00						
0,5	0,63		15	1,53					10	1,11						
1,0	1,27		45	4,00					30	2,76						
1,5	1,90		75	6,47					50	4,41						
2,0	2,54	70,31	100	8,54	13,26	18,86			70	6,06	8,96	12,74	55	4,82	6,47	9,20
4,0	5,08	105,47	210	17,61	22,19	21,04			140	11,83	14,87	14,10	107	9,11	10,35	9,82
6,0	7,62	133,59	310	25,86					209	17,53			150	12,66		
8,0	10,16	161,71	400	33,28					266	22,23			182	15,30		
10,0	12,70	182,81	480	39,88					315	26,27			198	16,62		
<b>Observaciones :</b>																
Normas de Referencia : ASTM D 1883-94 AASHTO T 193-93																
Responsable Ing. Luis Cedeño				Fecha Toma Muestra diciembre, 10 de 2024				Fecha Ensayo diciembre, 13 de 2024								

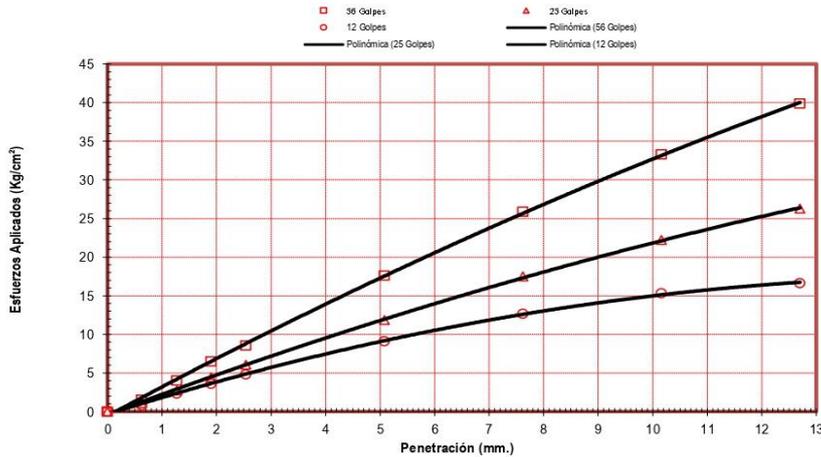
Anexo 32: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-1



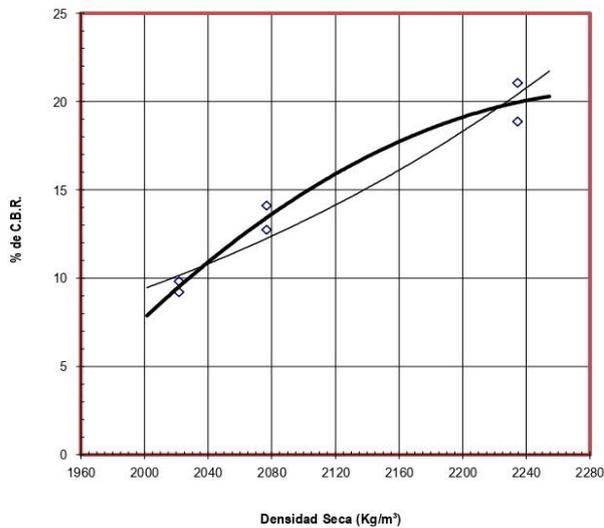
**RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

PROYECTO: TESIS	USO: MEJORAMIENTO
UBICACIÓN: AV Amazonas Cantón Duran (2163608E 79836524N)	MUESTRA N°: M1
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri	PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE
Descripción de la muestra (VISUAL) : Arena arcillosa. Color gris.	HOJA 2 DE 2

**Relación Penetración del Pistón vs. Esfuerzos Aplicados**



**Relación Densidad Seca vs. % de C.B.R.**



**Normas de Referencia :**  
 ASTM D 1883-94  
 AASHTO T 193-93

**AASHTO : A-4  
 SUCS : ML**

**RESULTADOS**

**C.B.R. al 95 % = 6,6**

**Hinchamiento = 0,56 %**

Laboratorista	Responsable Ing. Luis Cedeño	Fecha Toma Muestra diciembre, 10 de 2024	Fecha Ensayo diciembre, 13 de 2024
---------------	---------------------------------	---	---------------------------------------

Anexo 33: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-2

														
<b>RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>														
PROYECTO: TESIS						USO: MEJORAMIENTO								
UBICACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran (2163288E 79837057N)						MUESTRA N°: M2								
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri						PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE								
Descripción de la muestra (VISUAL): Limo de alta plasticidad, con grava. color verde.											HOJA 1 DE 2			
Densidad Seca Máx. Kg/m <sup>3</sup> : 1654			Masa Martillo de Compactación (Kg): 4,54			Proctor Tipo: Modificado								
% de Humedad Óptima: 18,10			Altura de Caída de Martillo (cm): 45,72			C.B.R. al: 95%								
PROBETAS DEL ENSAYO														
Molde #	I				Y				P					
# de Capas	5				5				5					
# de Golpes por Capa	56 Golpes				25 Golpes				12 Golpes					
Condiciones de la Muestra	Antes Saturación	Después Saturación	Antes Saturación	Después Saturación	Antes Saturación	Después Saturación	Antes Saturación	Después Saturación	Antes Saturación	Después Saturación	Antes Saturación	Después Saturación		
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)	12267	12589	12137	12514	11870	12319								
Masa del Molde (gr.)	7667	7667	7739	7739	7878	7878								
Masa de la muestra húmeda (gr.)	4600	4922	4398	4775	3992	4441								
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2365	2365	2354	2354	2358	2358								
Densidad Húmeda de la muestra (Kg/m <sup>3</sup> )	1945	2081	1868	2028	1693	1884								
Contenido de humedad														
Recipiente #	III	Z	H	J	G	D	4	B	A	F	3	K		
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)	142,6	152,2	154,5	145,2	146,7	147,3	149,7	148,0	141,0	154,9	145,2	140,6		
Masa de muestra seca + Molde (gr.)	125,6	134,6	131,4	124,2	129,8	130,2	125,5	124,5	124,7	136,7	120,2	117,2		
Masa del Molde (gr.)	30,5	30,7	31,0	31,7	30,9	31,6	31,7	31,7	30,6	31,8	31,6	31,5		
% de Humedad	17,87	16,95	22,98	22,64	17,01	17,32	25,73	25,33	17,38	17,38	28,19	27,33		
Densidad Seca de la muestra (Kg/m <sup>3</sup> )	1656				1595				1443					
DATOS DE HINCHAMIENTO														
Fecha y Hora de Lectura	Altura probeta (cm):			Altura probeta (cm):			Altura probeta (cm):							
	Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%					
13-dic-24 15:50	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00					
16-dic-24 09:00	15	15	0,08	45	45	0,25	65	65	0,36					
ENSAYO DE PENETRACIÓN														
Tiempo (min)	Penetración (mm.)	Cargas tipo (Kg/cm <sup>2</sup> )	56 Golpes				25 Golpes				12 Golpes			
			Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
0,0	0,00		0	0,00		0	0,00			0	0,00			
0,5	0,63		9	1,03		5	0,70			2	0,45			
1,0	1,27		17	1,69		11	1,20			6	0,78			
1,5	1,90		25	2,35		17	1,69			10	1,11			
2,0	2,54	70,31	32	2,93	3,32	4,72	22	2,10	2,59	3,69	14	1,44	1,78	2,53
4,0	5,08	105,47	54	4,74	4,72	4,48	41	3,67	3,84	3,64	27	2,52	2,67	2,53
6,0	7,62	133,59	68	5,90			55	4,82			36	3,26		
8,0	10,16	161,71	73	6,31			61	5,32			42	3,75		
10,0	12,70	182,81	75	6,47			64	5,57			45	4,00		
<b>Observaciones:</b> Normas de Referencia: ASTM D 1883-94 AASHTO T 193-93														
Laboratorista Sr. Roberto Ortiz			Responsable Sr. Luis Cedeño				Fecha Toma Muestra diciembre, 10 de 2024			Fecha Ensayo diciembre, 13 de 2024				

Anexo 34: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-2

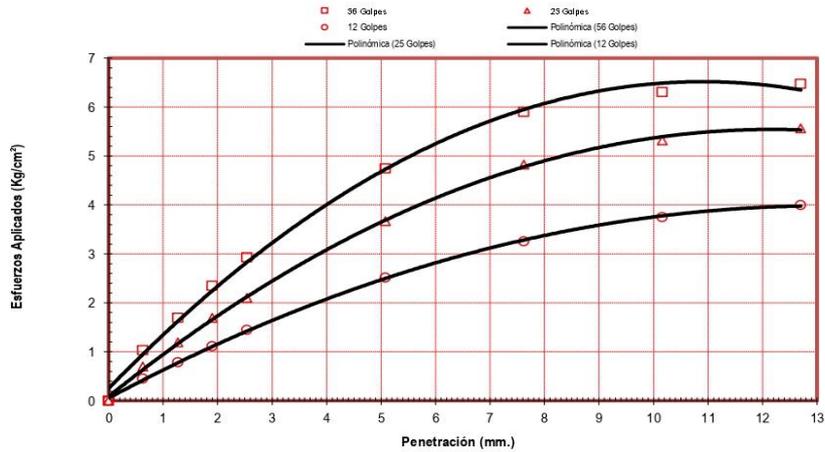


**RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

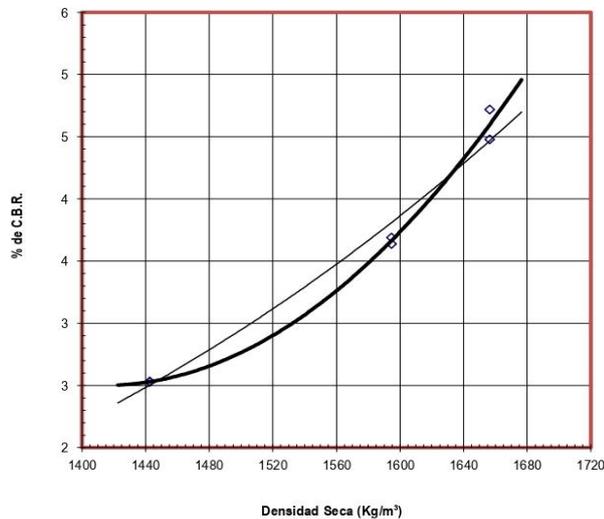
PROYECTO: TESIS	USO: MEJORAMIENTO
UBICACIÓN: AV Amazonas Cantón Duran (2163286E 79837057N)	MUESTRA N°: M2
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri	PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE
Descripción de la muestra (VISUAL) : Limo de alta plasticidad, con grava. color verde.	

HOJA 2 DE 2

**Relación Penetración del Pistón vs. Esfuerzos Aplicados**



**Relación Densidad Seca vs. % de C.B.R.**



**Normas de Referencia :**  
 ASTM D 1883-94  
 AASHTO T 193-93

AASHTO: A-7-5  
 SUCS: MH

**RESULTADOS**

**C.B.R. al 95 % = 3,58**

**Hinchamiento = 0,36 %**

Responsable	Fecha Toma Muestra	Fecha Ensayo
Sr. Luis Cedeño	diciembre, 10 de 2024	diciembre, 13 de 2024

Anexo 35: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-3

																		
<b>RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>																		
PROYECTO: TESIS						USO: MEJORAMIENTO												
UBICACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran (2163608E 79836524N)						MUESTRA N°: M3												
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri						PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE												
Descripción de la muestra (VISUAL) : Limo de alta plasticidad. Color gris.											HOJA 1 DE 2							
Densidad Seca Máx. Kg/m <sup>3</sup> : 2001			Masa Martillo de Compactación (Kg) : 4,54			Proctor Tipo : Modificado												
% de Humedad Óptima : 8,80			Altura de Caída de Martillo (cm) : 45,72			C.B.R. al: 95%												
PROBETAS DEL ENSAYO																		
Molde #	Q				X				Z									
# de Capas	5				5				5									
# de Golpes por Capa	56 Golpes				25 Golpes				12 Golpes									
Condiciones de la Muestra	Antes		Después		Antes		Después		Antes		Después							
	Saturación		Saturación		Saturación		Saturación		Saturación		Saturación							
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)	12943		13173		12505		12804		12353		12687							
Masa del Molde (gr.)	7744		7743		7643		7643		7647		7648							
Masa de la muestra húmeda (gr.)	5199		5430		4862		5161		4706		5039							
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2102		2102		2114		2114		2064		2064							
Densidad Húmeda de la muestra (Kg/m <sup>3</sup> )	2473		2583		2300		2442		2280		2441							
Contenido de humedad																		
Recipiente #	7	LL	M	J	I	N	XIII	11	X	IV	V	B						
Masa de muestra húmeda + Molde (gr.)	135,1	135,5	145,3	133,7	108,3	108,4	131,1	131,0	136,0	135,2	150,1	150,5						
Masa de muestra seca + Molde (gr.)	124,9	125,6	130,0	120,0	100,2	101,4	116,0	116,0	124,2	123,3	130,0	130,0						
Masa del Molde (gr.)	31,0	30,6	30,4	31,7	30,6	31,4	31,5	31,6	31,8	30,0	30,1	30,9						
% de Humedad	10,87	10,48	15,36	15,52	11,58	9,93	17,87	17,77	12,77	12,75	20,12	20,69						
Densidad Seca de la muestra (Kg/m <sup>3</sup> )	2234				2077				2022									
DATOS DE HINCHAMIENTO																		
Fecha y Hora de Lectura	Altura probeta (cm): 17,76			Altura probeta (cm): 17,65			Altura probeta (cm): 17,79											
	Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%	Lectura Dial (mm)	Dif.	%									
13-dic-24 16:00	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	5,7	0	0,00									
16-dic-24 11:05	99,0	99	0,56	90,0	90	0,51	70,0	64	0,36									
ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
Tiempo (min)	Penetración (mm.)	Cargas tipo (Kg/cm <sup>2</sup> )	56 Golpes				25 Golpes				12 Golpes							
			Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	Lectura Dial	Esfuerzo Aplicado (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corregido (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)				
0,0	0,00		0	0,00						0	0,00							
0,5	0,63		16	1,61						12	1,28			8	0,95			
1,0	1,27		46	4,08						33	3,01			27	2,52			
1,5	1,90		76	6,56						52	4,58			42	3,75			
2,0	2,54	70,31	102	8,70	13,40	19,05				74	6,39	9,16	13,03	57	4,99	6,64		
4,0	5,08	105,47	212	17,77	22,35	21,20				142	12,00	15,05	14,27	109	9,28	10,55		
6,0	7,62	133,59	313	26,10						211	17,69			152	12,82			
8,0	10,16	161,71	402	33,44						268	22,39			185	15,55			
10,0	12,70	182,81	482	40,04						317	26,43			201	16,87			
Observaciones :																		
Normas de Referencia :																		
ASTM D 1883-94																		
AASHTO T 193-93																		
Responsable			Ing. Luis Cedefio				Fecha Toma Muestra			diciembre, 10 de 2024			Fecha Ensayo			diciembre, 13 de 2024		

Anexo 36: Ensayo Relación Soporte de California CBR C-3

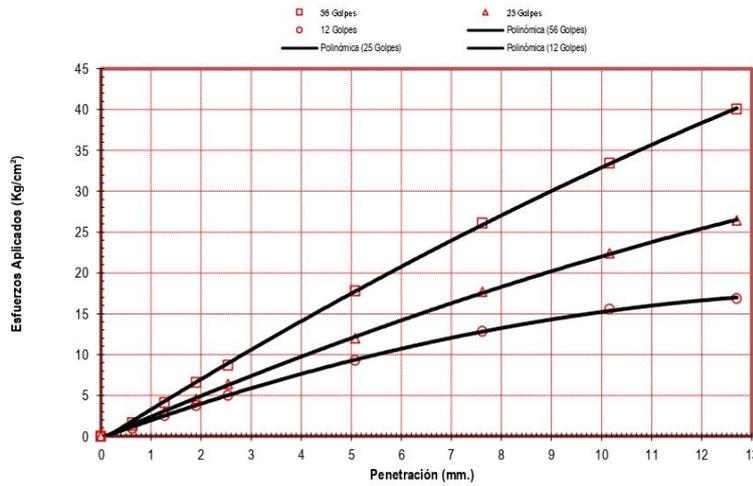


**RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

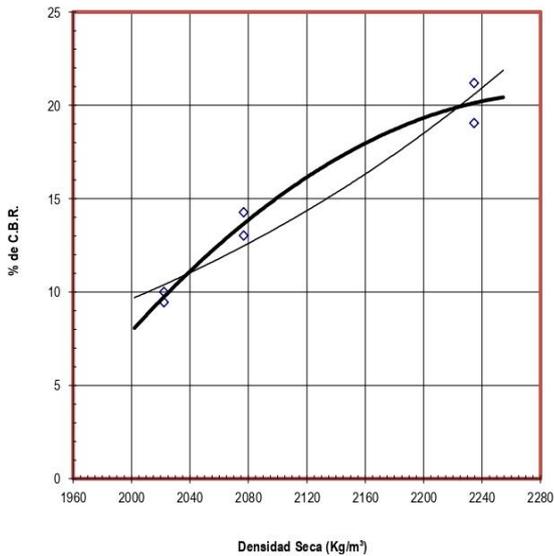
PROYECTO: TESIS	USO: MEJORAMIENTO
UBICACIÓN: AV Amazonas Cantón Duran (2163608E 79836524N)	MUESTRA N°: M3
SOLICITADO POR: Antony Apolinario - Martha Viteri	PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE
Descripción de la muestra (VISUAL): Limo de alta plasticidad. Color gris.	

HOJA 2 DE 2

**Relación Penetración del Pistón vs. Esfuerzos Aplicados**



**Relación Densidad Seca vs. % de C.B.R.**



Normas de Referencia:  
ASTM D 1883-94  
AASHTO T 193-93

AASHTO: A-4  
SUCS: ML

27

**RESULTADOS**

**C.B.R. al 95 % = 6,8**

**Hinchamiento = 0,56 %**

Laboratorista	Responsable Ing. Luis Cedeño	Fecha Toma Muestra diciembre, 10 de 2024	Fecha Ensayo diciembre, 13 de 2024
---------------	---------------------------------	---	---------------------------------------

**Anexo 37:** Limites de Atterberg



**Anexo 38:** Volumen del material compactado para Ensayo Proctor



Anexo 39: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-1



**Áridos para hormigón - Determinación de la Masa Unitaria y El Porcentaje de Huecos**

PROYECTO: TESIS	CALICATA #: 1
LOCALIZACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran	PROFUNDIDAD: 0,00 - 1,50
PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE	MUESTRA #: M1

**ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10025	10095	10092
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5550	5561	5545
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2841	2844	2821
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,575	1,594	1,612
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1594</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	41%

**ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10712	10671	10716
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5554	5561	5554
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,819	1,802	1,820
<b>PROMEDIO</b>	<b>1814</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	33%

<b>Observaciones :</b> Normas de Referencia: INEN 858-1982 ASTM C 29-91 AASHTO T 19-93	
--	--

Solicitado por Antony Apolinario - Martha Viteri	Responsable Ing. Luis Cedeño	Fecha Toma Muestra diciembre, 20 de 2024	Fecha Ensayo diciembre, 23 de 2024
---	---------------------------------	---	---------------------------------------

Anexo 40: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-2



**Áridos para Asfalto - Determinación de la Masa Unitaria y El Porcentaje de Huecos**

PROYECTO: TESIS	CALICATA #: 2
LOCALIZACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran	PROFUNDIDAD: 0,00 - 1,50
PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE	MUESTRA #: M1

**ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10027	10100	10097
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,576	1,602	1,601
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1593</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Especifica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	41%

**ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA**

ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10703	10698	10713
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,815	1,813	1,818
<b>PROMEDIO</b>	<b>1815</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,41	2,27	30,42	138,99	1,63
D	171,52	169,25	2,27	31,73	137,52	1,65

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,64

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Especifica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Especifica de Volumen (DSSS)	2,7
% de Huecos	33%

Observaciones :  
Normas de Referencia:  
INEN 836-1982  
ASTM C 29-91  
AASHTO T 19-93

Solicitado por Antony Apolinario - Martha Viteri	Responsable Ing. Luis Cedeño	Fecha Toma Muestra diciembre, 20 de 2024	Fecha Ensayo diciembre, 23 de 2024
---	---------------------------------	---	---------------------------------------

Anexo 41: Ensayo de masa unitaria y varillada asfalto C-3

	
<b>Áridos para Asfalto - Determinación de la Masa Unitaria y El Porcentaje de Huecos</b>	
PROYECTO: TESIS	CALICATA #: 3
LOCALIZACIÓN: AV. Amazonas Cantón Duran	PROFUNDIDAD: 0,00 - 1,50
PROCEDENCIA: MATERIAL EXISTENTE	MUESTRA #: M1

ENSAYO DE MASA UNITARIA SUELTA			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10040	10120	10110
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA SUELTA (PVS) kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,581	1,609	1,605
<b>PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1598</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,51	2,17	30,42	139,09	1,56
D	171,52	169,35	2,17	31,73	137,62	1,58

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,57

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Suelta}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,72
% de Huecos	41%

ENSAYO DE MASA UNITARIA VARILLADA			
ENSAYO #	1	2	3
MASA MATERIAL + RECIPIENTE = P <sub>1</sub>	10723	10712	10726
MASA RECIPIENTE = P <sub>2</sub>	5557	5557	5557
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = V	2836	2836	2836
MASA UNITARIA VARILLADA (PVV) Kg/m <sup>3</sup> = (P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> ) ÷ V	1,822	1,818	1,823
<b>PROMEDIO</b>	<b>1821</b>		

CAPS. No.	MASA HÚMEDA	MASA SECA	MASA AGUA	MASA CAPS.	M. SUELO SECO	CONT. HUMEDAD
J	171,68	169,51	2,17	30,42	139,09	1,56
D	171,52	169,35	2,17	31,73	137,62	1,58

% de Humedad promedio a la cual se realizó el ensayo = 1,57

$$\% \text{ de Huecos} = \frac{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua}) - \text{Masa Unitaria Varillada}}{(\text{Gravedad Específica de Volumen DSSS} \times \text{Masa Unitaria del Agua})} \times 100$$

Gravedad Específica de Volumen (DSSS)	2,72
% de Huecos	33%

<b>Observaciones :</b> Normas de Referencia: INEN 858-1982 ASTM C 29-91 AASHTO T 19-93	
--	--

Solicitado por	Responsable	Fecha Toma Muestra	Fecha Ensayo
Antony Apolinario - Martha Viteri	Ing. Luis Cedeño	diciembre, 20 de 2024	diciembre, 23 de 2024

002-20250206-MASA UNITARIA - M1 (3)

Anexo 42: Ensayo de Abrasión



ENSAYO DE ABRASIÓN

NORMA ASTM - C 535

PROYECTO	TESIS		
LOCALIZACIÓN	AV. Amazonas Cantón Duran	FECHA ENSAYO	07/12/2025
MUESTRA	Arena Arcillosa	USO	CARPETA ASFALTICA

GRADACIÓN TIPO "B"

TAMIZ	FUENTE + MUESTRA	FUENTE	MUESTRA
3/4"	1/2"	2701	2501
1/2"	3/8"	2707	2507
			0
MUESTRA TOTAL			5008

PESO TAMIZ # 12	479
PESO TAMIZ + MUESTRA	4294
RETUBO EN EL TAMIZ # 12	3815
PASA EL TAMIZ # 12	1193
VALOR DE DEGRADACION EN %	23.82
ESPECIFICADO	< 40 %

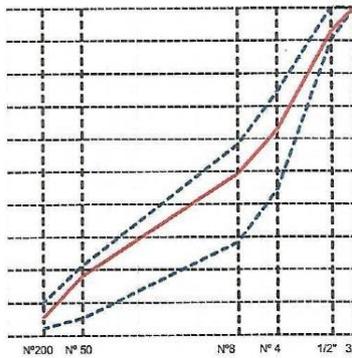
\_\_\_\_\_  
 LUIS CEDEÑO  
 CONTRATISTA

Anexo 43: Granulometría de extracción y de banda

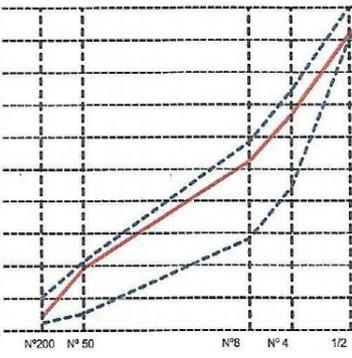
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD									
PROYECTO	TESIS								
FECHA	07/01/2025								
ABSCISADO	LADO IZQUIERDO Y DERECHO								
GRANULOMETRIA DE EXTRACCION					GRANULOMETRIA DE BANDA				
TAMIZ No	PESO RETENIDO ACUMULADO	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	ESPECIFICACION	TAMIZ No	PESO RETENIDO ACUMULADO	% Retenido Acumulado	% QUE PASA	ESPECIFICACION
1 1/2"					1 1/2"				
1"					1"				
3/4"	0.0	0.0	100.0	100	3/4"	74	0.5	99.5	100
1/2"	70.0	7.4	92.6	90-100	1/2"	1340	8.5	91.5	90-100
3/8"	200.0				3/8"	2408	15.3	84.7	
No. 4	354.0	37.6	62.4	44-74	No. 4	5277	33.6	66.4	44-74
Pasa No.4					Pasa No.4	10431			
No.8	480.1	51.0	49.0	28-58	No.8	131.0	48.1	51.9	28-58
No. 30					No. 30				
No. 50	773.6	82.2	17.8	05-21	No. 50	430.0	81.2	18.8	05-21
No. 100					No. 100				
No. 200	891.0	94.7	5.3	2-10	No. 200	565.0	96.1	3.9	2-10
Pasa No.200					Pasa No.200	35.0			
Total	941.0				Total	15708	Fino	600.0	

Granulometria de Extraccion



Granulometria de Banda



EXTRACCION DE ASFALTO		RICE		Filler/Betún	
Peso de la muestra antes del ensayo (g):A	1000	PESO MUESTRA	1000	Pasa T#200	5.3
Peso del filtro antes (g) : B	16.2	PESO MATRAZ	7872	Asfalto Efectivo	5.5
Peso del filtro despues (g): C	20.3	P. MAT. + MUESTRA	8457		
Peso de la muestra despues (g):E	941				
Peso retenido en el filtro (B-C): F	4.1	2.410 g/cm3.		1.0	
Porcentaje de asfalto (A-E-D-F)/A*100	5.5	Especificación		0.8	1.2

LUIS CEDEÑO LABORATORISTA	Antony Apolinario - Martha Viteri SOLICITANTE	CPT FISCALIZACION
------------------------------	--	----------------------

**Anexo 44:** Determinación del porcentaje de Bitumen y mezcla de agregados

	<b>SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD</b>
	DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE BITUMEN

SOLICITANTE:	Antony Apolinario - Martha Viteri	PROCEDENCIA:	CALICATA
PROYECTO:	TESIS	MUESTRA DE:	CARPETA ASFALTICA
UBICACIÓN:	Av. Amazonas Cantón Durán		
FECHA:	07/01/2025	ENSAYO No.	01

<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>W1 = Peso inicial de la muestra</td> <td style="text-align: center;">1000.0</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> <tr> <td>W2 = Peso del agregado mineral</td> <td style="text-align: center;">938.3</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> <tr> <td>W3 = Aumento de peso en el filtro</td> <td style="text-align: center;">3.0</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> </table>			W1 = Peso inicial de la muestra	1000.0	gr.	W2 = Peso del agregado mineral	938.3	gr.	W3 = Aumento de peso en el filtro	3.0	gr.
W1 = Peso inicial de la muestra	1000.0	gr.									
W2 = Peso del agregado mineral	938.3	gr.									
W3 = Aumento de peso en el filtro	3.0	gr.									
$\% \text{ DE BITUMEN} = (W1 - W2 - W3) * 100 / W1$											
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>% DE BITUMEN</b></td> <td style="text-align: center;"><b>5.87</b></td> <td style="text-align: center;"><b>%</b></td> </tr> </table>			<b>% DE BITUMEN</b>	<b>5.87</b>	<b>%</b>						
<b>% DE BITUMEN</b>	<b>5.87</b>	<b>%</b>									
<p>OBSERVACIONES:                      Ensayo realizado con 5 lavadas de la mezcla utilizando gasolina super                      500 ml por cada lavada</p>											
Antony Apolinario - Martha Viteri	Ing. Luis Cedeño										
SOLICITANTE	LABORATORISTA										

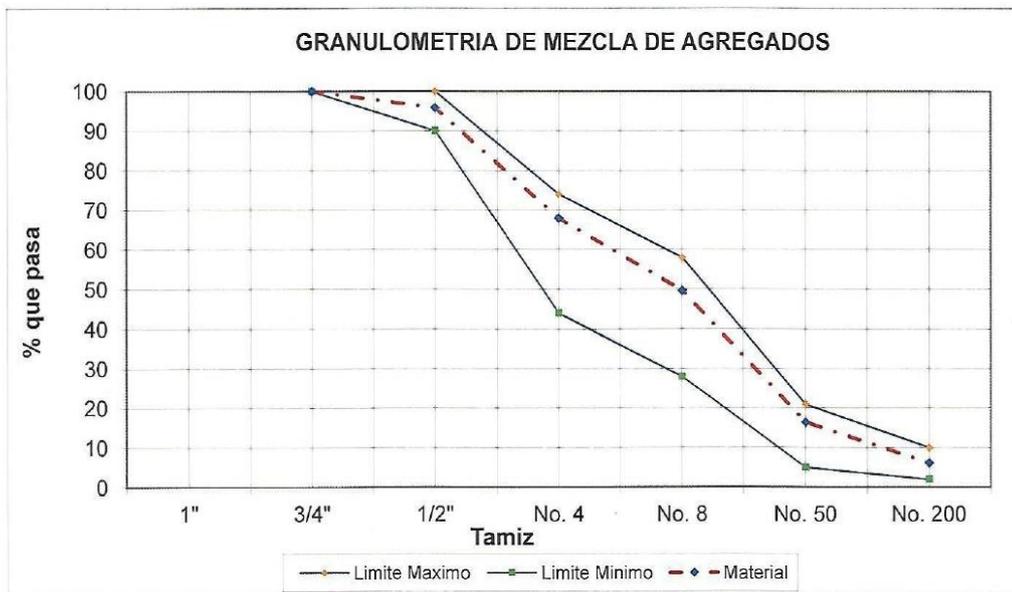
Anexo 45: Granulometría de la mezcla de agregados



**GRANULOMETRIA**  
MEZCLA DE AGREGADOS PARA BASE ASFALTICA

SOLICITANTE: Antony Apolinario - Martha Viteri PROCEDENCIA: CALICATA  
 PROYECTO: TESIS MUESTRA DE: CARPETA ASFALTICA  
 UBICACIÓN: AV. Amazonas Cantón Durán  
 FECHA: 07/01/2025 ENSAYO No. 01

Tamiz No.	Abertura (mm)	Peso retenido acumulado	Porcentajes acumulados		Especificación MOP 405-5.1 "1/2"	
			RETENIDO	PASANTE		
1"	25.4	0	0	100	100	100
3/4"	19	0	0	100	100	100
1/2"	9.5	39	4	96	90	100
No. 4	4.75	301	32	68	44	74
No. 8	2.36	472	50	50	28	58
No. 50	0.3	784	84	16	5	21
No. 200	0.075	881	94	6	2	10
<b>PESO TOTAL: (gr.)</b>		<b>938</b>				



**Anexo 46:** Determinación del porcentaje de Bitumen y mezcla de agregados

	<b>SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD</b>	
	DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE BITUMEN	

SOLICITANTE:	Antony Apolinario - Martha Viteri	PROCEDENCIA:	CALICATA
PROYECTO:	TESIS	MUESTRA DE:	CARPETA ASFALTICA
UBICACIÓN:	AV. Amazonas Cantón Durán		
FECHA:	07/01/2025	ENSAYO No.	01

W1 = Peso inicial de la muestra	1000.0	gr.
W2 = Peso del agregado mineral	938.0	gr.
W3 = Aumento de peso en el filtro	2.6	gr.

$$\% \text{ DE BITUMEN} = (W1 - W2 - W3) * 100 / W1$$

<b>% DE BITUMEN</b>	<b>5.94</b>	<b>%</b>
---------------------	-------------	----------

OBSERVACIONES:  
 Ensayo realizado con 5 lavadas de la mezcla utilizando gasolina super  
 500 ml por cada lavada

Antony Apolinario - Martha Viteri	Ing. Luis Cedeño
SOLICITANTE	LABORATORISTA

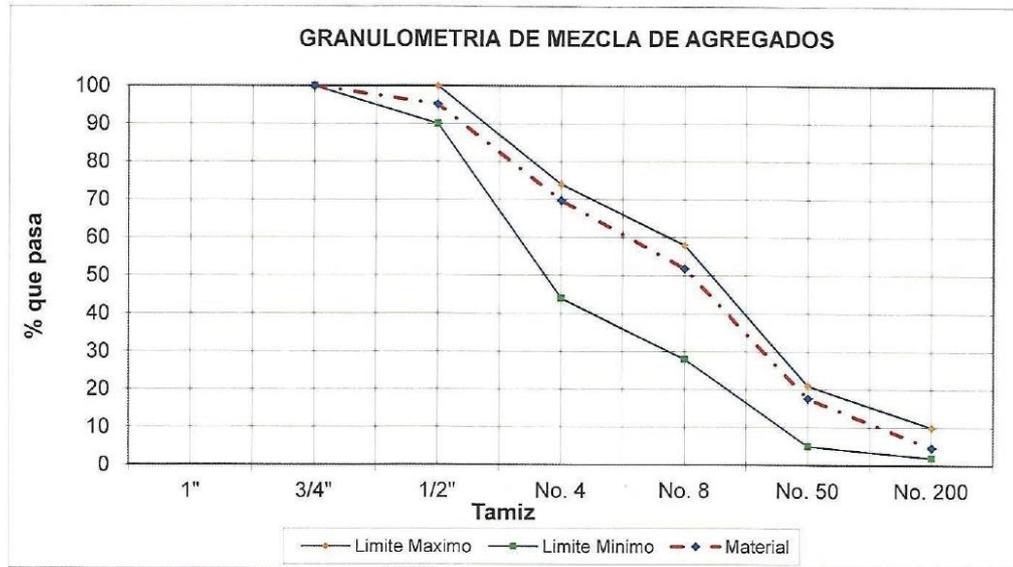
Anexo 47: Granulometría de la mezcla de agregados



**GRANULOMETRIA**  
MEZCLA DE AGREGADOS PARA BASE ASFALTICA

SOLICITANTE: Antony Apolinario - Martha Viteri PROCEDENCIA: CALICATA  
 PROYECTO: TESIS MUESTRA DE: CARPETA ASFALTICA  
 UBICACIÓN: Av. Amazonas Cantón Durán  
 FECHA: 07/01/2025 ENSAYO No. 1

Tamiz No.	Abertura (mm)	Peso retenido acumulado	Porcentajes acumulados		Especificación MOP 405-5.1 "1/2"	
			RETENIDO	PASANTE		
1"	25.4	0	0	100	100	100
3/4"	19	0	0	100	100	100
1/2"	9.5	46	5	95	90	100
No. 4	4.75	284	30	70	44	74
No. 8	2.36	452	48	52	28	58
No. 50	0.3	773	82	18	5	21
No. 200	0.075	895	95	5	2	10
<b>PESO TOTAL: (gr.)</b>		<b>938</b>				





## DISEÑO DE CARPETA ASFALTICA



JORGE ESCOBAR L.  
TECNICO LABORATORISTA

FECHA: 07/01/2025

Anexo 49: Diseño de carpeta asfáltica parte 2



DISEÑO DE MEZCLA PARA CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO

Anexo # 1

PROCEDENCIA DE MATERIALES: TRITURADORA EUFRATES

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

TAMIZ	AGREGADO GRUESO			MEDIO			FINO			otro			MEZCLA	
	RET. ACUMUL.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	RET. ACUMU. L.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	RET. ACUMU. L.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	PESO RET. ACUMUL.	% RET. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONE	% QUE PASA
1"	0	0	100											
3/4"	0	0	100.0	0	0	100	0	0	100					
1/2	3342	60.8	39.2	0	0	100	0	0	100				90	100
3/8	5136	93.4	6.6	1	0	100.0	0	0	100.0					
Nº 4	5434	98.8	1.2	906	32.4	67.6	66	2.7	97.3				44	74
Pasa N 4														
cuarteo														
Nº 8	5436	98.8	1.2	1530	54.6	45.4	274	11.3	88.7				28	58
Nº 30														
Nº 50	5440	98.9	1.1	2406	85.9	14.1	1842	76.1	23.9				5	21
Nº 100														
Nº 200	5455	99.2	0.8	2682	95.8	4.2	2390	98.8	1.2				2	10
Pasa 200	45	0.8		118	4.2		30	1.2						
TOTAL	5500			2800			2420							

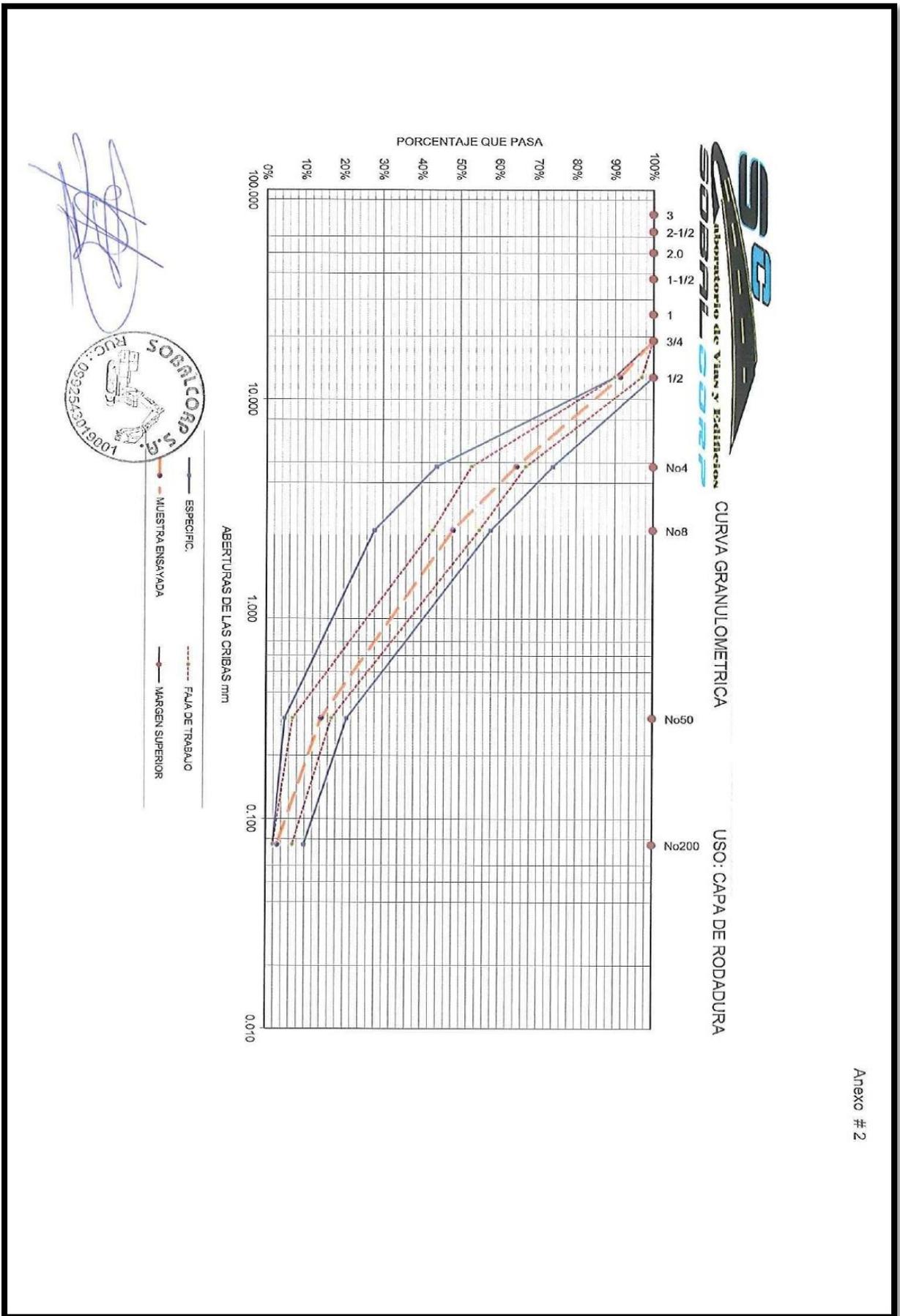
FRACCION % USADO

		1"	3/4	1/2	3/8	# 4	# 8	# 50	# 200
AGREGADO GRUESO	14	0.0	14.0	5.5	0.9	0.2	0.2	0.2	0.1
MEDIO	65	0.0	65.0	65.0	65.0	43.9	29.5	9.2	2.7
FINO	21	0.0	21.0	21.0	21.0	20.4	18.6	5.0	0.3
otro									
SUMA:	100	0.0	100.0	91.5	86.9	64.6	48.3	14.4	3.1

	100	90	59	44	11	4	
ESPECIFICACIONES	100	90-100		44-74	28-58	5-21	2-10
TOLERANCIAS		+/- 8		+/- 7	+/- 6	+/- 5	+/- 3
FAJA DE TRABAJO	100	90-100		53-67	43 - 55	7 - 17	2 - 7



Anexo 50: Diseño de carpeta asfáltica parte 3



Anexo # 2

Anexo 51: Diseño de carpeta asfáltica parte 4



DISEÑO DE MEZCLA PARA CAPA DE RODADURA  
DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLADO EN PLANTA

Anexo # 3

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 3/4" y retenido en el tamiz No 4

A=	Peso en el aire de la muestra secada al horno	5872
B=	Peso en el aire de la muestra saturada	5946
C=	Peso en el agua de la muestra saturada	3758
Gravedad específica de la masa = $A/(B-C)$		2.684
Gravedad específica de s.s.s = $B/(B-C)$		2.718
Gravedad específica aparente = $A/(A-C)$		2.778
% de Absorción = $(B-A)/A*100$		1.26

AGREGADO MEDIO

Material que pasa el tamiz 1/2"

A=	Peso en el aire de la muestra secada al horno	490.1
V=	Volumen de la probeta	500.0
W=	Peso en gramos o en cc del agua añadida	313.4
Gravedad específica de la masa = $A/(V-W)$		2.626
Gravedad específica de s.s.s = $500/(V-W)$		2.680
Gravedad específica aparente = $A/(V-W)-(500-A)$		2.774
% de Absorción = $(500-A)/A*100$		2.02

AGREGADO FINO

A=	Peso en el aire de la muestra secada al horno	488.4
V=	Volumen de la probeta	500.0
W=	Peso en gramos o en cc del agua añadida	310.7
Gravedad específica de la masa = $A/(V-W)$		2.580
Gravedad específica de s.s.s = $500/(V-W)$		2.641
Gravedad específica aparente = $A/(V-W)-(500-A)$		2.748
% de Absorción = $(500-A)/A*100$		2.38

PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA SUELTA (ENSAYO RICE)

% de asfalto	5.0%	5.5%	6.00%	6.5%	7.0%
A= Peso de la muestra	1000	1000	1000	1000	1000
D= Peso del recipiente + agua	7880	7880	7880	7880	7880
E= Peso del recipiente + agua +muestra	8478	8474	8472	8468	8464
Densidad Rice gr/cc = $A/(A + D - E)$	2.488	2.463	2.451	2.427	2.404



Anexo 52: Diseño de carpeta asfáltica parte 5



DISEÑO DE MEZCLA PARA CAPA DE RODADURA  
DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA

Anexo # 4

**PESO ESPECIFICO (BULK) PROMEDIO DE LA MEZCLA DE AGREGADOS**

% de Asfalto		6.00
% de agregado en la mezcla		94.00
% de agregado 1. con asf/sin asf	14	13.16
% de agregado 2 con asf/sin asf	65	61.10
% de agregado 3 con asf/sin asf	21	19.74
Total de la mezcla de agregados	100	94.00
Peso Esp. Agreg 1		2.684
Peso Esp. Agreg 2		2.626
Peso Esp. Agreg 3		2.580

$$Peagr = \frac{\frac{\%Ag\ 1}{PE_1} + \frac{\%Ag\ 2}{PE_2} + \frac{\%Ag\ 3}{PE_3}}{\% \text{ de Agreg en la mezcla}}$$

Peagr = 2.624 gr/cc

**PESO ESPECIFICO VIRTUAL DE LA MEZCLA DE AGREGADOS**

% de Asfalto	6.00
% de agregado en la mezcla	94.00
Peso Especifico mezcla (RICE) gr/cc	2.45098039
Peso Especifico cemento asf. gr/cc	1.015

$$PEv = \frac{\% \text{ de Agreg en la mezcla}}{100 - \frac{\%c. Asf}{PE\ c. asf}}$$

PEv = 2.694 gr/cc

**% C.A. ABSORVIDO POR LOS AGREGADOS**

$$\% \text{ ca-a} = \frac{(Pev - Peagr)}{(Pev \times Peagr)} \times 100 \times PE\ ca$$

% ca-a = 1.00 %

**CONTENIDO EFECTIVO DE CEMENTO ASFALTICO**

$$\% \text{ CA.e} = \% \text{ ca} - (\% \text{ ca.a}) / 100 \times \% \text{ Agr mezcla}$$

% CA.e = 5.06 %





**DISEÑO DE MEZCLA PARA CAPA DE RODADURA  
DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO**

**CONTROL DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA**

Gravedad Especifica del C.A. 1.015  
Gravedad Espec. Bulk prom. de agregados: 2829  
USO: Carpeta Asfáltica

Anexo # 5

MUESTRA	% CA	FACTOR DE CORRECC.	PESO MUESTRA			VOLUM. $cm^3$	DENSIDAD BULK	DENSIDAD RICE	% EN VOLUMEN			% CA EFECTIVO EN MEZCL.	ESTABILIDAD (lbs) DIAL	CORREG. FLUJO 1/100		
			AIRE S.S.S.	AIRE SECO	AGUA				VACIOS AIRE	V.A.M. %	V.F.A. %					
1	5.0	0.96	1186	1188	664	532	2233						2309	2217	9	
2	5.0	1.04	1102	1106	598	504	2194						1882	1936	9	
3	5.0	1.04	1122	1126	614	508	2217						2157	2243	10	
							2215	2468	9.00	80.04	10.96	19.96	45.11	4.06	2132	9
1	5.5	0.96	1176	1178	650	526	2240						2371	2276	9	
2	5.5	1.09	1096	1102	604	482	2240						2040	2224	10	
3	5.5	1.00	1150	1156	640	510	2267						2289	2299	10	
							2249	2463	10.47	80.84	8.89	19.16	54.64	4.56	2266	10
1	6.0	1.09	1146	1150	668	488	2357						3204	3492	10	
2	6.0	0.93	1262	1268	710	542	2321						3183	2950	11	
3	6.0	0.89	1268	1270	725	543	2339						3434	3056	11	
							2339	2451	11.80	83.63	4.57	16.37	72.09	5.07	3170	11
1	6.5	0.93	1264	1266	714	540	2326						2902	2899	13	
2	6.5	0.89	1280	1284	725	555	2314						2806	2497	11	
3	6.5	1.00	1222	1226	713	509	2409						2854	2854	12	
							2350	2427	13.24	83.58	3.18	16.42	80.63	5.57	2883	12
1	7.0	0.81	1362	1363	760	582	2285						2415	1956	14	
2	7.0	1.00	1180	1182	664	516	2291						2194	2194	13	
3	7.0	0.86	1302	1304	730	572	2280						2391	2066	14	
							2285	2404	14.23	80.83	4.94	19.17	74.21	6.08	2089	14

jm



VISTO BUENO

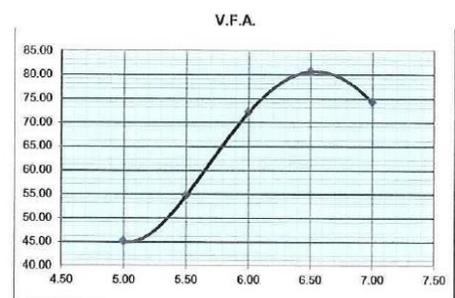
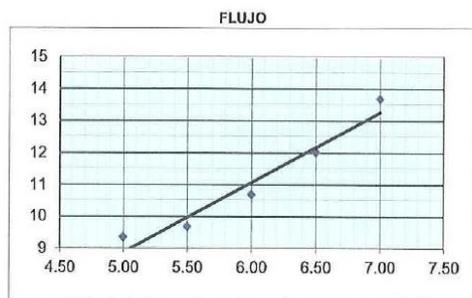
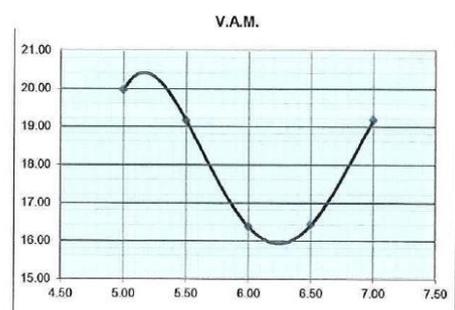
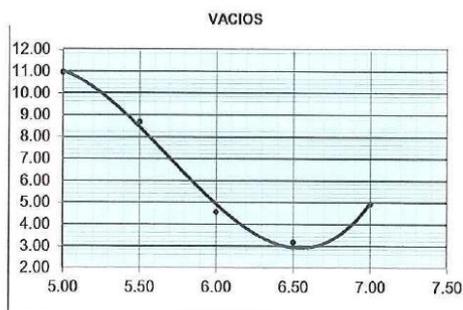
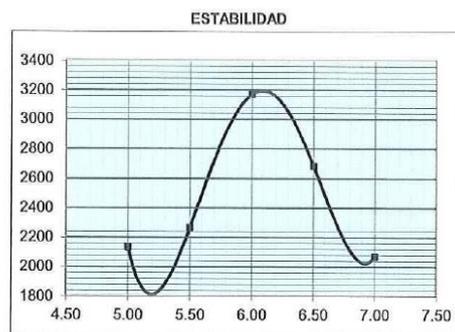
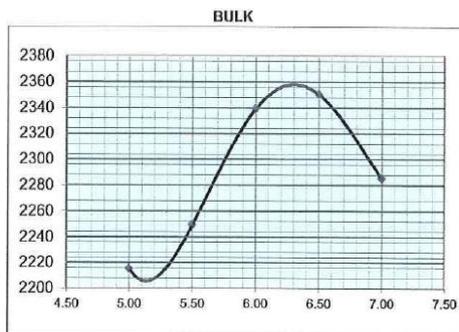
Anexo 54: Diseño de carpeta asfáltica parte 7



DISEÑO DE MEZCLA PARA CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO

Anexo # 6

% DE ASFALTO	DENSIDAD BULK	ESTABILIDAD	VACIOS	VAM	VFA	FLUJO
5.0	2215	2132	10.96	19.96	45.11	9
5.5	2249	2266	8.89	19.16	54.64	10
6.0	2339	3170	4.57	16.37	72.09	11
6.5	2350	2683	3.18	16.42	80.63	12
7.0	2285	2069	4.94	19.17	74.21	14



**RESULTADOS**  
 DENSIDAD BULK: 6.30 %  
 ESTABILIDAD: 6.15 %  
 % DE VACIOS: 6.50 %  
 % OPTIMO C.A.: 6.32 %

**OTROS PARAMETROS**  
 % V.A.M. (> 15.0)  
 % V.F.A. (65-78)  
 FLUJO (8 - 14)

jm





COMPROBACION DEL DISEÑO DE LA MEZCLA

Anexo # 8

Grav. Espec. Bulk prom. de agreg: 2.624 gr/cc

COMPROBACION PESO ESPECIFICO DE LA MEZCLA (6.32% ca)

% C.A. ABSORVIDO POR LOS AGREGADOS

A=	Peso de la muestra	1000
D=	Peso del recipiente + agua	7880
E=	P. del recip. + agua +muest.	8470
	Densidad Rice gr/cc = A / (A + B - C)	2.439

$$\% \text{ ca-a} = (P_{ev} - P_{eag}) / (P_{ev} \times P_{eag}) \times 100 \times P_{E} \text{ ca}$$


$$\% \text{ ca-a} = 1.00 \%$$

PESO ESPECIFICO VIRTUAL DE LA MEZCLA DE AGREGADOS

CONTENIDO EFECTIVO DE CEMENTO ASFALTICO

	% de Asfalto	6.32
	% de agregado en la mezcla	93.68
	Peso Especifico mezcla (RICE) gr/cc	2.439
	Peso Especifico cemento asf. gr/cc	1.015

$$\% \text{ CA.e} = \% \text{ ca} - (\% \text{ ca.a}) / 100 \times \% \text{ Agr mezcla}$$

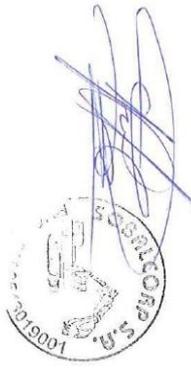
$$\% \text{ CA.e} = 5.38 \%$$

$$P_{Ev} = \frac{\% \text{ Agregados en la mezcla}}{100} - \frac{\% \text{ CA.e}}{P_{Price} - P_{Ecasf.}}$$

PEV = 2.694 gr/cc

COMPROBACION DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA

Nº	% CA	AIRE S.S.S.	AIRE SECO	AGUA	VOL. cc³	DENSIDAD gr/cm³	RICE C.A. EFEC.	% EN VOLUMEN	V.F.A. %	% CA EFECT. EN MEZ.	FACTOR CORRECC.	ESTABIL. DIAL	ESTABIL. (lbs) CORREG.	FLUJO 1/100	
1	6.32	1235	1233	705	530	2.326					0.96	2985	2889	10	
2	6.32	1245	1243	710	535	2.323					0.93	3257	3029	11	
3	6.32	1259	1258	725	534	2.356					0.96	3116	2991	12	
						2.335	2.439	12.38	83.36	4.26	16.64	74.42	5.38	2962	11





Anexo 57: Ensayo de impacto ambiental



**INFORME DE ENSAYO  
DE ASFALTO AMBIENTAL**

**Solicitado por:** Antony Apolinario – Martha Viteri  
**Solicitado por:** Luis Cedeño  
**Dirección:** Av. Amazonas Cantón Durán

**Orden de trabajo:** ENSAYO DE ASFALTO AMBIENTAL  
**Fecha de Recepción de Muestreo:** \*\*\*\*  
**Fecha de Recepción de Muestra:** 2025-02-21  
**Fecha de ejecución de análisis:** Del 2025-02-21 al 2025-02-24  
**Fecha de emisión del Informe:** 2025-02-24

**Lugar en el que se realizan las actividades de laboratorio:**  
 Laboratorio de Aguas & Suelos de Deproin S.A.  
 Av. Francisco de Orellana - Call Dr. Eleodoro Alvarado Olea. Samanes 7 Mz. 2224 V.1  
 Tel: (04) 5120366 / Cel: 0999900433 - 0962903495  
 Guayaquil - Ecuador

**Muestreado Por:** CLIENTE  
**Tipo de Muestreo:** Simple  
**Coordenadas Muestreo:** \*\*\*\*  
 UTM - WGS84  
**Punto de Muestreo:** Calicata 1, Muestra 1

**Código de la Muestra:** SU022/2024 P1  
**Tipo de Muestra:** Asfalto  
**Condiciones Ambientales de Ensayo / Muestreo:**  
 Temperatura: \*\*\*\*  
 Humedad relativa: \*\*\*\*

**Declaración de Conformidad:** No requerido por el cliente

La fabricación del asfalto implica la extracción y refinamiento del petróleo, como el dióxido de carbono (CO2) y el dióxido de azufre (SO2).

Los resultados obtenidos en el ensayo se determinan a partir de :

RESULTADOS DE ENSAYOS						
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	±	U	TIPO DE ANÁLISIS	MÉTODO DE ANÁLISIS
(3) Calcio	mg/Kg	2525,5320		339,9366	FISICO-QUIMICO	PEE-GQM-FQ-33
(1) Cloruros	mg/Kg	205,14		****	FISICO-QUIMICO	4500 CI-B
(3) Magnesio	mg/Kg	2978,5785		318,1122	FISICO-QUIMICO	PEE-GQM-FQ-33
(3) Potasio	mg/Kg	1416,3530		206,9292	FISICO-QUIMICO	PEE-GQM-FQ-33
(3) Sodio	mg/Kg	2526,6888		351,4624	FISICO-QUIMICO	PEE-GQM-FQ-33
(1) Sulfatos	mg/Kg	480,00		****	FISICO-QUIMICO	4500 SO4 E

**NOMENCLATURA:**

- (1) Parámetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.  
 (3) Parámetro subcontratado acreditado por el laboratorio GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA., con acreditación N° SAE LEN 05-001

**CONVENCIONES:**

- \*\*\*\* No específica  
 - No establecida  
 S.M.: Standard Methods  
 EPA: Agencia de protección ambiental (EE.UU.)