



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA RURAL DEL SITIO LIMONES
VÍA HUÁSIMO - LIMONES, PARROQUIA LIMONES, CANTÓN
ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**

**DIAZ REQUENES DEISY GUADALUPE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA RURAL DEL SITIO
LIMONES VÍA HUÁSIMO - LIMONES, PARROQUIA LIMONES,
CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**

**DIAZ REQUENES DEISY GUADALUPE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA RURAL DEL SITIO
LIMONES VÍA HUÁSIMO - LIMONES, PARROQUIA
LIMONES, CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**

**DIAZ REQUENES DEISY GUADALUPE
INGENIERA CIVIL**

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

**MACHALA
2024**

TRABAJO TITULACION DIAZ 3RA REVISION

7% Textos sospechosos

7% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas

2% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: TRABAJO TITULACION DIAZ 3RA REVISION.docx ID del documento: 03bbc0f78f223f46b2312c19fb7d9ec8a09c7a27 Tamaño del documento original: 15,2 MB Autores: []	Depositante: Sanchez Mendieta Carlos Eugenio Fecha de depósito: 7/2/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 7/2/2025	Número de palabras: 20.289 Número de caracteres: 126.845
--	---	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas


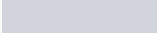

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21221/1/OCHOA ROMAN, GALO OSCAR.pdf 8 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (340 palabras)
2	app.sni.gob.ec https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/11600... 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (232 palabras)
3	Documento de otro usuario #83d928 El documento proviene de otro grupo 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (89 palabras)
4	Documento de otro usuario #9a127e El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (77 palabras)
5	Documento de otro usuario #578964 El documento proviene de otro grupo 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (66 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas


N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #3b2966 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
2	Documento de otro usuario #8cc682 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL.pdf GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL #00a850 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	doi.org https://doi.org/10.18359/rcin.4385	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	www.academia.edu (PDF) Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexi... https://www.academia.edu/96101460/Influencia_de_la_deflexión_superficial_en_pavimentos_flexi...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	esacc.corteconstitucional.gob.ec http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/eyJYXWZXRhIjoicm8iLCJ1dWlk...	3%		Palabras idénticas: 3% (659 palabras)
2	doi.org https://doi.org/10.55927/mudima.v3i8.5625	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
3	doi.org Infraestructura carretera y economía regional. El caso de los productores d... https://doi.org/10.22198/rys.2018.73.a944	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	doi.org Evaluation of Pavement Distress for Asphalt Pavement Using Pavement Con... https://doi.org/10.11648/j.ajset.20190404.13	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
5	doi.org GLM-Based Flexible Monitoring Methods: An Application to Real-Time High... https://doi.org/10.3390/sym13020362	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
6	 doi.org https://doi.org/10.15517/iv.v20i35.34831	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	 https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf
2	 http://publicaciones.uci.cu
3	 https://web.archive.org/web/20220228072902id_/https://jusst.org/wpcontent/
4	 http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus
5	 https://doi.org/10.1155/2018/7514612

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, DIAZ REQUENES DEISY GUADALUPE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA VÍA RURAL DEL SITIO LIMONES VÍA HUÁSIMO - LIMONES, PARROQUIA LIMONES, CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



DIAZ REQUENES DEISY GUADALUPE

1106030735

DEDICATORIA

A Dios por la dicha de llegar hasta aquí con vida y salud, porque siempre ha guiado mis pasos cada día a lo largo de estos años de vida que me ha regalado permitiéndome así llegar a culminar mis estudios y cumplir mi sueño de ser Ingeniera Civil.

A mi hijo Ander Maximiliano Rogel Diaz, que es y será siempre la fuerza que me impulsa cada día seguir adelante porque es lo mejor que tengo y lo más importante por ti y para ti este logro de muchos que tengo planteados.

A mi esposo Pascual Alejandro Rogel Cisneros, por su apoyo y amor incondicional durante el curso de mi carrera universitaria, sin ti no lo hubiera logrado, tus palabras de aliento, tu paciencia y tu comprensión en los momentos difíciles me dieron la fuerza de ponerme de pie y seguir adelante, gracias por creer en mí incluso cuando yo mismo lo dudaba y por estar a mi lado en cada paso del camino.

A mi madre Piedad Consuelo Requenes Cisneros y a mi padre Sergio José Diaz Prieto, por su constante confianza en mí, y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida como es el cuidado de mi hijo.

Desde lo más profundo de mi corazón un gracias infinitas, esta tesis está dedicada a cada uno de ustedes, porque han formado parte de este logro por ser mi fuente de inspiración y motivación para perseguir este sueño y alcanzarlo.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Julio Gonzalo Hidalgo González en el barrio Tronco Quemado, donde empecé mi formación escolar por haberme permitido ser estudiante de este colegio, a sus docentes por la entrega y compromiso en cada una de las clases.

A la Unidad Educativa Francisco de Orellana en la parroquia Limones, por haberme permitido ser estudiante de su prestigioso plantel, y por sus enseñanzas en cada una de las materias cursadas.

Al Colegio de Bachillerato Zapotillo, por haberme abierto las puertas de su plantel, agradezco también a sus docentes por compartir sus conocimientos durante estos dos años de estudio y por su apoyo continuo en mi búsqueda de nuevos saberes, con el propósito de mejorar como individuo para el beneficio de la sociedad y de la provincia de Loja.

A la Universidad Técnica de Machala, alma mater de la provincia de El Oro, por abrirme las puertas de su claustro científico y permitirme formarme en su prestigioso programa de pregrado. A mis docentes, cuyo compromiso y dedicación me guiaron a lo largo de estos cinco años de estudio, brindándome sus conocimientos y motivándome a seguir en la búsqueda constante del saber. Gracias por su apoyo incondicional, que me impulsa a crecer como profesional y a contribuir con el desarrollo de nuestra sociedad y de la provincia de El Oro.

A mi tutor del proyecto de titulación, el Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta que me ha guiado para llevar a cabo este trabajo dedicándome su tiempo y conocimiento de la mejor manera, quedo muy agradecida.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo diseñar el pavimento flexible para la vía Huásimo-Limones, una carretera rural de vital importancia para la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja. Actualmente, la falta de infraestructura vial adecuada limita el desarrollo socioeconómico y turístico de la zona. A través de estudios de campo y ensayos de laboratorio, se analizaron las condiciones del suelo y el volumen de tránsito para proponer una solución eficiente y duradera.

La metodología incluyó la evaluación geotécnica del suelo mediante ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, los cuales determinaron que la subrasante presenta características de regular resistencia. Además, se realizó un conteo vehicular para establecer la clasificación del tránsito y su impacto en la estructura del pavimento. Como resultado del diseño basado en el método AASHTO 93, se determinó un pavimento compuesto por una capa asfáltica de 5 cm, una base granular de 10 cm y una subbase granular de 19 cm.

Los hallazgos de esta investigación contribuyen a la optimización del diseño vial en zonas rurales, promoviendo un desarrollo sostenible y mejorando la calidad de vida de los habitantes.

Palabras clave: diseño vial, pavimento flexible, estudios de suelo, tráfico vehicular, AASHTO.

ABSTRACT

This study aims to design the flexible pavement for the Huásimo-Limones road, a rural highway essential for the development of Limones Parish, Zapotillo Canton, Loja Province. Currently, the lack of proper road infrastructure limits the socioeconomic and tourism growth of the area. Through field studies and laboratory tests, soil conditions and traffic volume were analyzed to propose an efficient and long-lasting solution.

The methodology included a geotechnical evaluation of the soil through grain size analysis, Atterberg limits, Modified Proctor, and CBR tests, which determined that the subgrade has regular resistance characteristics. Additionally, a vehicle count was conducted to classify traffic and assess its impact on pavement structure. Based on the AASHTO 93 design method, the final pavement structure consists of a 5 cm asphalt layer, a 10 cm granular base, and a 6.5 cm granular subbase.

The findings of this research contribute to the optimization of rural road design, promoting sustainable development and improving the quality of life for residents.

Keywords: road design, flexible pavement, soil studies, traffic analysis, AASHTO.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 Antecedentes (Línea base del proyecto)	17
1.1.1. Datos de Población	17
1.1.2. Sector Productivo de Limones.....	19
1.1.3. Servicios de Educación.....	19
1.1.4. Servicios de Salud.....	20
1.1.5. Servicio de Alcantarillado	20
1.1.6. Servicio básico de agua potable.....	21
1.1.7. Hidrografía.....	22
1.1.8. Uso de Suelo	23
1.1.9. Amenazas.....	24
1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)	24
1.3 Formulación del problema (preguntas científicas).....	25
1.4 Delimitación del objeto de estudio.....	26
1.4.1 De contenido	26
1.4.2 Espacial	26
1.4.3 Temporal	27
1.5 Justificación.....	27
1.6 Objetivos: general y específicos.....	27
1.6.1. Objetivo general.....	27
1.6.2. Objetivos Específicos	28
CAPITULO II.....	29
MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes contextuales	29
2.1.1 Macro.....	29
2.1.2 Meso.....	30

2.1.3	Micro.....	31
2.2	Antecedentes conceptuales.....	32
2.2.1	Carreteras	32
2.2.2	Vías rurales	32
2.2.3	Pavimento	32
2.2.4	Clasificación de los pavimentos	33
2.2.5	Pavimentos Flexibles	33
2.2.6	Elementos que integran un pavimento flexible.....	33
2.2.7	Subrasante	33
2.2.8	Subbase granular.....	34
2.2.9	Base granular	34
2.2.10	Carpeta asfáltica.....	34
2.2.11	California Bearing Ratio (CBR)	35
2.3	Antecedentes referenciales.....	35
CAPITULO III.....		37
METODOLOGÍA.....		37
3.1	Modalidad básica de la investigación	37
3.2	Tipo de investigación	37
3.2.1	Investigación documental.....	37
3.2.2	Investigación de campo.....	37
3.2.3	Investigación experimental	37
3.3	Objeto de estudio.....	38
3.3.1	Ubicación del objeto de estudio	38
3.4	Descripción de la población y muestra	39
3.4.1	Población.....	39
3.4.2	Tamaño de muestra	39
3.5	Métodos teóricos y empíricos con los materiales utilizados	39
CAPITULO IV		41
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		41
4.1.	California Bearing Ratio (CBR).....	41
4.2.	Clasificación de suelos método AASHTO y SUCS.....	43
4.2.1.	Muestra M1	43
4.2.1.1.	Profundidad 0.5 m.....	43
4.2.1.2.	Profundidad 1.0 m.....	43
4.2.1.3.	Profundidad 1.5 m.....	44

4.2.2.	Muestra M2.....	44
4.2.2.1.	Profundidad 0.5 m.....	44
4.2.2.2.	Profundidad 1.0 m.....	45
4.2.2.3.	Profundidad 1.5 m.....	45
4.2.3.	Muestra M3.....	46
4.2.3.1.	Profundidad 0.5 m.....	46
4.2.3.2.	Profundidad 1.0 m.....	46
4.2.3.3.	Profundidad 1.5 m.....	47
4.3.	Conteo vehicular	47
4.3.1.	Aforo Huásimo hacia Limones	47
4.3.2.	Clasificación de la vía en función del Tráfico Promedio Diario Anual de la zona de estudio	48
4.3.3.	Cálculo del Número de Ejes Equivalentes “ESALS”	53
4.4.	Diseño de pavimentos flexible mediante el método empírico AASHTO – 93	57
4.4.1.	Ejes equivalentes.....	57
4.4.2.	Estudio de la subrasante.....	58
4.4.3.	Nivel de confiabilidad y desviación estándar	58
4.4.4.	Serviciabilidad	59
4.4.5.	Error combinado	59
4.4.6.	Temperatura, velocidad de circulación, calidad de drenaje.....	60
4.4.7.	Módulo resiliente de la subrasante.....	61
4.4.8.	Módulo resiliente y el coeficiente estructural de la base y la subbase	61
4.4.9.	Módulo resiliente de la mezcla asfáltica y el coeficiente estructural	62
4.4.10.	Cálculo del coeficiente de drenaje	63
4.4.11.	Cálculo del número estructural requerido por la carpeta asfáltica.....	64
4.4.12.	Cálculo del espesor de la capa asfáltica.....	64
4.4.13.	Cálculo del número estructural requerido por la base granular	65
4.4.14.	Cálculo del espesor de la base granular	65
4.4.15.	Cálculo del número estructural requerido por la subbase granular	65
4.4.16.	Cálculo del espesor de la subbase granular	66
4.4.17.	Esquema estructural con espesores.....	66
4.4.18.	Ajuste de espesores.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		68
5.1.	Conclusiones	68

5.2. Recomendaciones.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	72
Anexo 1: Contenido de Humedad: M1 – 0.5m	72
Anexo 2: Contenido de Humedad: M1 – 1.0m	72
Anexo 3: Contenido de Humedad: M1 – 1.5m	72
Anexo 4: Contenido de Humedad: M2 – 0.5m	73
Anexo 5: Contenido de Humedad: M2 – 1.0m	73
Anexo 6: Contenido de Humedad: M2 – 1.5m	73
Anexo 7: Contenido de Humedad: M3 – 0.5m	74
Anexo 8: Contenido de Humedad: M3 – 1.0m	74
Anexo 9: Contenido de Humedad: M3 – 1.5m	74
Anexo 10. Límites: M1-0.5m.....	75
Anexo 11. Límites: M1-1.0m.....	76
Anexo 12. Límites: M1-1.5m.....	77
Anexo 13. Límites: M2-0.5m.....	78
Anexo 14. Límites: M2-1.0m.....	79
Anexo 15. Límites: M2-1.5m.....	80
Anexo 16. Límites: M3-0.5m.....	81
Anexo 17. Límites: M3-1.0m.....	82
Anexo 18. Límites: M3-1.5m.....	83
Anexo 19. Clasificación de suelos: M1-0.5m	84
Anexo 20. Clasificación de suelos: M1-1.0m	85
Anexo 21. Clasificación de suelos: M1-1.5m	87
Anexo 22. Clasificación de suelos: M2-0.5m	88
Anexo 23. Clasificación de suelos: M2-1.0m	89
Anexo 24. Clasificación de suelos: M2-1.5m	91
Anexo 25. Clasificación de suelos: M3-0.5m	92
Anexo 26. Clasificación de suelos: M3-1.0m	93
Anexo 27. Clasificación de suelos: M3-1.5m	95
Anexo 28. Ensayo de Proctor Modificado: M1	96
Anexo 29. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M1	97
Anexo 30. Ensayo de Proctor Modificado: M2	100
Anexo 31. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M2	101
Anexo 32. Ensayo de Proctor Modificado: M3	104
Anexo 33. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M3	105

Anexo 34. Cálculo de precipitación. – INAMHI – ESTACIÓN M0151 – ZAPOTILLO.....	108
Anexo 35. Tránsito.....	110
Anexo 36. Ábacos para encontrar coeficientes estructurales.....	110
Anexo 38. Recolección de muestras	113
Anexo 39. Conteo vehicular.....	114
Anexo 40. Ensayos de laboratorio	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado encuesta de vivienda.....	17
Tabla 2. Servicios de Salud Limones	20
Tabla 3. Métodos teóricos y empíricos.....	39
Tabla 4. Granulometría M1 – 0.5m	43
Tabla 5. Granulometría M1 – 1.0m	43
Tabla 6. Granulometría M1 – 1.5m	44
Tabla 7. Granulometría M2 – 0.5m	44
Tabla 8. Granulometría M2 – 1.0m	45
Tabla 9. Granulometría M2 – 1.5m	45
Tabla 10. Granulometría M3 – 0.5m	46
Tabla 11. Granulometría M3 – 1.0m	47
Tabla 12. Granulometría M3 – 1.5m	47
Tabla 13. Aforo Huásimo - Limones.....	48
Tabla 14. Factor de Ajuste mensual	49
Tabla 15. Factor Diario	50
Tabla 16. Tráfico Promedio Diario Anual.....	51
Tabla 17. Tráfico Futuro	52
Tabla 18. Clasificación de la vía	53
Tabla 19. Clasificación de la vía	53
Tabla 20. Factor de Equivalencia de Cargas.....	54
Tabla 21. Factor Camión.....	55
Tabla 22. Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño.....	56
Tabla 23. Nro. ESAL´s por tipo de vehículo	56
Tabla 24. ESAL´s.....	57
Tabla 25. Nivel de confiabilidad	58
Tabla 26. Desviación normal estándar	58
Tabla 27. Serviciabilidad.....	59
Tabla 28. Error combinado.....	59
Tabla 29. Coeficientes de drenaje.....	60
Tabla 30. Datos para el diseño	60
Tabla 31. Coeficientes estructurales de base y subbase	62
Tabla 32. Resultados de Mr, a1	63
Tabla 33. Coeficiente de drenaje	64
Tabla 34. Resultados de m2, m3	64
Tabla 35. Espesores mínimos en base al número de ejes equivalentes	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de acceso a la educación.....	20
Figura 2. Alcantarillado	21
Figura 3. Servicio de Agua.....	22
Figura 4. Mapa de división hidrográfica Parroquia Limones	23
Figura 5. Capacidad de uso del suelo de la parroquia Limones.....	24
Figura 6. Árbol de problemas.....	26
Figura 7. Tramo de estudio	38
Figura 8. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M1.....	41
Figura 9. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M2.....	42
Figura 10. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M3.....	42
Figura 11. Módulo resiliente de la base 30000 psi	61
Figura 12. Módulo resiliente de la sub-base 17000 psi	62
Figura 13. Módulo resiliente de la mezcla asfáltica	63
Figura 14. Espesor de las capas.....	66
Figura 15. Espesor de las capas.....	67

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

El desarrollo de infraestructuras viales es esencial para fomentar el progreso del país, ya que mejora la competitividad de las regiones al reducir los costos y tiempos de transporte. Además, facilita el acceso a mercados distantes, promueve la integración de cadenas productivas y estimula la creación de empleo, entre otros beneficios. (Tapia Guerrero, 2018)

Las vías de comunicación, tanto a nivel mundial como en nuestro país, son fundamentales para el desarrollo económico, social y cultural. Por ello, la apertura y el mantenimiento regular de estos sistemas viales es esencial para asegurar un transporte seguro y confiable. (Marcomini Pinatt, 2020). Además, mejorar la calidad y la cobertura de las carreteras terciarias en un país es de gran importancia, ya que esta red vial desempeña un papel crucial en el impulso del desarrollo socioeconómico de las áreas rurales y las comunidades apartadas de los centros urbanos.

Por lo antes dicho se indica la necesidad de evaluar y desarrollar un plan para abordar la problemática de la zona de estudio. Esta área carece de una infraestructura vial adecuada para satisfacer las necesidades de movilidad, lo que obstaculiza el progreso productivo, natural, cultural y social de la población limonense, dicha parroquia reconocida como la capital caprina del Ecuador.

Actualidad de la problemática

El problema vial en la parroquia Limones, perteneciente al cantón Zapotillo en la provincia de Loja, radica en la falta de una carretera pavimentada, lo que limita su potencial productivo. Actualmente, la vía que conecta Limones con la ciudad de Zapotillo está lastrada y se ve seriamente afectada por fenómenos y cambios climáticos, lo que causa daños y dificulta el tránsito. Esto resulta en problemas significativos para los habitantes, quienes no pueden movilizarse adecuadamente, especialmente a lo largo de la ruta Huásimo – Limones. La producción, distribución y comercialización de productos agrícolas se ven gravemente perjudicadas porque los vehículos que transportan insumos agrícolas o llevan productos a los mercados enfrentan grandes dificultades debido al camino de terreno natural e irregular, que se vuelve lodoso e intransitable durante las

lluvias. Por estas razones, es fundamental realizar los estudios necesarios para el diseño de pavimento de esta arteria vial, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de los habitantes y preservar la conectividad entre la parroquia Limones y el cantón Zapotillo.

El proyecto está encaminado a mejorar a nivel de pavimentación la vía Huásimo hasta Limones para poder soportar los cambios de temperatura y el constante tránsito de vehículos livianos y pesados , y así evitar el deterioro de la vía en su estado actual.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes (Línea base del proyecto)

Limones es una de las siete parroquias del cantón Zapotillo, que se localiza al sur oeste de Zapotillo , a 20 Km de la cabecera cantonal. Aunque este cantón es principalmente agrícola, también cuenta con pequeñas poblaciones dedicadas a la ganadería. La región ha prosperado notablemente gracias al esfuerzo y la dedicación de su gente, así como al trabajo conjunto de la comunidad y sus autoridades. El pueblo de Limones históricamente conocido como la capital caprina del Ecuador se estableció en 1820 con 12 familias de Ecuador y 8 de Perú, entre las que destacaron las familias Añazco, Duarte y Peña. El nombre del pueblo proviene de una hacienda llamada Limones, propiedad de la familia Ramírez. Además, en esta área se asentó la cultura Chimú, de la cual todavía se pueden encontrar restos arqueológicos en el cementerio y en el barrio Añasitos. ha enfrentado desafíos relacionados con la falta de infraestructura vial adecuada. Cuenta con la vía Huásimo – Limones de aproximadamente 6 km, la cual ahora está abierta al tránsito como la ruta para quienes entran y salen de esta parroquia.

1.1.1. Datos de Población

En el proceso de actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Limones 2019-2023, se aplicó una encuesta de vivienda en la cual se determinó el total de personas en la Parroquia Limones.

La parroquia Limones está conformada por un total de 23 barrios de los cuales uno es de tipo urbano Limones; la parroquia Limones tiene 454 familias, con un promedio de 3.2 miembros integrantes de las familias, dando una población total de 1499 habitantes. De esta afirmación se desprende que la densidad poblacional es de 6,48 habitantes por kilómetro cuadrado; y, de 15.43 habitantes por hectárea. La población de la parroquia Limones para el año 2019, es de 1499 habitantes.

Tabla 1. Resultado encuesta de vivienda

Nro.	Descripción	Nombre	Nro.	Nro.
------	-------------	--------	------	------

			Familias	Habitantes
1	Cabecera Parroquial	Limonas	97	312
2	Barrio	Tronco Quemado	67	230
3	Barrio	Pueblo Nuevo	14	54
4	Barrio	Hualtacos	26	88
5	Barrio	Novillos	25	84
6	Barrio	El Mango	14	48
7	Barrio	Chaquiro	18	44
8	Barrio	Paletillas de Malvas	16	60
9	Barrio	Cabeza de Toro	14	49
10	Barrio	El Oro de Pilares	35	111
11	Barrio	Pilares	17	63
12	Barrio	Guasimal	4	16
13	Barrio	Totumitos	11	28
14	Barrio	Catanas	9	32
15	Barrio	Tamarindo	6	25
16	Barrio	Zapotes	10	32
17	Barrio	Sahinos	12	45
18	Barrio	Añasitos	30	91
19	Barrio	El Sauce	4	12
20	Barrio	Pichincha	4	14
21	Barrio	Corralitos	3	8
22	Barrio	Jiménez	13	35
23	Barrio	Macas	5	19
TOTAL			454	1499

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Limonas

1.1.2. Sector Productivo de Limones

Los suelos en el territorio de la Parroquia Limones son suelos ubicados en zonas áridas muy secas con escaso desarrollo pedogenético, poco profundos y frecuentemente pedregosos. Al ser suelos poco fértiles los productores de la parroquia se ven en la necesidad de usar insumos para incrementar la producción por la razón que existe poca agua en la época de aplicación. Son tierras arables, en las cuales se reduce la posibilidad de elección de cultivos a desarrollar o incrementar los costos de producción debido a la presencia de limitaciones.

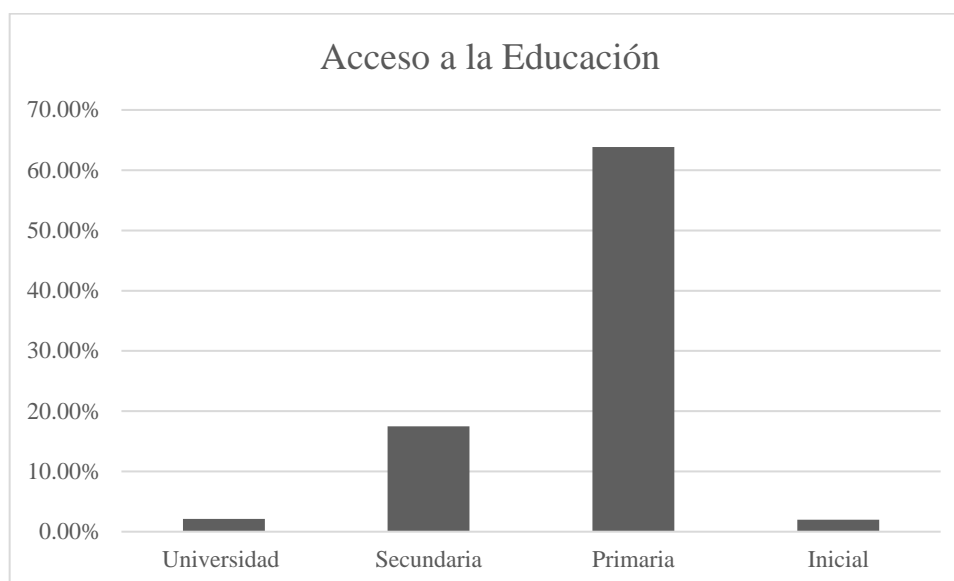
Las actividades productivas desarrolladas en la parroquia Limones son: agricultura, ganadería que son las principales bases para la economía de la parroquia tanto rural como campesina, además del comercio, referente a los principales cultivos de la Parroquia podemos ver que el Maíz, Cebolla y Melón son los productos que mayor se cultiva en la parroquia, dándose en su mayoría en los barrios de Limones y Tronco Quemado respectivamente.

1.1.3. Servicios de Educación

Los servicios educativos en la Parroquia Limones se encuentran enmarcados dentro de las características actuales del país, con pocas fortalezas y muchas deficiencias. Estos problemas son cruciales para el desarrollo intercultural, geoambiental y socioeconómico.

Es importante considerar que el acceso y la permanencia en el sistema escolar son indicadores clave para medir la pobreza basada en necesidades básicas insatisfechas. La población en edad de asistir a la educación inicial y primaria, que comprende entre los 5 y los 14 años, cuenta con un 63.84% de asistencia a los centros educativos locales y comunitarios, siendo la unidad educativa de la cabecera parroquial la que registra la mayor cantidad de alumnos. Sin embargo, esta misma población muestra una baja continuidad en el siguiente nivel educativo, ya que solo el 17.48% de los jóvenes en edad de cursar el bachillerato lo hacen. Lo más preocupante para las autoridades locales es que, de los estudiantes que finalizan el bachillerato, solo el 2.13% accede a la educación superior, el porcentaje de acceso a la educación se presenta en la siguiente figura.

Figura 1. Porcentaje de acceso a la educación



Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Limones

1.1.4. Servicios de Salud

En la parroquia Limones existen un total de 2 establecimientos sanitarios o de salud, distribuidos de la siguiente manera: En la zona urbana de Limones existe 1 centro de salud. La zona rural cuenta con un puesto de salud. Los cuales presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 2. Servicios de Salud Limones

No.	Lugar	Nombre	Área
1	Limones	Centro Salud Limones	Urbana
2		Puesto de Salud Tronco Quemado	Rural

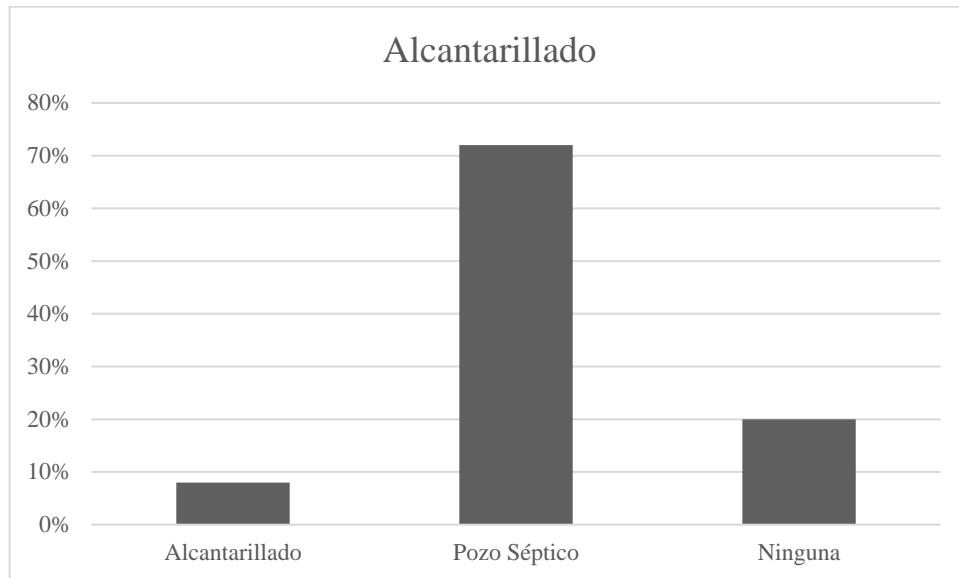
Fuente: Distrito de Salud 11D09 Zapotillo 2019.

1.1.5. Servicio de Alcantarillado

Según las encuestas socioeconómicas realizadas, solo el 8% de las viviendas en la cabecera parroquial de Limones están conectadas a una red pública de alcantarillado y no disponen de una planta de tratamiento. El 72% de las viviendas están conectadas a pozos sépticos o descargan directamente en el mar, ríos, lagos o quebradas, mientras que el 20% no tiene ningún tipo de conexión. Esto pone de manifiesto la necesidad de implementar acciones en la parroquia dirigidas a mejorar los servicios y el manejo de las aguas

residuales, con el fin de evitar la contaminación ambiental y la propagación de enfermedades. El saneamiento ambiental es una prioridad en la parroquia para garantizar la calidad de vida de sus habitantes.

Figura 2. Alcantarillado

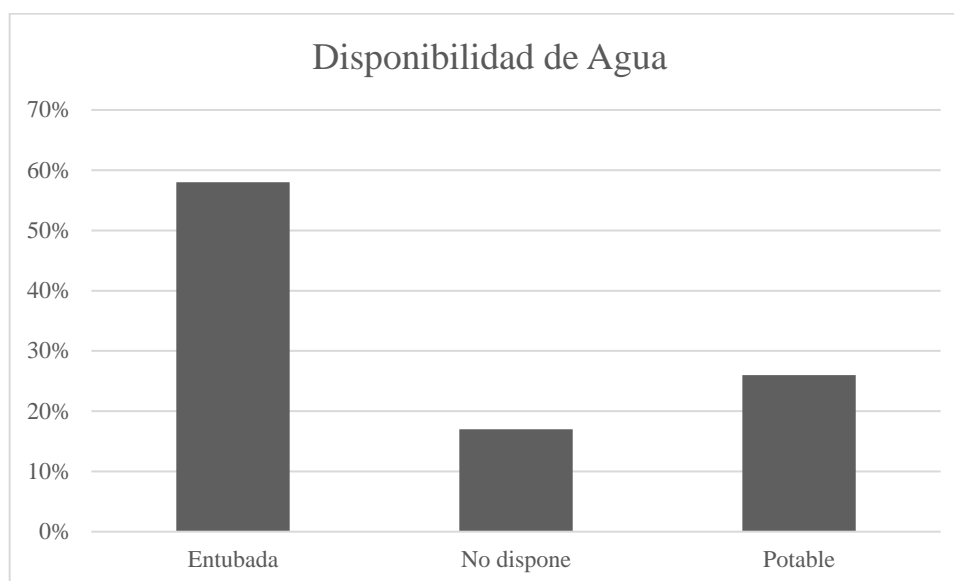


Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Limones

1.1.6. Servicio básico de agua potable

De toda la población de la Parroquia, el 26 % de las familias dispone del servicio de agua potable que lo hace adecuado para el consumo. El 58 % de las familias disponen de agua entubada que es utilizada para el consumo, mientras que el 17% no dispone de agua, por lo que se ven obligados a abastecerse de alguna otra fuente cercana como río, pozo, quebrada etc. Respecto a la Calidad del agua el 64% de las familias encuestadas considera que el agua es regular; y el 6% considera que es mala.

Figura 3. Servicio de Agua



Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Limones

1.1.7. Hidrografía

La Parroquia hidrográficamente está conformada por 3 microcuencas que son:

Microcuenca Quebrada de Malvas: pertenece al Sistema Hídrico de la cuenca del río Chira y de la subcuenca del río Alamor; cubre un área de 7.715,51 ha. Esta microcuenca cubre los siguientes barrios: Cabeza de Toro, Totumitos, Guasimal, Chaquiro y Paletillas de Malvas.

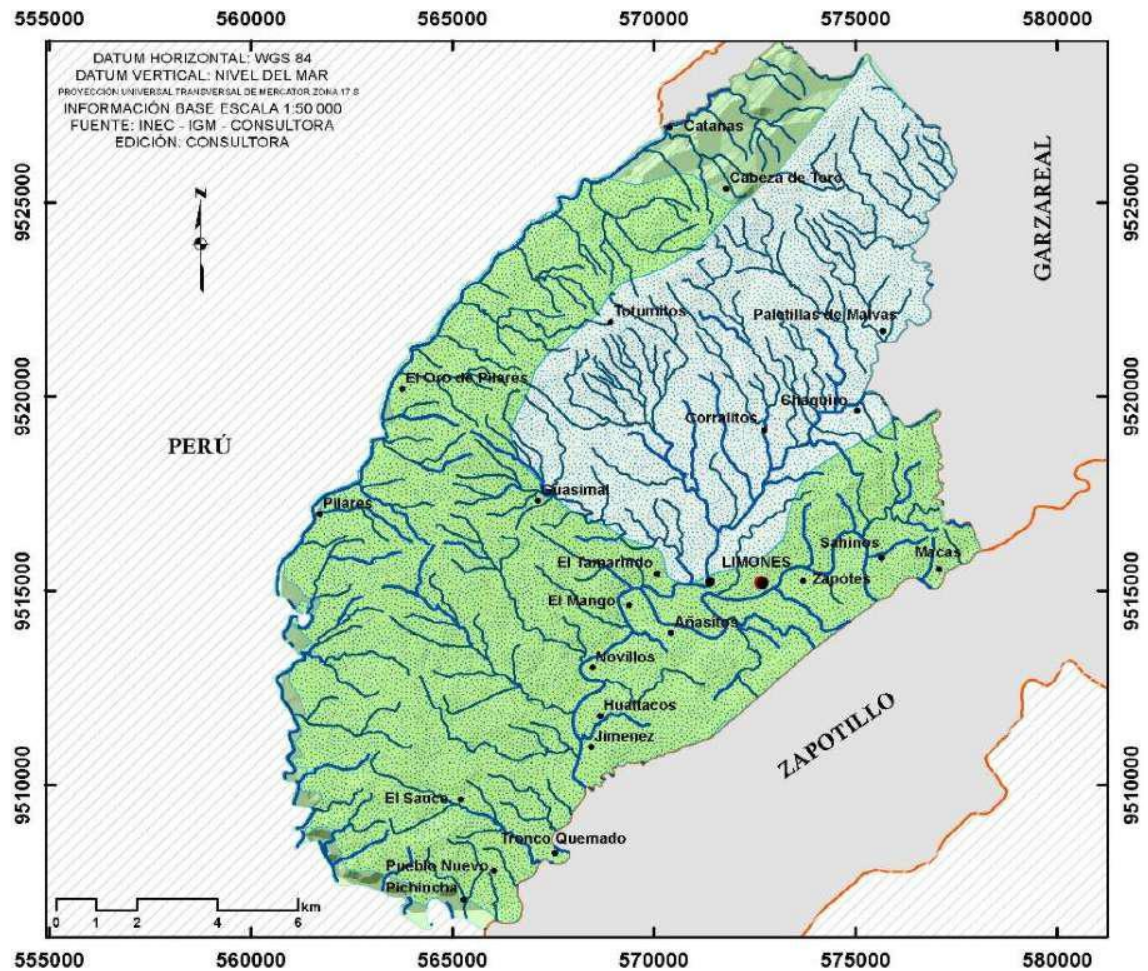
Zona de Drenajes Menores: pertenece al Sistema Hídrico de la cuenca del río Chira y de la subcuenca del río Alamor; esta microcuenca está cubriendo un área de 1.285,82 ha del área total de la parroquia. Cubre a los barrios Sahínos, Corregidor, Zapotes, Añasitos, El Mango, El Tamarindo, Novillos, Hualtacos, Jiménez, Tronco Quemado.

Microcuenca Quebrada Pilares: pertenece al Sistema Hídrico de la cuenca del río Chira y de la subcuenca del río Alamor; cubre un área de 14.125,06 ha. Esta zona está cubriendo los siguientes barrios de la parroquia: Catanas, El Oro de Pilares, Pilares.

En La Parroquia Limones se cuenta con el Sistema de Riego Zapotillo, ramales 3DC, 1C, 2C y Sifón Limones; los que benefician a los sectores: Limones, Sahinos, Zapotes, Camachos, Añasitos, El Mango, Novillos, Hualtacos, Tronco Quemado, Corregidor y

Macas. Estos ramales permiten el riego de 1218,05 has de tierras dedicadas actualmente a cultivos de maíz, cebolla, frejol, sandía, y cultivos de huerta. El GAD-Limones según el Programa del Buen Vivir Rural ha construido 21 pozos someros para riego en las comunidades: Catanas y El Oro de Pilares,

Figura 4. Mapa de división hidrográfica Parroquia Limones

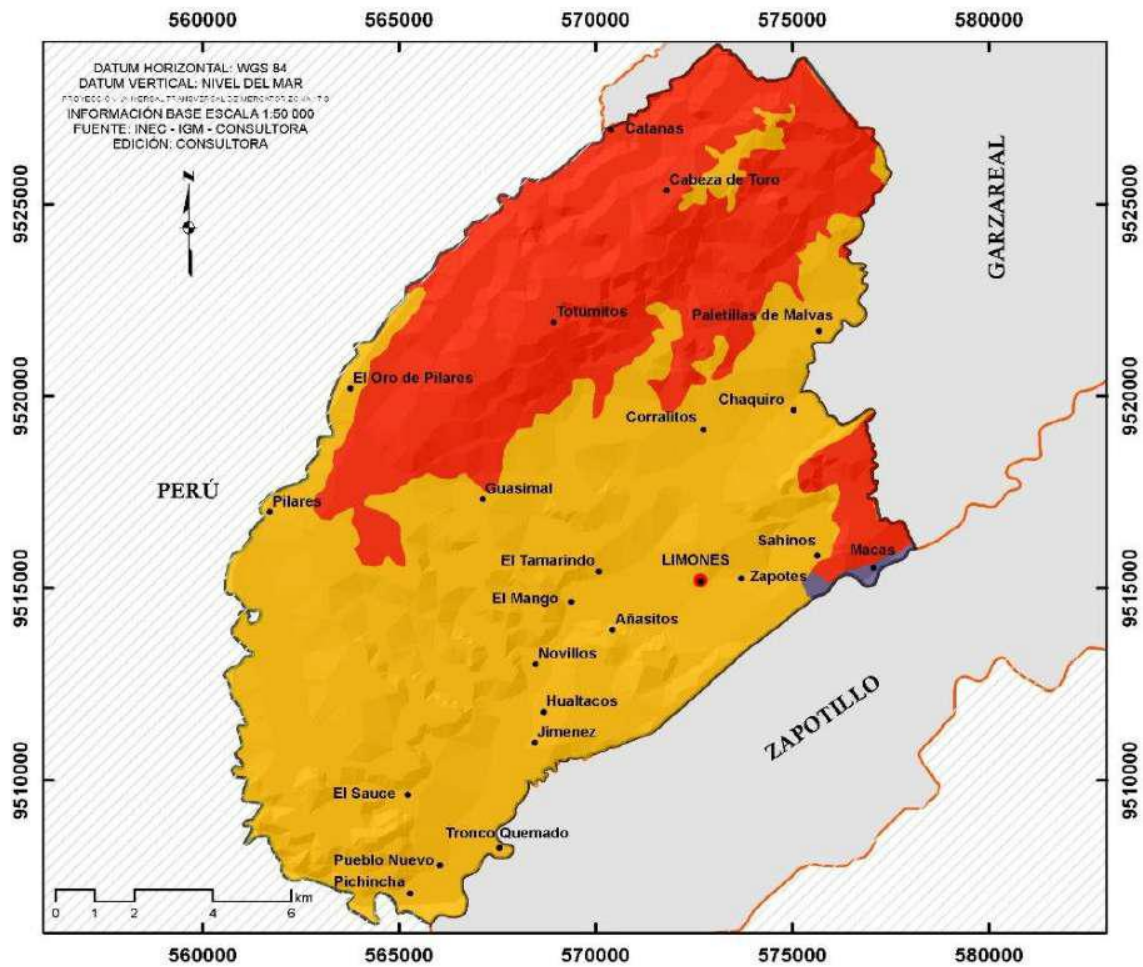


Fuente: Plan de ordenamiento territorial

1.1.8. Uso de Suelo

El uso actual del suelo es un aspecto complejo, que resulta de múltiples factores, algunos son de orden físico (aptitud, drenaje, suelo, clima); otros son históricos institucionales (propiedad y tenencia); y otros, de carácter económico (costo de producción, precios, vías de comunicación, entre otros).

Figura 5. Capacidad de uso del suelo de la parroquia Limones



Fuente: Plan de ordenamiento territorial Limones

1.1.9. Amenazas

Según (Parroquial Sr Nelson Vinicio Requena Vivanco -presidente Arq Patricia Fernanda Espinoza Correa -consultora, 2019) en la parroquia Limones, los asentamientos humanos no enfrentan amenazas o riesgos significativos. Según las encuestas, solo el 4.7% de las viviendas se ven afectadas por fenómenos naturales como el viento y las fuertes lluvias. Sin embargo, hay un grado de erosión en los suelos que impacta las vías de acceso a los barrios, deteriorándolas y convirtiéndolas en caminos transitables solo durante el verano.

1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)

Tener una infraestructura vial en buenas condiciones es crucial y estratégico para el desarrollo social y económico de una región que aspira a crecer a través del comercio

interno y externo. Una infraestructura vial adecuada facilita la comunicación entre pueblos, cantones y ciudades, generando múltiples beneficios socioeconómicos. En contraste, una carretera en mal estado reduce la calidad del servicio, aumenta los costos de transporte y compromete la seguridad vial de conductores y peatones. (Ríos Cotazo et al., 2020)

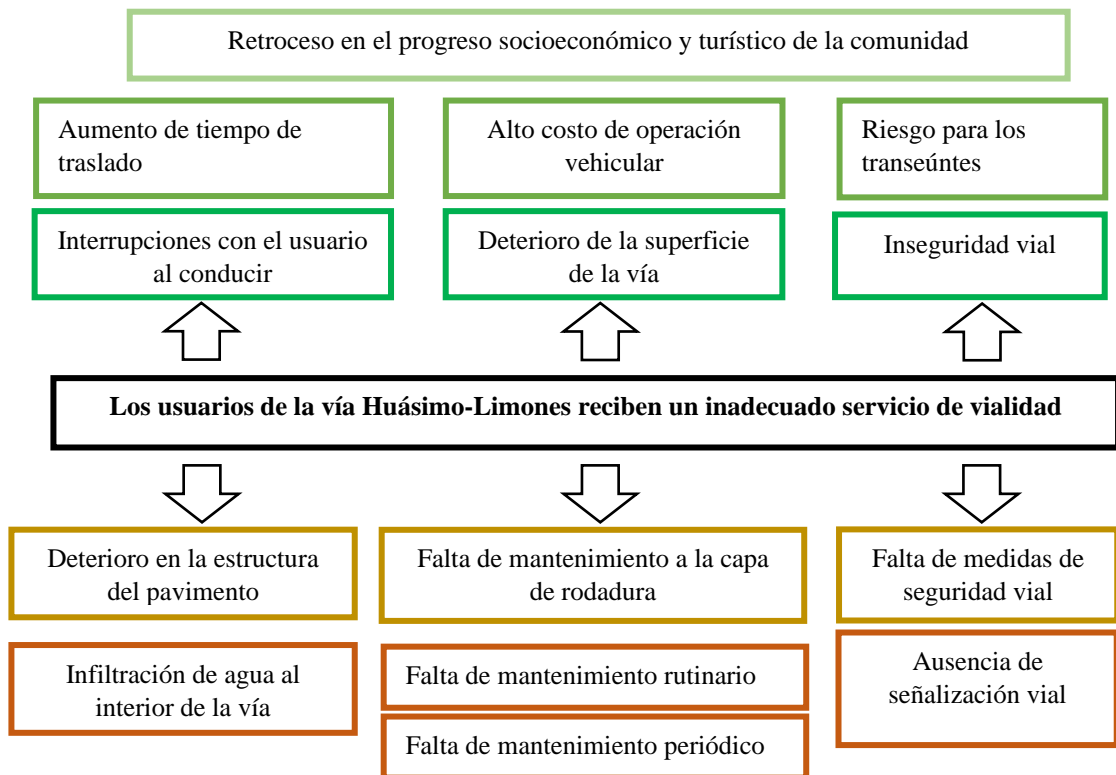
El propósito de este proyecto consiste en la evaluación de pavimento de la vía que se extiende desde el barrio Huásimo hasta la "Parroquia Limones". Actualmente, la carretera es lastrada, presenta problemas como insuficiente ancho de vía, curvas cerradas, baja visibilidad, ausencia de peraltes y drenaje vial, además de la falta de señalización e iluminación, entre otras deficiencias.

El mantenimiento deficiente es notable en el deterioro de la carretera y este impacta especialmente la producción agrícola de la parroquia Limones, dificultando el transporte eficiente de los productos hacia los distintos puntos de comercialización en el cantón y la provincia.

Otro inconveniente es el daño que sufren los vehículos al transitar por esta carretera, debido a las irregularidades en la superficie de rodadura. Esto provoca un aumento en los costos de producción agrícola y, como consecuencia, eleva los precios de los productos. El tiempo de transporte de productos y el uso general de la vía son prolongados, ya que los vehículos tanto pesados como livianos deben mantener una velocidad reducida para evitar accidentes y daños debido al mal estado de la vía. Esto genera un mayor consumo de combustible y un bajo rendimiento. Además, en épocas de lluvia, la situación se agrava por la falta de drenaje, causando inestabilidad e inundaciones en la capa de rodadura.

1.3 Formulación del problema (preguntas científicas)

Figura 6. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

¿ Qué métodos se pueden emplear para realizar un diseño del pavimento que garantice un servicio vial óptimo en la vía que comprende el tramo Huásimo – Limones??

¿Cuáles son las condiciones actuales de la vía comprendida entre Huásimo y la parroquia Limones?

¿Cuál es una posible alternativa para el mejoramiento del servicio de la vía comprendida entre Huásimo y la parroquia Limones??

1.4 Delimitación del objeto de estudio

1.4.1 De contenido

Campo: Ingeniería Civil.

Área: Vías terrestres

1.4.2 Espacial

La presente investigación se realizará en la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia de Loja. La zona de estudio se ubica específicamente en la vía que en la

actualidad conecta la Parroquia Limones con el Huásimo y que tiene una longitud de aproximadamente 6 km.

1.4.3 Temporal

El presente trabajo se desarrollará en el período académico 2024-1 y 2024-2.

1.5 Justificación

Un sistema vial es importante ya que desempeña un papel crucial en el desarrollo socioeconómico y sostenible de las sociedades modernas, ya que carreteras en buen estado son fundamentales para el crecimiento social y económico de una población. La principal función es facilitar la movilidad libre y eficiente de vehículos lo que permite el transporte de personas, materiales y productos. Las vías de comunicación son el mejor medio para este propósito, actuando como elemento vital de la vida social y un recurso fundamental para la civilización. (Liu et al., 2022)

El presente trabajo se ha realizado con la idea de generar el bienestar de los habitantes de la parroquia Limones, y será entregado al Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Limones (G.A.D) como una propuesta de solución para el inadecuado servicio de vialidad de la vía Huásimo – Limones, dado el mal estado actual de la vía. El desarrollo urbano siempre estará vinculado a la construcción y mantenimiento de carreteras, ya que esto es esencial para un buen desarrollo y la mejora de los procesos de calidad que permitan un flujo continuo del tráfico.

Además de abordar los problemas en la comunidad, este trabajo asimismo sirve como sustentación de proyecto técnico para obtener el título de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala. El propósito de este trabajo no solo aplica en los conocimientos adquiridos durante la formación académica, sino que también promueve el desarrollo y mejora de las condiciones de vida locales.

1.6 Objetivos: general y específicos

1.6.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de diseño de pavimentos, mediante métodos de diseño, que permita un adecuado servicio de vialidad, para los usuarios del tramo de vía Huásimo – Limones.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar los criterios para diseño de pavimentos para carreteras de tercer orden a través de una revisión de artículos científicos que asegure un servicio vial adecuado el tramo Huásimo-Limones.
- Identificar las condiciones actuales de la carretera, mediante la aplicación de métodos técnicos y experimentales en el tramo de vía Huásimo-Limones.
- Elaborar una alternativa de diseño de pavimento mediante métodos técnicos, que asegure un adecuado servicio vial para los usuarios del tramo de vía Huásimo-Limones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes contextuales

2.1.1 Macro

A lo largo de la historia, las vías han sido parte fundamental del transporte ya que su construcción involucra un desarrollo y crecimiento de una nación, la civilización romana fueron pioneros en establecer una red de comunicaciones terrestres eficientes. El diseño estratégico de las vías romanas las convirtió en rutas claves que conectaban la metrópoli con territorios militares en toda Europa, la vía Apia fue la primera carretera pavimentada, facilitó la comunicación entre Roma y Brindisi el más importante puerto comercial con el Mediterráneo oriental y Oriente Medio.(Mei et al., 2022)

Según (Massenlli & De Paiva, 2019), en Brasil, el transporte por carretera es la opción principal para el transporte de mercancías, aunque solo el 12% de toda la red de carreteras está pavimentada, y muchas de estas vías no son adecuadas para el tráfico de personas y bienes. Además, el elevado volumen de vehículos en las carreteras, sumado a la falta de inversiones en mantenimiento y conservación, afecta negativamente la seguridad y la fluidez del tráfico. Esto resulta en una devaluación de la red vial del país. Este desafío también se evidencia en Ecuador, donde muchas carreteras, que se utilizan para conectar comunidades, no cumplen con los estándares requeridos.

Según (Bing et al., 2018) los estudios realizados en China identificaron que los factores geométricos, como el ancho del carril, el número de carriles disponibles y la configuración en intersecciones, influyen significativamente en el diseño de pavimentos. Además, un factor crítico relacionado con el tráfico es la velocidad de flujo libre. Los resultados del estudio indican que el ancho de los carriles puede contribuir a reducir las emisiones de CO₂; por lo tanto, aumentar el ancho podría disminuir estas emisiones. Se encontró que una velocidad promedio de tráfico de entre 23 a 24 mph está asociada con menores emisiones. Asimismo, se descubrió que factores como el tráfico diario promedio anual, el límite de velocidad, la longitud del segmento de carretera y la densidad del tráfico incrementan la probabilidad de accidentes fatales y con lesiones. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar tanto factores geométricos como de tráfico en el

diseño de pavimentos para mejorar la seguridad y reducir las emisiones.(Jamal et al., 2021)

Según (Moraldi et al., 2020) La información sobre las altas tasas de mortalidad en los caminos rurales de Europa resalta la necesidad de un diseño de pavimentos más seguro y eficiente. Entre 2004 y 2013, más de 201,000 personas perdieron la vida en estas vías, representando el 55% de todas las muertes en carretera. Esta estadística subraya la importancia de mejorar la seguridad en el diseño de pavimentos, incorporando elementos que reduzcan el riesgo de accidentes, como superficies antideslizantes y adecuadas anchuras de carril. A nivel global, el diseño de carreteras y autopistas está evolucionando hacia prácticas más ecológicas, seguras e inteligentes, mediante el uso de tecnologías avanzadas y altos estándares. Esto implica la implementación de materiales sostenibles, sensores para el monitoreo en tiempo real de las condiciones de la carretera, y la integración de sistemas de transporte inteligentes que optimizan el flujo del tráfico y reducen las emisiones. Al adoptar estas prácticas innovadoras, se puede mejorar significativamente la seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras viales, especialmente en áreas rurales donde el riesgo de accidentes es más elevado. (Foley, 2019)

2.1.2 Meso

En países en desarrollo como Ecuador, la restricción presupuestaria para infraestructuras viales y la escasez de técnicos especializados llevan a que las instituciones prioricen el mantenimiento de las carreteras, enfocándose en la prevención y respuesta a incidentes, en lugar de poner énfasis en la seguridad vial. Aunque se llevan a cabo inspecciones de carreteras, la falta de personas capacitadas limita su efectividad. Esta situación se relaciona directamente con el diseño de pavimentos, ya que un enfoque más efectivo en la planificación y construcción podría reducir los costos a largo plazo mediante el uso de materiales más duraderos y tecnologías innovadoras. Al implementar prácticas de diseño más seguras y sostenibles, se puede mejorar la calidad de las carreteras y disminuir la tasa de accidentes, como lo demuestran las estadísticas europeas sobre los caminos rurales, donde las mejoras en el diseño de pavimentos podrían abordar la alta mortalidad. Además, el diseño de carreteras está evolucionando hacia soluciones más ecológicas y seguras, lo

que no solo ayuda a reducir los accidentes, sino que también minimiza el impacto ambiental, un aspecto crucial para las economías emergentes que deben optimizar recursos y maximizar beneficios sociales. Incorporar tecnologías avanzadas en el diseño de pavimentos podría permitir que países como Ecuador mejoren la seguridad vial y la sostenibilidad de sus infraestructuras, incluso con presupuestos limitados (García-Ramírez et al., 2021)

Según (Caspa, 2023), durante muchos años, Ecuador ha proporcionado servicios de infraestructura vial, considerándolos como un elemento clave para el desarrollo y sostenibilidad económica, facilitando la interconexión innovadora y eficiente entre diferentes regiones. Esto ha contribuido significativamente al progreso del país. Sin embargo, las carreteras en Ecuador enfrentan problemas estructurales que pueden tener consecuencias graves. La falta de un sistema adecuado de diseño, control, intervención, seguimiento y monitoreo de las redes viales reduce la capacidad de servicio de los pavimentos. Un buen diseño de pavimentos es fundamental para asegurar la durabilidad y efectividad de las carreteras, lo que mejora la movilidad y contribuye al desarrollo económico sostenido.

2.1.3 Micro

Según (Jerez-Calero et al., 2018), la construcción de más carreteras pavimentadas ha mejorado el acceso de los habitantes de Quisapincha-Pasa a recursos y ha facilitado su conexión con las ciudades cercanas. Para evaluar la satisfacción de los residentes de los diferentes barrios a lo largo de la ruta Quisapincha-Pasa, se utilizó el Análisis de Correspondencias Múltiples. Este análisis mostró que los habitantes apoyaron la creación de esta vía intercomunitaria. Además, el estudio de las dimensiones consideradas indicó un incremento del 12,49% en el índice de calidad de vida de los residentes en 2010. En resumen, la construcción de la carretera intercomunitaria Quisapincha-Pasa ha proporcionado a los residentes de diversas áreas la oportunidad de mejorar sus condiciones de vida, así como una mejor movilidad de bienes y personas entre comunidades.

El autor (Zhangallimbay & Ordoñez, 2022), la falta de acceso a las zonas rurales y agrícolas de un país puede aumentar los costos de transporte, reducir la capacidad comercial de los pequeños agricultores y crear mercados intermediarios que distorsionan los precios y

afectan la distribución de los recursos. Un diseño adecuado de pavimentos es crucial para garantizar la durabilidad y efectividad de las carreteras, permitiendo un transporte más eficiente y confiable, especialmente en áreas rurales donde la infraestructura puede ser un desafío. El Ministerio de Economía y Finanzas informó una inversión acumulada de aproximadamente 21.950 millones de dólares en infraestructura económica. Además, entre 2010 y 2016, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas invirtió alrededor de 1.600 millones de dólares en obras viales en las provincias de El Oro y Manabí, destacando la importancia del diseño de pavimentos para mejorar la conectividad y el desarrollo económico en estas regiones.

2.2 Antecedentes conceptuales

2.2.1 Carreteras

Según (Herra Gómez, 2018) La red de carreteras se considera uno de los recursos más importantes para cualquier Estado, ya que desempeña un papel fundamental en el progreso al facilitar el movimiento de bienes, personas y servicios, lo que a su vez contribuye al desarrollo socioeconómico de una región.

Según (J. A. Flores Rangel, 2015), las carreteras son estructuras de transporte público delimitadas por un carril o franja, cuyo propósito es facilitar la movilidad y los desplazamientos de forma continua, siguen extendiéndose a través del corazón del tejido social y económico en áreas urbanas, indígenas y rurales. Las carreteras se pueden clasificar según la jerarquía dentro de la red vial, la condición del pavimento, el tránsito y el ancho de la vía.

2.2.2 Vías rurales

Se consideran vías rurales a todas las rutas que se encuentran en zonas alejadas, es decir, fuera de la ciudad, formando parte de la red vial del área rural. Para (Chimborazo, 2022) la diferencia entre los términos "rural" y "desarrollo rural" puede variar según el país, tanto en los desarrollados como en los en desarrollo. Además, en Ecuador, la transición hacia una nueva matriz productiva ha dado lugar a la creación de nuevos centros productivos en zonas rurales, lo que ha incrementado el tráfico y disminuido la capacidad vehicular para la cual estas áreas fueron diseñadas originalmente.

2.2.3 Pavimento

Un pavimento es una estructura que se erige sobre el suelo subyacente, formada por diferentes capas de materiales con características y grosores variados de acuerdo con el diseño del proyecto. Su función principal es soportar tanto las cargas estáticas como las dinámicas durante toda su vida útil (Alfonso et al., 2020)

2.2.4 Clasificación de los pavimentos

Según (Asele Manuka & Lachore, 2021), los pavimentos se clasifican en tres tipos: flexibles, rígido y mixtos, donde pavimentos flexibles están conformados por una capa superficial denominada como capa asfáltica, el pavimento rígido conformado por una losa de cemento portland, los pavimentos mixtos conformados con piezas de hormigón prefabricadas generalmente llamadas adoquines. Las fallas de un pavimento pueden ser estructurales, funcionales o de materiales además existen fallas que son la unión de dos o más fallas.

2.2.5 Pavimentos Flexibles

Según (Belete Werkinah & Arega Demissie, 2019), los pavimentos flexibles están formados por varias capas superpuestas, donde los materiales de mejor calidad se colocan en la parte superior de la subrasante debido a la alta intensidad del tráfico, las presiones generadas por los neumáticos y el aumento de las cargas por eje, este tipo de pavimento se compone de una capa de asfalto sobre una base granular o subbase, sostenida por el suelo compactado o subrasante. (Zambrano Meza & Tejeda Piusseaut, 2019)

2.2.6 Elementos que integran un pavimento flexible

Al realizar ensayos de laboratorio en los materiales que componen las bases y subbases granulares de los pavimentos flexibles, a menudo se encuentra que no cumplen con las características exigidas por las normas actuales, especialmente en cuanto a la composición granulométrica y la plasticidad. Las recomendaciones técnicas para el diseño de carreteras estipulan que los materiales granulares deben ser capaces de soportar las tensiones generadas por el tráfico vehicular. (Obras Públicas, 2002)

2.2.7 Subrasante

Según (Zárate Falconi, 2019) la subrasante es el suelo natural, o mejorado en términos de calidad, que soporta la estructura del pavimento, y su capacidad de soporte depende del

grosor de las distintas capas del pavimento. Puede formarse en áreas de relleno y corte, las cuales deben ser conformadas y compactadas según las secciones transversales especificadas en el diseño. La subrasante debe cumplir con requisitos de resistencia, inmunidad e incomprensibilidad ante la expansión y contracción causadas por la humedad.

2.2.8 Subbase granular

La subbase se encuentra por debajo de la base y sobre el terreno natural o la subrasante. Su función es proporcionar un cimiento uniforme a la base y facilitar una plataforma de trabajo para su compactación. Este material está compuesto por suelos naturales o, en muchos casos, una combinación de agregados obtenidos mediante trituración o cribado. Las características de calidad que deben tener estos materiales incluyen una capacidad de soporte mínima del 30%, un índice de plasticidad menor que 6 para los fragmentos que pasen el tamiz N°40, y un límite máximo del 25%. Además, el coeficiente de los ángeles debe ser inferior al 50%. Existen tres tipos de subbase granular: clase 1, clase 2 y clase 3, las cuales deben cumplir con los requisitos vigentes. (Zambrano Meza & Tejeda Piusseaut, 2019)

2.2.9 Base granular

Al realizar ensayos (Zambrano Meza & Tejeda Piusseaut, 2019), la base granular se sitúa por debajo de la carpeta asfáltica y encima de la subbase, y su principal función es absorber la mayor parte de los esfuerzos generados por las cargas vehiculares. Está compuesta por una combinación de piedras o gravas con arenas o suelo natural, ya sea clasificados o parcialmente triturados. Los materiales utilizados para la base granular deben cumplir ciertos requisitos para garantizar su buen funcionamiento. La capacidad de soporte debe tener un CBR de al menos 80%, y la porción que pase el tamiz N°40 debe tener un índice de plasticidad menor al 6%, con un límite líquido que no supere el 25%. Los agregados empleados deben constituir más del 40%.

2.2.10 Carpeta asfáltica

Según (Rondón & Reyes, 2009) la capa de rodadura es una capa bituminosa que se apoya sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Está expuesta a condiciones climáticas, ambientales, lluvias y tráfico. Sin embargo, un contenido adecuado de agua beneficia a la

estructura al aumentar su resistencia a la deformación permanente. Por otro lado, un incremento sustancial del contenido de agua puede saturar los materiales, aumentar la presión de los poros y disminuir los esfuerzos efectivos, lo que provoca la pérdida de rigidez y resistencia a las deformaciones. Por lo tanto, el objetivo de la carpeta asfáltica es proteger la estructura del pavimento mediante la impermeabilización de la superficie, evitando la filtración de agua de las lluvias u otras fuentes, ya que un aumento del contenido de agua en la base y subbase incrementa la tasa de pérdida de serviciabilidad del pavimento.

2.2.11 California Bearing Ratio (CBR)

Según (Guerrero & Cruz Velasco, 2018), que actualmente, se utilizan dos sistemas reconocidos para la clasificación de suelos: el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Ambas metodologías tienen en común el uso de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como la granulometría y los límites de Atterberg, para su clasificación. Además, se sugiere una nueva forma de clasificar el suelo basada en la sensibilidad eléctrica, Es importante destacar que en este documento solo se emplea la clasificación AASHTO para los suelos ubicados por encima de la capa de la subrasante.

2.3 Antecedentes referenciales

Noé Villegas-Flores, Sara del Rocío Ochoa-Averos, Yelinca Nalena Saldeño-Madero & Edgar Humberto Sánchez-Cotte publicaron en el año (2022) un artículo llamado “*A Multi-Criteria Analysis for Decision-Making in the Selection of an Asphalt Mixture on Pavements*”. (Sánchez et al., 2022)

- En este artículo se realizó un análisis comparativo de dos técnicas para la construcción de pavimentos: el método en caliente (DHD) y el método en frío (DC). El objetivo principal fue evaluar distintos aspectos técnicos, económicos y ambientales. En su estudio, utilizaron las metodologías de "Marshall modificadas" para el método DHD y "Marshall Illinois" para el método DC. Asimismo, caracterizaron las mezclas asfálticas empleando emulsiones AC 60-70 para el DHD y CRL-1 para el DC, utilizando los mismos agregados en ambas técnicas.

Los hallazgos demostraron que la mezcla asfáltica en frío presentó un índice de sostenibilidad de 0,76, evidenciando un mejor desempeño en los aspectos ambientales, económicos y operacionales. Por otro lado, la mezcla en caliente obtuvo un índice de 0,57, indicando un rendimiento inferior en comparación con la mezcla en frío.

Hans Rudolf Heinemann publicó en el año (2021) un artículo llamado “*Pavement Engineering for Forest Roads: Development and Opportunities*”. (Heinemann, 2021)

- En este artículo se analizó el diseño racional de pavimentos que se basa en cinco componentes esenciales: la resistencia del subsuelo, la resistencia de la estructura del pavimento, el volumen de tráfico durante su vida útil, las incertidumbres que amplifican el deterioro y el criterio de estado límite. Además, los enfoques de diseño para caminos forestales se han adaptado a partir de metodologías desarrolladas para carreteras de alto volumen, destacando las de AASHTO y USACE. Aunque la conversión de estos métodos al sistema SI muestra sensibilidad a la resistencia del suelo, medida en el Índice de Soporte de California (CBR), carecen de validación para condiciones de caminos forestales, lo que sugiere la necesidad de estudios observacionales para su validación y la mejora de las medidas de resistencia del suelo en el módulo de resiliencia.

Rezky Anisari, Ria Adriyati & Abdul Hafizh Ihsani publicaron en el año (2023) un artículo llamado “*Flexible Pavement Design Analysis Using Bina Marga 2017 Method for the Road Section from Banjarang-Pulau Nyiur to Batu Mandi, Hulu Sungai Utara*”. (Rezky Anisari et al., 2023)

- El artículo analiza la planificación del espesor del pavimento para la carretera Banjarang, Pulau Nyiur, Batu Mandi en Kalimantan del Sur, Indonesia. Con una longitud de 12.5 km, esta vía aún carece de pavimentación en algunos tramos, por lo que se planean mejoras para optimizar el transporte interregional. El estudio aplica el método de diseño de pavimentos flexibles según las directrices de Bina Marga 2017, con una vida útil de 20 años y un crecimiento del tráfico del 3.5%. Se determinó un espesor total de 58 cm, compuesto por capas de concreto asfáltico y agregados de base estructural.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

De campo: Debido a que el trabajo requiere de recolección de muestras in situ para posterior ensayos destructivos laboratorio

Documental: es la compilación de información válida y necesaria para aplicar al presente trabajo, la cual está basada en normas vigentes, libros, trabajos de maestría y artículos científicos.

Experimental: debido a que el trabajo requiere de ensayos destructivos de laboratorio.

3.2 Tipo de investigación

3.2.1 Investigación documental

Este tipo de investigación conocida como estado del arte ayuda a identificar aciertos, prevenir errores y clarificar el enfoque de la investigación sobre cualquier tema, época, autor, obra o escuela, incluyendo el ámbito filosófico, además, asegura que, al aportar elementos que complementan el perfil crítico documental actual, se cubra al menos la mayor parte del material relevante y de la producción intelectual sobre un autor, su obra, los estudiosos y gestores asociados. De esta manera, se convierte en una modalidad de investigación que respalda a las demás en cualquier área del conocimiento (Posada González, 2017), esta investigación se inicia con la búsqueda de información actualizada vinculada a mi tema de estudio. Por esta razón, se llevó a cabo una revisión de diversas tesis de maestría, artículos científicos, libros y normativas.

3.2.2 Investigación de campo

Es un tipo de investigación que se lleva a cabo en el campo y permite acumular una cantidad suficiente de notas para respaldar la documentación que ayude a una mejor comprensión teórica. Esta metodología incluye observaciones personales, observación participante, etnografía, entrevistas, diarios, mediciones de seguimiento, evaluación ambulatoria, así como la observación de la población y de situaciones y características (Crump, 2020)

3.2.3 Investigación experimental

Este tipo de investigación se distingue por la manipulación intencionada y autónoma de una variable, así como por el análisis de su efecto sobre otra variable dependiente. Esta metodología refleja la preocupación de una persona por abordar los problemas que le afectan a través de la aplicación de métodos científicos (Ramos-Galarza, 2021)

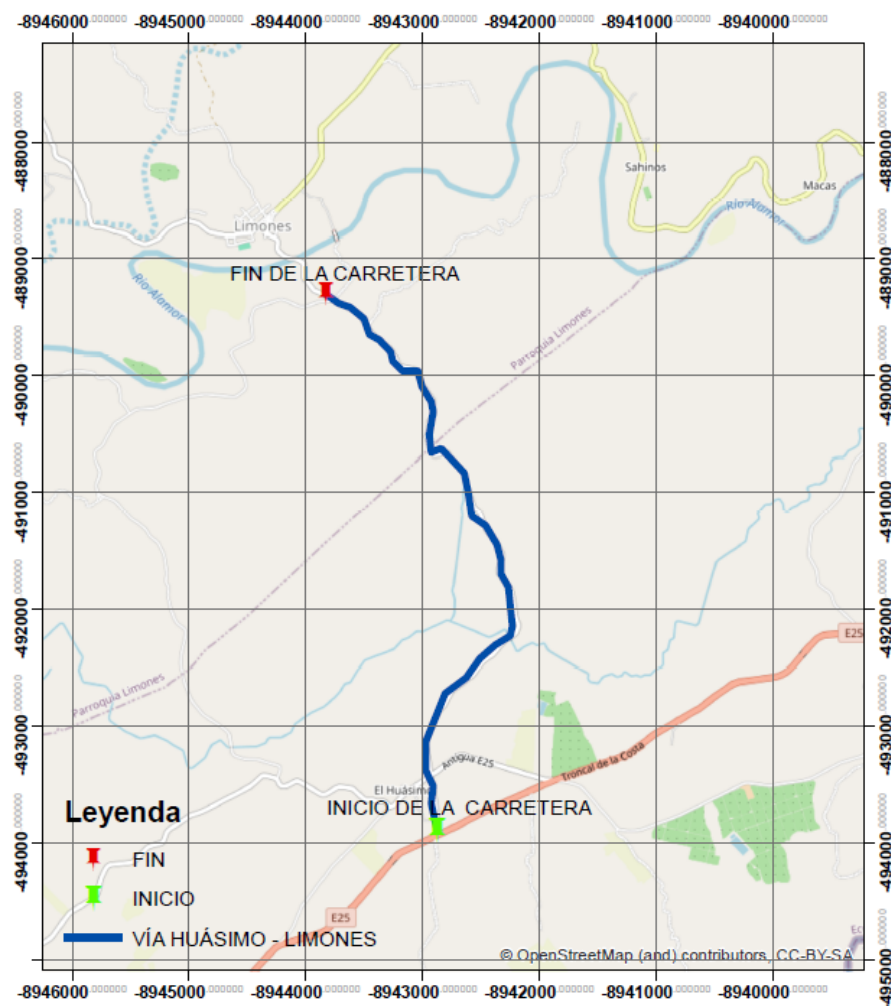
3.3 Objeto de estudio

El objeto de estudio del presente proyecto se enfoca en la evaluación del pavimento del tramo de vía Huásimo – Limones.

3.3.1 Ubicación del objeto de estudio

El objeto de estudio se ubica en el tramo de vía que conecta Huásimo con la parroquia Limones, cantón Zapotillo, provincia Loja.

Figura 7. Tramo de estudio



Fuente: Autor

3.4 Descripción de la población y muestra

3.4.1 Población

Para el caso de estudio, el universo al cual va dirigida la investigación son los usuarios de la vía Huásimo – Limones, se han obtenido mediante un conteo vehicular por tres días consecutivos por un lapso de 12 horas diarias.

3.4.2 Tamaño de muestra

Para el tamaño de muestra, a la cual va dirigida la investigación son los usuarios de la vía Huásimo – Limones, se han obtenido mediante un conteo vehicular por tres días consecutivos por un lapso de 12 horas diarias.

3.5 Métodos teóricos y empíricos con los materiales utilizados

Se extrajeron 3 calicatas obteniendo muestras a 0.5, 1.0, 1.5 metros de profundidad las cuales se realizaron ensayos bajo la normativa AASHTO y ASTM para obtener las características físicas del suelo, para lo que se realizó:

Contenido de humedad natural

Límites de Atteberg

Granulometría por lavado

Proctor modificado

CBR

Además, se realizó en campo un aforo vehicular mediante método de conteo manual por 3 días consecutivos por un lapso de 12 horas diarias, el punto de estudio fue en la vía Huásimo-Limones.

Tabla 3. Métodos teóricos y empíricos

Proceso	Definición	Indicador	Nivel de Medición	Unidad de Medida	Índice	Rango/Valor
Capacidad Portante de la	Es el parámetro que mide la resistencia del suelo	CBR de la subrasante	Baja, media, alta	Porcentaje (%)	Rango de CBR basado en la norma AASHTO 93	Baja: <3%, Media: 4%-9%, Alta: >10%

Subrasante (CBR)	sobre el cual se construye el pavimento.				(“AASHTO,” 1993)	
Tráfico (EEq)	Nivel de tránsito en la vía (vehículos pesados por día, ejes equivalentes acumulados).	Vehículos pesados en el carril de diseño (IMDP)	T1: 1-10, T2: 11-25, T3: 26-50	Vehículos por día	Clasificación del tráfico según MOP (Obras Publicas, 2002)	T1: 1-10, T2: 11-25, T3: 26-50
Capas del pavimento	Diferentes capas que componen el pavimento (subbase, base y capa de rodadura)	Espesor de cada capa	Espesor medido de cada capa	Centímetros (cm)	Valores establecidos por la norma AASHTO 93 (“AASHTO,” 1993)	Subbase: 15-20 cm, Base: 10-15 cm, Rodadura: 5-10 cm

Fuente: (“AASHTO,” 1993)

Explicación de la Metodología:

1. Capacidad Portante del Suelo (CBR):

- Se realizará un análisis geotécnico del suelo, midiendo el CBR para determinar la capacidad portante del suelo mediante el ensayo de CBR en laboratorio.

2. Tráfico:

- Se considerarán proyecciones de tráfico con base en aforos realizados previamente, clasificando el volumen de tráfico vehicular en términos de ejes equivalentes según la norma AASHTO

3. Capas del Pavimento:

- Se definirá el espesor de cada capa del pavimento mediante el diseño de pavimento en base a la norma AASHTO 93.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. California Bearing Ratio (CBR)

Para la elaboración de los ensayos de suelos del proyecto se realizaron 3 calicatas cada una a una profundidad de 1.50 metros, extrayendo muestras a cada 0.50 metros. Las muestras fueron analizadas y puestas a prueba de diferentes ensayos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la subrasante.

El ensayo del CBR y las calicatas fueron realizadas por Diaz Requenes Deisy Guadalupe autora de este documento, en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala – Facultad de Ingeniería Civil. Hay que mencionar que para la elaboración de los diferentes ensayos se recurrió a las normativas INEN y ASTM. Además, los cálculos detallados del presente proyecto se encuentran en la parte de anexos.

Figura 8. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M1



Fuente: Autor

Figura 9. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M2



Fuente: Autor

Figura 10. Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M3



Fuente: Autor

Tras una inspección visual y describiendo de una manera general con los resultados obtenidos en laboratorio el suelo que comprende la subrasante del proyecto es mayormente compuesta por limos arcillas, además, se observó una gran cantidad de materia orgánica debido a que la carretera atraviesa una zona altamente agrícola.

A continuación, se presentan resumen de los resultados obtenidos en el Laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala, para las tres muestras recogidas en campo. Los resultados fueron obtenidos mediante una serie de procedimientos metodológicos. Para determinar el CBR, se realizó inicialmente el ensayo de Proctor modificado para obtener la humedad óptima y la densidad seca máxima del material. Posteriormente, se

llevó a cabo el ensayo de CBR, utilizando tres moldes por muestra, los cuales fueron compactados con 56, 25 y 12 golpes.

La subrasante de la muestra **M1** obtuvo el valor más bajo, con un CBR de **7.62%**, clasificándola como una subrasante (**regular**).

4.2. Clasificación de suelos método AASHTO y SUCS

4.2.1. Muestra M1

4.2.1.1. Profundidad 0.5 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 1 a 0.5 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-4 el cual está compuesto de limos. Mediante la metodología SUCS, la muestra 1 a 0.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino ML (limo).

Tabla 4. Granulometría M1 – 0.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	89.52%
Nº 40	0,425 mm	82.26%
Nº 200	0,075 mm	69.52%
SUELO FINO		
Límite líquido		28%
Límite plástico		19.58%
Índice de plasticidad		8.42%
IG	3.97	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2. Profundidad 1.0 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 1 a 1.00 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 1 a 1.0 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 5. Granulometría M1 – 1.0m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.04%

N° 40	0,425 mm	94.60%
N° 200	0,075 mm	88.28%
SUELO FINO		
Límite líquido		31%
Límite plástico		20.38%
Índice de plasticidad		10.98%
IG	9	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3. Profundidad 1.5 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 1 a 1.50 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 1 a 1.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 6. Granulometría M1 – 1.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
N° 10	2,000 mm	97.52%
N° 40	0,425 mm	93.94%
N° 200	0,075 mm	86.92%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.58%
Índice de plasticidad		11.42%
IG	10.37	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Muestra M2

4.2.2.1. Profundidad 0.5 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 2 a 0.5 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-4 el cual está compuesto de limos. Mediante la metodología SUCS, la muestra 2 a 0.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 7. Granulometría M2 – 0.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA

N° 10	2,000 mm	89.72%
N° 40	0,425 mm	82.06%
N° 200	0,075 mm	67.14%
SUELO FINO		
Límite líquido		28%
Límite plástico		18.75%
Índice de plasticidad		9.25%
IG	4.11	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2. Profundidad 1.0 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 2 a 1.00 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 2 a 1.0 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 8. Granulometría M2 – 1.0m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
N° 10	2,000 mm	98.84%
N° 40	0,425 mm	95.62%
N° 200	0,075 mm	88.98%
SUELO FINO		
Límite líquido		31%
Límite plástico		19.72%
Índice de plasticidad		10.99%
IG	9.1	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3. Profundidad 1.5 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 2 a 1.50 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 2 a 1.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 9. Granulometría M2 – 1.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
N° 10	2,000 mm	98.36%

N° 40	0,425 mm	95.20%
N° 200	0,075 mm	88.54%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.26%
Índice de plasticidad		11.74%
IG	10.92	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Muestra M3

4.2.3.1. Profundidad 0.5 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 3 a 0.50 m de profundidad se verifica un suelo de material granular A-2-4 el cual está compuesto de gravas y arenas limosas o arcillosas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 3 a 0.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano grueso SW (arena bien gradada).

Tabla 10. Granulometría M3 – 0.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
N° 10	2,000 mm	47.14%
N° 40	0,425 mm	18.84%
N° 200	0,075 mm	9.10%
SUELO GRUESO		
Límite líquido		28%
Límite plástico		17.93%
Índice de plasticidad		10.07%
IG	0	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2. Profundidad 1.0 m

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 3 a 1.00 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 3 a 1.0 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 11. Granulometría M3 – 1.0m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.18%
Nº 40	0,425 mm	94.92%
Nº 200	0,075 mm	88.86%
SUELO FINO		
Límite líquido		31%
Límite plástico		20.33%
Índice de plasticidad		10.14%
IG	8.45	

Fuente: Elaboración Propia**4.2.3.3. Profundidad 1.5 m**

En base a los resultados de laboratorio, mediante la metodología AASHTO, la muestra 3 a 1.50 m de profundidad se verifica un suelo de material limo arcilloso A-6 el cual está compuesto de arcillas. Mediante la metodología SUCS, la muestra 3 a 1.5 m de profundidad se verifica un suelo de grano fino CL (arcilla de baja plasticidad).

Tabla 12. Granulometría M3 – 1.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	97.80%
Nº 40	0,425 mm	94.46%
Nº 200	0,075 mm	87.24%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.82%
Índice de plasticidad		11.18%
IG	10.26	

Fuente: Elaboración Propia**4.3. Conteo vehicular**

Para la obtención de los resultados, se llevó a cabo un conteo vehicular manual desde las 07:00 am hasta las 19h:00 pm a partir del 11 de octubre del 2024 hasta el domingo 13 de octubre del 2024. Las siguientes tablas presenta los datos obtenidos tras el aforo vehicular donde se dividieron los vehículos en base a la normativa.

4.3.1. Aforo Huásimo hacia Limones

La siguiente tabla presenta los datos obtenidos del aforo vehicular donde se clasificaron los distintos tipos de vehículos como: Livianos con un peso menor a 3.5 toneladas (motocicletas, automóviles, camionetas, automotores pequeños), Buses, Camiones los que tienen un peso mayor a 3.5 toneladas.

Tabla 13. Aforo Huásimo - Limones

AFORO HUÁSIMO HACIA LIMONES															
Conteo		Livianos			Buses	Camiones Livianos	Camiones Pesados								Total
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	
Fecha	Día	Motos	Automóviles y camionetas	RV	Buset a / Buses	2D / 2DA / 2DB	3A	4C/4 G/V2 DB	2S1/2 S2/2S 3/3S1	3S2	3S3	2R2/2 R3	3R3	3B3	
11/10/2024	Viernes	200	65	3	3	2	3	2	0	2	0	0	0	0	280
12/10/2024	Sábado	93	30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
13/10/2024	Domingo	123	39	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	167

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Clasificación de la vía en función del Tráfico Promedio Diario Anual de la zona de estudio

El tráfico promedio diario anual se obtiene registrando el volumen diario a lo largo de todo un año calendario. El enfoque más confiable para obtener este valor son los contadores automáticos, aunque en este caso no es factible económicamente por lo que se ha calculado en base al aforo manual.

Tráfico Promedio Diario

El Tráfico Promedio Diario “TPD” es una medida crucial del tráfico, se calcula como el número total de vehículos que pasan por un punto específico sobre el número de días de conteo, este se obtiene en días al aplicar la siguiente formula al número total de vehículos del aforo vehicular realizado.

$$TPD = \frac{\text{Número total de vehiculos}}{\text{Número de dias de conteo}}$$

Ecuación 1. : TPD

$$TPD = \frac{572}{3}$$

$$TPD = 190.667$$

Tráfico Promedio Diario Semanal

El Tráfico Promedio Diario Semanal “TPDS” del tráfico representa el promedio de cantidad de vehículos que pasan por un punto específico de la vía durante una semana, este valor se encuentra medido en días al aplicar la fórmula con los datos encontrados del aforo vehicular manual de la vía de estudio.

$$TPDS = \frac{5}{7} * \sum \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \sum \frac{D_e}{m}$$

Ecuación 2. : TPDS

TPDS: Tráfico promedio diario semanal

Dn: Días normales (lunes a viernes)

De: Días feriados (sábados y domingos)

$$TPDS = \frac{5}{7} * \sum \frac{280}{1} + \frac{2}{7} * \sum \frac{292}{2}$$

$$TPDS = 241$$

FACTOR DE AJUSTE MENSUAL

El MTOP nos proporciona el factor de ajuste mensual en base al mes que se realiza el aforo vehicular en la vía de estudio en este estudio se realizó en el mes de Octubre por lo que en la siguiente tabla se determina el valor de ajuste mensual de 0.931:

Tabla 14. Factor de Ajuste mensual

MES	FACTOR
Enero	1.07
Febrero	1.132
Marzo	1.085
Abril	1.093
Mayo	1.012
Junio	1.034
Julio	1.982

Agosto	0.974
Septiembre	0.923
Octubre	0.931
Noviembre	0.953
Diciembre	0.878

Fuente: MTOP

FACTOR DE AJUSTE DIARIO

El factor de ajuste diario “Fd” se lo obtiene en función del conteo vehicular realizado en la zona de estudio, ya que se calcula como el tráfico promedio diario semanal encontrado entre el tráfico diario, este valor se ha calculado por cada día de conteo y luego se ha tomado el promedio de estos.

$$F_d = \frac{TPDS}{TD}$$

Ecuación 3. : Fd

TPDS: Tráfico promedio diario semanal

TD: Tráfico diario

Tabla 15. Factor Diario

DIA DE LA SEMANA	TD (Veh/día)	FACTOR DIARIO
Viernes	280	0.8607
Sábado	125	1.9280
Domingo	167	1.4431
Total	572	1.4106

Fuente: Elaboración Propia

Tráfico Promedio Diario Anual

En base a los resultados obtenidos del Tráfico Promedio Diario Semanal “TPDS”, Factor diario “Fd” y el Factor de ajuste mensual obtenido de la tabla del MTOP, se calcula el Tráfico Promedio Diario Anual “TPDA” proyectado el cual es una estimación del volumen de tráfico futuro considerando tanto las variables de tráfico actual como el tráfico generado en la vía existente.

$$TPDA = TPDS \cdot F_d \cdot F_m$$

Ecuación 4. : TPDA

Fd: Factor de ajuste diario

Fm: Factor de ajuste mensual

$$T_{\text{asignado}} = TPDA_{\text{existente}} + TG + TD$$

Ecuación 5. : T_{asignado}

TG: Tráfico generado 25% TPDA actual

TD: Tráfico generado 5% TPDA actual

Tabla 16. Tráfico Promedio Diario Anual

AFORO VÍA HUÁSIMO - LIMONES															
Conteo		Livianos			Buses	Camiones Livianos	Camiones Pesados								Total
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	
Fecha	Día	Motos	Automóviles y camionetas	RV	Busetas / Buses	2D / 2DA / 2DB	3A	4C/4G/V2 DB	2S1/2S2/2S3/S1	3S2	3S3	2R2/2R3	3R3	3B3	
11/10/2024	Viernes	200	65	3	3	2	3	2	0	2	0	0	0	0	280
12/10/2024	Sábado	93	30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
13/10/2024	Domingo	123	39	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	167
Total		416	134	6	5	2	4	3	0	2	0	0	0	0	572
TPDS		173	56	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	241
%TPDS		71.78 %	23.24 %	0.83%	0.83%	0.41%	0.83%	0.41%	0.00%	0.41 %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
TPDA Actual		227	73	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	316
%TPDA Actual		71.84 %	23.10 %	0.63%	0.63%	0.32%	0.63%	0.32%	0.00%	0.32 %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%
TPDA Asignado		295	94	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	410
%TPDA Asignado		71.95 %	22.93 %	0.49%	0.49%	0.24%	0.49%	0.24%	0.00%	0.24 %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Fuente: Elaboración Propia

TRÁFICO FUTURO

Para determinar el tráfico futuro que es en base a la predicción que se tiene al volumen del tráfico futuro, debe acoplarse con el registro del volumen de tráfico actual con el volumen del tráfico que se generará en la vía existente se debe aplicar la siguiente ecuación.

$$\text{Tráfico futuro} = T_{\text{asignado}}(1 + i)^n T_{\text{asignado}}$$

Ecuación 6. : Tráfico Futuro

Tabla 17. Tráfico Futuro

TRÁFICO FUTURO PARA VÍA HUÁSIMO - LIMONES										
Año	n	TIPO DE VEHÍCULO								TOTAL
		%	Livianos	%	Buses	%	C. Livianos	%	C. Pesados	
2024	0		391		2		1		4	398
2025	1	2.80%	401	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	408
2026	2	2.80%	413	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	420
2027	3	2.80%	424	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	431
2028	4	2.80%	436	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	443
2029	5	2.80%	448	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	455
2030	6	2.80%	461	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	468
2031	7	2.80%	474	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	481
2032	8	2.80%	487	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	494
2033	9	2.80%	501	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	508
2034	10	2.80%	515	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	522
2035	11	2.80%	529	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	536
2036	12	2.80%	544	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	551
2037	13	2.80%	559	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	566
2038	14	2.80%	575	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	4	582
2039	15	2.80%	591	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	5	599
2040	16	2.80%	608	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	5	616
2041	17	2.80%	625	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	5	633
2042	18	2.80%	642	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	5	650
2043	19	2.80%	660	2.08%	2	1.53%	1	1.53%	5	668
2044	20	2.80%	679	2.08%	3	1.53%	1	1.53%	5	688

Fuente: Elaboración Propia

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

En base a la tabla MTOP que clasifica la vía en función del Tráfico Promedio Diario Anual calculado en base al aforo vehicular de la vía de estudio podemos clasificar a la vía como COLECTORAS III que es en el rango de 300 – 1000 del Tráfico Promedio Diario Anual esperado ya que en la vía de estudio se encontró un Tráfico Promedio Diario Anual de 688.

Tabla 18. Clasificación de la vía

FUNCION	CATEGORIA	TPDA ESPERADO
CORREDOR ARTERIAL	R I o R II	> 8000
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
COLECTORAS	III	300 - 1000
	IV	100 - 300
VECINAL	V	< 100

Fuente: MTOP

Tabla 19. Clasificación de la vía

CLASIFICACIÓN	
TRAFICO FUTURO =	688
CLASIFICACION MTOP =	
COLECTORAS III	

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. Cálculo del Número de Ejes Equivalentes “ESALS”

Conocidos como ESAL's (por sus siglas en inglés "Equivalent Single Axle Load"), la conversión a ejes equivalentes es una labor compleja que requiere comprender bien el concepto de tipo de eje y su peso, ya que este último afecta directamente el comportamiento del pavimento. A partir de los porcentajes de los diferentes tipos de vehículos obtenidos en la composición del tráfico, se procede a convertirlos en ejes equivalentes (cargas). Este análisis de carga transforma los diversos tipos de ejes que transitan por una vía en un sistema estandarizado de ejes simples; para la variable de carga, se pueden emplear los pesos establecidos por el MTOP o los determinados mediante un sistema de pesaje vehicular. (Barreto Cedeño et al., 2018).

Para el cálculo del ESAL's primero se determinan ciertos parámetros, los cuales se detallan a continuación.

El factor de carga equivalente (FEC), expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la producida por un eje estándar en el mismo eje. Se calculará dependiendo del tipo de vehículo que transita por la vía de estudio.

$$FEC = \left(\frac{P}{6.66}\right)^4$$

Ecuación 7. : Eje simple (Rueda simple)

$$FEC = \left(\frac{P}{8.20}\right)^4$$

Ecuación 8. : Eje simple (Rueda doble)

$$FEC = \left(\frac{P}{15.1}\right)^4$$

Ecuación 9. : Eje tándem (Rueda doble)

$$FEC = \left(\frac{P}{22.9}\right)^4$$

Ecuación 10. : Eje trídem (Rueda doble)

Tabla 20. Factor de Equivalencia de Cargas

TIPO DE VEHÍCULO			FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGAS
LIVIANOS	Clase 1	Motos	0.00101656
	Clase 2	Automóvil/ camionetas	0.003081448
BUSES	Clase 4	Buses	3.897017935
CAMIONES LIVIANOS	Clase 3	Buseta/Vans/2DA	0.572222321
	Clase 5	2DB	3.897017935
CAMIONES PESADOS	CLASE 6	3A	3.736331117
	CLASE 7	4C	1.8651635
	CLASE 8	2S1	4.178637583
	CLASE 9	3S2	6.81393126
	CLASE 10	3S3	4.942763643
	CLASE 11	3R2	10.21290504
	CLASE 12	3R3	10.05221822
	CLASE 13	3B3	4.942763643

Fuente: Elaboración Propia

FACTOR CAMIÓN

El factor camión se refiere al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de vehículo comercial, para su cálculo se obtiene el % de vehículos sin livianos y el factor de daño o factor de equivalencia. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_{camión} = FEC * \%vehículos$$

Ecuación 11. : $F_{camión}$

FEC: Factor de equivalencia de cargas

Tabla 21. Factor Camión

TIPO DE VEHÍCULO			FACTOR CAMIÓN
LIVIANOS	Clase 1	Motos	0
	Clase 2	Automóvil/ camionetas	0
BUSES	Clase 4	Buses	0.866004
CAMIONES LIVIANOS	Clase 3	Buseta/Vans/2DA	0.127161
	Clase 5	2DB	0.433002
CAMIONES PESADOS	CLASE 6	3A	0.830296
	CLASE 7	4C	0.20724
	CLASE 8	2S1	0
	CLASE 9	3S2	0.757103
	CLASE 10	3S3	0
	CLASE 11	3R2	0
	CLASE 12	3R3	0
	CLASE 13	3B3	0

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, en función de los carriles que posea la vía de estudio, se tendrá un porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño, en base a la tabla del MTOP.

Tabla 22. Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño

No. Carriles en cada dirección	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño (F_c)
1	1
2	0.9
3	0.75
4 o más	0.5 – 0.75

Fuente: MTOP

Por último, en base a los resultados anteriores para la vía de estudio y para el cálculo del número de ejes equivalentes para cada tipo de vehículo, se emplea la siguiente expresión y se muestra en la tabla el valor por cada tipo de vehículo.

$$ESAL's = TPDA \cdot 365 \cdot F_d \cdot F_c \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right)$$

Ecuación 12. : $ESAL's$

Donde:

$TPDA$: Tráfico promedio diario anual

F_d : Factor de distribución direccional

F_c : Factor carril

n : Número de años

i : Tasa de crecimiento (6%)

Tabla 23. Nro. ESAL's por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO			Nro. ESAL's
LIVIANOS	Clase 1	Motos	0
	Clase 2	Automóvil/ camionetas	0
BUSES	Clase 4	Buses	1.73 Ton
CAMIONES LIVIANOS	Clase 3	Buseta/Vans/2DA	0.25 Ton
	Clase 5	2DB	0.43 Ton

CAMIONES PESADOS	CLASE 6	3A	1.66 Ton
	CLASE 7	4C	0.21 Ton
	CLASE 8	2S1	0.00 Ton
	CLASE 9	3S2	0.76 Ton
	CLASE 10	3S3	0.00 Ton
	CLASE 11	3R2	0.00 Ton
	CLASE 12	3R3	0.00 Ton
	CLASE 13	3B3	0.00 Ton

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la obtención de todos los parámetros mencionados anteriormente para el cálculo del número de ejes equivalentes “ESAL’s” se obtiene un valor de 24905 en eje simple de 80 KN o 18 kips para esta vía de estudio

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. ESAL’s

ESAL’s
24905
CBR mínimo 80%

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Diseño de pavimentos flexible mediante el método empírico AASHTO – 93

El diseño de estructuras viales consiste en determinar el espesor de las distintas capas que conforman un pavimento flexible, asegurando una adecuada distribución y disipación de las cargas del tráfico hacia la subrasante. Este proceso incluye la definición de las alturas de cada capa de la estructura del pavimento, considerando diversos parámetros de diseño. Estos factores están influenciados por el tipo de material utilizado, las condiciones climáticas, las variaciones de temperatura y otros elementos que pueden afectar la durabilidad y el desempeño de la estructura.

4.4.1. Ejes equivalentes

Es el número de ejes equivalentes que pasan los ejes transformados los cuales se les denomina ejes tipo, por lo cual la normativa AASHTO los establece como eje simple de 80 KN o 18 kips, para este análisis se realizó el conteo vehicular manual por 3 días consecutivos en un lapso de 12 horas para determinar todos los parámetros necesarios para el cálculo y se obtuvo un $ESALs = 24905$

4.4.2. Estudio de la subrasante

Para determinar las propiedades de la subrasante de la vía de estudio se realizó inspección visual y posterior 3 calicatas obteniendo 3 muestras a una profundidad de 0.5m, 1.0m, 1.5m por cada calicata de la zona de estudio En base a los ensayos realizados en laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) se determinó el CBR de 7.62% como más crítico.

4.4.3. Nivel de confiabilidad y desviación estándar

La confiabilidad en un proceso de diseño-comportamiento se refiere a la probabilidad de que la sección diseñada, utilizando dicho proceso, funcione adecuadamente en condiciones de tráfico y ambientales durante todo el período de diseño. Para efectos de cálculo se consideró un nivel de confiabilidad del 90%, este valor se lo tomó en base sugerida por la AASHTO, en donde se tomó una confiabilidad del 90% y un $Z_r = -1.282$.

Tabla 25. Nivel de confiabilidad

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVELES RECOMENDADOS	
	URBANOS	RURALES
Carreteras interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Vías Colectoras	80-95	75-95
Vías Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 93

Tabla 26. Desviación normal estándar

Valor Estándar (Z_r)	
CONFIABILIDAD R (%)	Desviación normal estándar
50	0.000

60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645

Fuente: AASHTO 93

4.4.4. Serviciabilidad

La serviciabilidad describe el estado del pavimento en términos tanto estructurales como funcionales, indicando su capacidad para satisfacer el tipo de tráfico para el que fue diseñado. Es importante tener en cuenta que el índice de servicio inicial es de 4.5 para pavimentos rígidos y de 4.2 para pavimentos flexibles.

Tabla 27. Serviciabilidad

Serviciabilidad	
Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopistas	2.5 – 3
Carreteras	2 – 2.5

Fuente: AASHTO 93

4.4.5. Error combinado

Error normal combinado (S_o), Depende de las variaciones en las propiedades de los materiales de construcción vial, así como en la estimación del volumen de tráfico, las condiciones climáticas y la calidad del proceso constructivo. Tiene en cuenta la desviación del diseño, variación de propiedades de materiales y de subrasante. Se trata de una construcción nueva y de un pavimento flexible por lo que el valor del error combinado será 0.45.

Tabla 28. Error combinado

S_o		
	Flexible	Rígido

Proyecto de pavimento	0.4 – 0.5	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Fuente: AASHTO 93

4.4.6. Temperatura, velocidad de circulación, calidad de drenaje

Los coeficientes de drenaje para las capas que conforman la estructura del pavimento se determinan en función de las características del material, la eficiencia del sistema de drenaje y el tiempo en que la vía permanece expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Los materiales granulares empleados en la conformación de las capas viales deben garantizar un drenaje adecuado, cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa del MOP.

Para determinar los valores de los coeficientes de drenaje del pavimento flexible, se utilizó el registro pluviométrico de los últimos tres años proporcionado por el INAMHI, a través de la estación M0151 ubicada en Zapotillo, lo que permitió calcular el porcentaje de precipitación anual en la zona. La calidad de drenaje se evalúa mediante los coeficiente de drenaje para las capas de base y sub-base granular. A continuación se presentan los coeficientes de drenaje.

Tabla 29. Coeficientes de drenaje

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo de la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.4-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO 93

Tabla 30. Datos para el diseño

Días promedio de lluvia al año	40
Velocidad media de circulación	60 km/h

Calidad del drenaje	Regular
---------------------	---------

Fuente: Autor

4.4.7. Módulo resiliente de la subrasante

Una vez que se determina el valor CBR de la subrasante, el módulo resiliente M_R se puede establecer de acuerdo con las pautas de diseño desarrolladas por AASTHO-93, que muestra la correlación de M_R basada en CBR.

$$M_R = 1500 * CBR^{0.65}$$

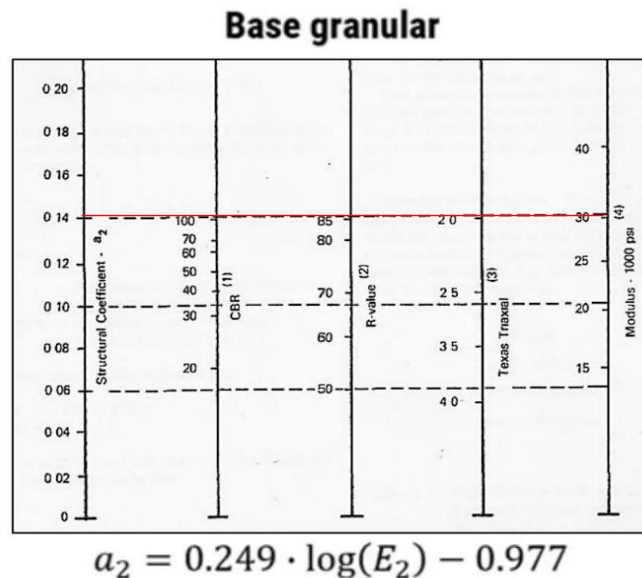
Ecuación 13. : M_R

$$M_R = 5615.158 \text{ PSI}$$

4.4.8. Módulo resiliente y el coeficiente estructural de la base y la subbase

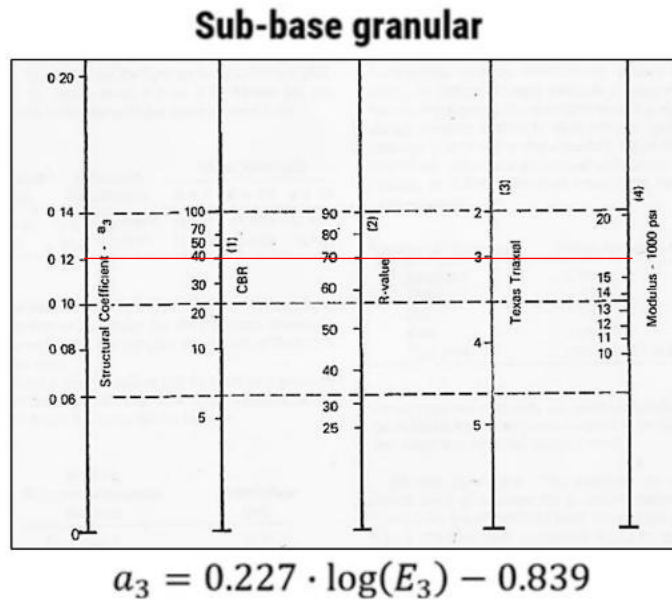
El módulo resiliente viene dado por las tablas que se presentan a continuación.

Figura 11. Módulo resiliente de la base 30000 psi



Fuente: AASHTO

Figura 12. Módulo resiliente de la sub-base 17000 psi



Fuente: AASHTO

En base a las gráficas a continuación se detalla el módulo resiliente y coeficiente estructural de la base y la subbase.

Tabla 31. Coeficientes estructurales de base y subbase

Capa	CBR	Mr(psi)	Coeficiente estructural
Base granular	100%	30000	a2=0.138
Subbase granular	40%	17000	a3=0.121

Fuente: Autor

4.4.9. Módulo resiliente de la mezcla asfáltica y el coeficiente estructural

Las propiedades de la capa asfáltica se definen por su módulo resiliente, el cual varía según la frecuencia de carga y la temperatura de la mezcla.

$$f = \frac{v}{2\pi}$$

Ecuación 14. : frecuencia de carga

v: velocidad de operación de vehículos.

$$f = 10.0 \text{ Hz}$$

$$T_s = (-0.0093xT_a^2 + 1.569xT_a - 1.578)(-0.084x\ln(hs) + 1.55)$$

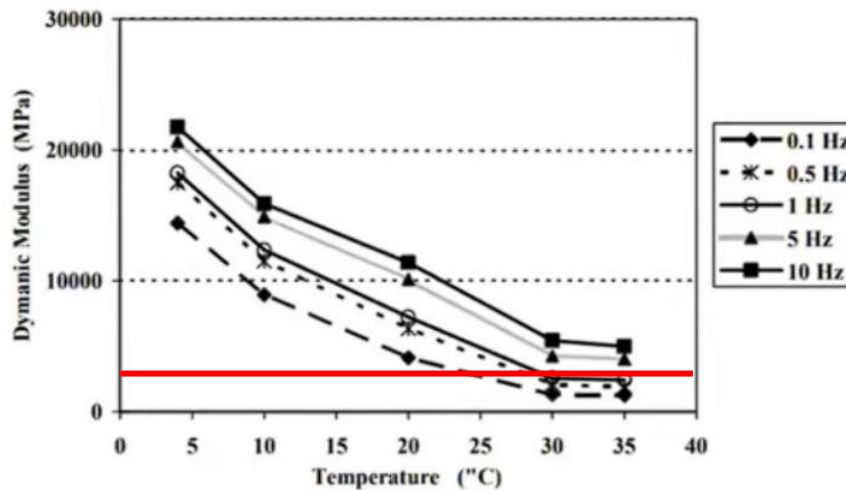
Ecuación 15. : Temperatura efectiva de la carpeta asfáltica en °C

Ta: Temperatura ambiente

hs: espesor de la carpeta asfáltica

$$T_s = 37.668$$

Figura 13. Módulo resiliente de la mezcla asfáltica



Fuente: AASHTO

Tabla 32. Resultados de Mr, a1

M _r	5000	MPa
M _r	725188.688	PSI
a ₁	0.528	

Fuente: Elaboración Propia

4.4.10. Cálculo del coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje en pavimentos flexibles es un valor que ajusta el diseño de la estructura del pavimento, tomando en cuenta la capacidad de drenaje del terreno y de las capas que lo componen. Para lo cual es necesario conocer el % de lluvia y posterior con la tabla de la

$$\%días\ de\ lluvia = \frac{40}{365}$$

$$\%días\ de\ lluvia = 10.96\%$$

Tabla 33. Coeficiente de drenaje

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo de la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.4-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO

Tabla 34. Resultados de m2, m3

D _P LL (días)	40
% días de lluvia	11%
m ₂	0.8
m ₃	0.8

Fuente: Elaboración Propia

4.4.11. Cálculo del número estructural requerido por la carpeta asfáltica

El número estructural de la carpeta asfáltica (también conocido como número de diseño o número de capa estructural) es un valor que indica la capacidad estructural de la capa asfáltica en un pavimento flexible. Este número refleja la resistencia de la carpeta asfáltica a las cargas de tráfico, considerando su grosor y propiedades materiales. El cálculo del número estructural (S_n) viene dado por la ecuación:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$* \log_{10}(Mr)$$

Ecuación 16. : Usada para encontrar el numero estructural requerido.

$$SN_1 = 1.021$$

4.4.12. Cálculo del espesor de la capa asfáltica

El cálculo del espesor de las capa asfáltica viene dado por la siguiente expresión.

$$h_1 = \frac{SN1}{a1}$$

Ecuación 17. : Espesor de la capa asfáltica.

$$h_1 = 1.993$$

$$h_1 = 2.000$$

4.4.13. Cálculo del número estructural requerido por la base granular

El número estructural de la base granular es un parámetro utilizado en el diseño de pavimentos flexibles para indicar la capacidad de soporte de la capa granular que se encuentra debajo de la carpeta asfáltica. Este número refleja la resistencia de la base granular a las cargas de tráfico, considerando su composición, grano y características de compactación. El cálculo del número estructural (Sn) viene dado por la ecuación:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$* \log_{10}(Mr)$$

Ecuación 18. : Usada para encontrar el número estructural requerido.

$$SN_2 = 1.328$$

4.4.14. Cálculo del espesor de la base granular

El cálculo del espesor de la base granular viene dado por la siguiente expresión.

$$h_2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 \times m2}$$

Ecuación 19. : Espesor de la base granular.

$$h_2 = 2.784$$

$$h_2 = 3.000$$

4.4.15. Cálculo del número estructural requerido por la subbase granular

El número estructural de la subbase granular es un valor utilizado en el diseño de pavimentos flexibles para determinar la capacidad de carga de la capa de subbase, que se encuentra por debajo de la base granular y sobre la subrasante. El cálculo del número estructural (Sn) viene dado por la ecuación:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$* \log_{10}(Mr)$$

Ecuación 20. : Usada para encontrar el numero estructural requerido.

$$SN_3 = 2.077$$

4.4.16. Cálculo del espesor de la subbase granular

El cálculo del espesor de la subbase granular viene dado por la siguiente expresión.

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2}{a_3 \times m_3}$$


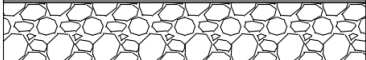

Ecuación 21. : Espesor de la sub-base granular.

$$h_3 = 7.742$$

$$h_3 = 7.5$$

4.4.17. Esquema estructural con espesores

Figura 14. Espesor de las capas

ESPESOR DE LAS CAPAS			
CAPA ASFÁLTICA		2.0 Pulg	5.0 cm
BASE GRANULAR		3.0 Pulg	7.5 cm
SUB-BASE GRANULAR		7.5 Pulg	19 cm

Fuente: Autor

4.4.18. Ajuste de espesores


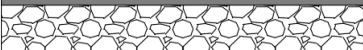
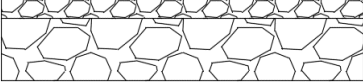
El número estructural de la subbase granular es un valor utilizado en el diseño de pavimentos flexibles para determinar la capacidad de carga de la capa de subbase, que se encuentra por debajo de la base granular y sobre la subrasante. De acuerdo con los resultados obtenidos podemos decir que el concreto asfáltico cumple con el espesor mínimo pero la base granular no por lo cual se ajusta a 10 cm que es el mínimo especificado en la tabla.

Tabla 35. Espesores mínimos en base al número de ejes equivalentes

N° DE EJES EQUIVALENTES (ESAL'S)	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE GRANULAR
< 50.000	2.5 cm	10 cm
50.000 - 150.000	5.0 cm	10 cm
150.000-500.000	6.5 cm	10 cm
500.001-2' 000.000	7.5 cm	15 cm
2' 000.000-7' 000.000	9.0 cm	15 cm
>7' 000.000	10.0 cm	15 cm

Fuente: AASHTO

Figura 15. Espesor de las capas

ESPESOR DE LAS CAPAS			
CAPA ASFÁLTICA		2.0 Pulg	5.0 cm
BASE GRANULAR		4.0 Pulg	10.0 cm
SUB-BASE GRANULAR		7.5 Pulg	19 cm

Fuente: Autor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se presentan las conclusiones y recomendaciones, en base al trabajo presentado en este documento.

5.1. Conclusiones

De la evaluación del pavimento de la Huásimo – Limones, por medio de análisis en laboratorio de las muestras obtenidas en campo para la muestra M1 se encuentra un suelo A6 mediante la clasificación AASHTO y un suelo CL mediante la clasificación SUCS y se califica a la subrasante más crítica como regular con un CBR de 7.62%.

Para el diseño estructural se tomó en cuenta los resultados del aforo vehicular manual calculando: TPDA, clasificando a la vía según el MTOP como COLECTORAS III y el ESAL's dando 24905.

Se diseñó un diseño de pavimento flexible como alternativa más viable para aplicar en la vía de estudio, este diseño óptimo puede soportar cargas vehiculares que transitan por la vía Huásimo – Limones con una proyección de tráfico futuro de 20 años, obteniendo que la capa asfáltica es de 5.0 cm, la base granular de 10.0 cm, la subbase granular de 19 cm.

5.2. Recomendaciones

Una vez realizada la propuesta de diseño de pavimentos en la vía de estudio, se recomienda monitoreos y evaluaciones periódicas para garantizar un mantenimiento eficiente y oportuno, evitando así daños en la estructura que podrían representar costos futuros elevados.

Se recomienda para estudios posteriores comparar los resultados obtenidos mediante el método AASHTO 93 con otros métodos de diseño de pavimentos, facilitando así identificación de ventajas, limitaciones y la confiabilidad del diseño propuesto en diferentes escenarios

Se recomienda incluir para futuras investigaciones proyecciones realistas de crecimiento de tráfico, destacando que se basen en estudios y datos históricos confiables para garantizar un diseño adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO*. <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- Alfonso, L., Ponce, M., Eutiquio Díaz García, E., Arturo, J., Navarrete, P., & Alfredo, L. (2020). Sistema para la recomendación del mantenimiento vial a partir de las condiciones del pavimento System for recommending road maintenance based on pavement conditions. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 13(11), 205–216. <http://publicaciones.uci.cu>
- Asele Manuka, D., & Lachore, S. (2021). *Appraising Pavement Surface Distresses And Expected Mitigation Measure On Selected Road Segment*. https://web.archive.org/web/20220228072902id_/https://jusst.org/wpcontent/uploads/2021/08/Appraising-Pavement-Surface-Distresses-And-Expected-Mitigation-Measure-On-Selected-Road-Segment.pdf
- Barreto Cedeño, S. L., Banguera Garces, J., Garces, J. B., Córdova Rizo, J., & Rizo, C. (2018). Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. *Universidad y Sociedad*, 10(1), 59–68. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Belete Werkinah, A., & Arega Demissie, B. (2019). Evaluation of Pavement Distress for Asphalt Pavement Using Pavement Condition Index: Case Study from Adama to Awash Arba. *American Journal of Science, Engineering and Technology*, 4(4), 73. <https://doi.org/10.11648/j.ajset.20190404.13>
- Bing, X., Wei, Q., Lu, J., Li, C., & Zhang, Y. (2018). Sustainable Highway Design: Disentangling the Effects of Geometric-Related and Traffic-Related Factors on Urban Highway Traffic Emissions. *Advances in Civil Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7514612>
- Caspa, N. (2023). HISTORIA DE LAS CARRETERAS DEL ECUADOR, 1930-1960: INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICAS DE TRANSPORTES. *REVISTA URUGUAYA DE HISTORIA ECONOMICA*, 22. <https://doi.org/10.47003/ruhe/12.22.01>
- Chimborazo, M. V. (2022). INFLUENCE OF EXPENDITURE AND PUBLIC INVESTMENT IN THE DEVELOPMENT OF ROADS NOT CONSIDERED IN RURAL AREAS. *REVISTA RIEMAT ENERO*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4831>
- Crump, L. (2020). Conducting Field Research Effectively. *American Behavioral Scientist*, 64(2), 198–219. <https://doi.org/10.1177/0002764219859624>
- Flores Rangel, J. A. (2015). Infraestructura carretera: construcción, financiamiento y resistencia en México y América Latina. *Revista Transporte y Territorio*, 13, 1–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333042522007>
- Foley, A. (2019). Editorial: Highway design and maintenance, road safety and traffic management. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport* (Vol. 172, Issue 5, pp. 247–248). ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/jtran.2019.172.5.247>

- García-Ramírez, Y., Camacho, J., & Montoya, J. (2021). Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras de dos carriles en Ecuador. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 4(1), 7–23. <https://doi.org/10.22206/cyap.2021.v4i1.pp7-23>
- Guerrero, C. C., & Cruz Velasco, L. G. (2018). Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 378–397. <https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10377>
- Heinimann, E. H. R. (2021). Pavement engineering for forest roads: Development and opportunities. In *Croatian Journal of Forest Engineering* (Vol. 42, Issue 1, pp. 91–106). University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.860>
- Herra Gómez, L. D. (2018). Conceptualización del procesamiento digital de imágenes para la evaluación de superficies de pavimento en Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*, 20, 20–26. <https://doi.org/10.15517/iv.v20i35.34831>
- Jamal, A., Mahmood, T., Riaz, M., & Al-Ahmadi, H. M. (2021). Gln-based flexible monitoring methods: An application to real-time highway safety surveillance. *Symmetry*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/sym13020362>
- Jerez-Calero, M. E., Llerena-Cepeda, S. L., & Zamora-Sánchez, R. (2018). Estudio de satisfacción poblacional a la red vial intercomunitaria Quisapincha -Pasa. *INNOVA Research Journal*, 95–108. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.445>
- Liu, Z., Balieu, R., & Kringos, N. (2022). Integrating sustainability into pavement maintenance effectiveness evaluation: A systematic review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103187>
- Marcomini Pinatt, J. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100100>
- Massenlli, G. S. R., & De Paiva, C. E. L. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia The influence of surface deflection on flexible pavements with low resistance subgrade. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 27, Issue 4).
- Mei, A., Zampetti, E., Di Mascio, P., Fontinovo, G., Papa, P., & D'andrea, A. (2022). ROADS—Rover for Bituminous Pavement Distress Survey: An Unmanned Ground Vehicle (UGV) Prototype for Pavement Distress Evaluation. *Sensors*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093414>
- Moraldi, F., La Torre, F., & Ruhl, S. (2020). Transfer of the Highway Safety Manual predictive method to German rural two-lane, two-way roads. In *Journal of Transportation Safety and Security* (Vol. 12, Issue 8, pp. 977–996). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/19439962.2019.1571546>
- Obras Públicas. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES*. [https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificacion es-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificacion_es-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf)

- Obras Publicas, M. DE. (2002). *GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Parroquial Sr Nelson Vinicio Requena Vivanco -presidente Arq Patricia Fernanda Espinoza Correa -consultora, G. (2019). *LIMONES*.
- Posada González, N. L. (2017). Vista de Algunas nociones y aplicaciones de la investigación documental denominada estado del arte _ Investigación Bibliotecológica_ archivonomía, bibliotecología e información. *Investigacion Bibliotecologica*, 31(73), 237–263. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.73.57855>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rezky Anisari, Ria Adriyati, & Abdul Hafizh Ihsani. (2023). Flexible Pavement Design Analysis Using Bina Marga 2017 Method for the Road Section from Bandung-Pulau Nyiur to Batu Mandi, Hulu Sungai Utara. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 3(8), 1726–1733. <https://doi.org/10.55927/mudima.v3i8.5625>
- Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., & Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 109–127. <https://doi.org/10.18359/rcin.4385>
- Rondón, H. A., & Reyes, F. (2009). *DEFORMACIÓN PERMANENTE DE MATERIALES GRANULARES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES: ESTADO DEL CONOCIMIENTO* (Vol. 14). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75012454006>
- Sánchez, E., Villegas Flores, N., Ochoa Averos, S. del R., & Saldeño Madero, Y. N. (2022). Un análisis multicriterio para la toma de decisiones en la selección de una mezcla asfáltica en pavimentos. *Tecnura*, 27(75), 89–112. <https://doi.org/10.14483/22487638.18929>
- Tapia Guerrero, L. A. (2018). Infraestructura carretera y economía regional. El caso de los productores de ajo de Oaxaca y Puebla. *Región y Sociedad*, 30(73). <https://doi.org/10.22198/rys.2018.73.a944>
- Zambrano Meza, M. I., & Tejeda Piusseaut, E. (2019). Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles_. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3), 1–14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>
- Zárate Falconi, J. P. (2019). “Plan de mantenimiento vial para la vía Biblián – Zhud, en los tramos de pavimento rígido.” <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32164>
- Zhangallimbay, D., & Ordoñez, M. (2022). EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: UN ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS EN ZONAS PRODUCTIVAS DEL ECUADOR. *Revista Cuestiones Económicas*, 32(1). <https://doi.org/10.47550/RCE/32.1.3>

ANEXOS

Anexo 1: Contenido de Humedad: M1 – 0.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
C O N T E N I D O D E H U M E D A D							
Muestra N°.	Peso	1	2	3	4	5	PROM.
Recipiente N°.		R96	R22A	R91	R110	R575	
Peso del Suelo Húmedo + Recipiente (m1)	gr	90.000	90.200	90.400	90.200	90.200	90.20
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	83.400	83.000	83.900	83.300	83.400	83.40
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.500	9.600	9.700	9.500	9.60
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	6.600	7.200	6.500	6.900	6.800	6.80
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	73.700	73.500	74.300	73.600	73.900	73.80
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	8.955	9.796	8.748	9.375	9.202	9.22

Anexo 2: Contenido de Humedad: M1 – 1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
C O N T E N I D O D E H U M E D A D								
Peso del Suelo Húmedo + Recipiente (m1)	gr	90.500	90.200	89.800	90.000	89.800	90.06	
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	83.100	82.500	81.900	83.000	82.600	82.62	
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.800	9.700	9.500	9.800	9.600	9.68	
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	7.400	7.700	7.900	7.000	7.200	7.44	
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	73.300	72.800	72.400	73.200	73.000	72.94	
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	10.095	10.577	10.912	9.563	9.863	10.20	

Anexo 3: Contenido de Humedad: M1 – 1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
C O N T E N I D O D E H U M E D A D							
Peso del Suelo Húmedo + Recipiente (m1)	gr	90.500	89.800	90.100	90.100	90.000	90.10

Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	82.900	82.500	82.700	82.500	82.600	82.64
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.700	9.700	9.700	9.600	9.68
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	7.600	7.300	7.400	7.600	7.400	7.46
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	73.200	72.800	73.000	72.800	73.000	72.96
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	10.383	10.027	10.137	10.440	10.137	10.22

Anexo 4: Contenido de Humedad: M2 – 0.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
C O N T E N I D O D E H U M E D A D							
Peso del Suelo Húmedo + Recipiente (m1)	gr	89.900	90.100	90.000	90.100	90.000	90.02
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	83.200	83.100	83.800	83.100	83.200	83.28
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.500	9.600	9.700	9.500	9.60
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	6.700	7.000	6.200	7.000	6.800	6.74
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	73.500	73.600	74.200	73.400	73.700	73.68
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	9.116	9.511	8.356	9.537	9.227	9.15

Anexo 5: Contenido de Humedad: M2 – 1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
C O N T E N I D O D E H U M E D A D							
Peso del Suelo Húmedo + Recipiente (m1)	gr	90.200	90.100	90.000	90.000	90.000	90.06
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	82.800	82.600	82.400	82.600	82.400	82.56
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.800	9.700	9.500	9.800	9.600	9.68
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	7.400	7.500	7.600	7.400	7.600	7.50
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	73.000	72.900	72.900	72.800	72.800	72.88
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	10.137	10.288	10.425	10.165	10.440	10.29

Anexo 6: Contenido de Humedad: M2 – 1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							

CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (m1)	gr	90.000	89.800	90.000	90.000	90.000	89.96
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	82.400	82.100	82.200	82.200	82.300	82.24
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.700	9.700	9.700	9.600	9.68
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	7.600	7.700	7.800	7.800	7.700	7.72
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	72.700	72.400	72.500	72.500	72.700	72.56
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	10.454	10.635	10.759	10.759	10.591	10.64

Anexo 7: Contenido de Humedad: M3 – 0.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (m1)	gr	90.300	89.800	90.300	90.000	90.200	90.12
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	88.490	87.950	88.610	88.490	88.530	88.41
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.700	9.700	9.600	9.700	9.68
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	1.810	1.850	1.690	1.510	1.670	1.71
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	78.790	78.250	78.910	78.890	78.830	78.73
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	2.297	2.364	2.142	1.914	2.118	2.17

Anexo 8: Contenido de Humedad: M3 – 1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (m1)	gr	90.600	90.200	90.100	90.200	89.700	90.16
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	82.310	82.320	82.340	82.390	82.010	82.27
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.500	9.800	9.500	9.700	9.64
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	8.290	7.880	7.760	7.810	7.690	7.89
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	72.610	72.820	72.540	72.890	72.310	72.63
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	11.417	10.821	10.698	10.715	10.635	10.86

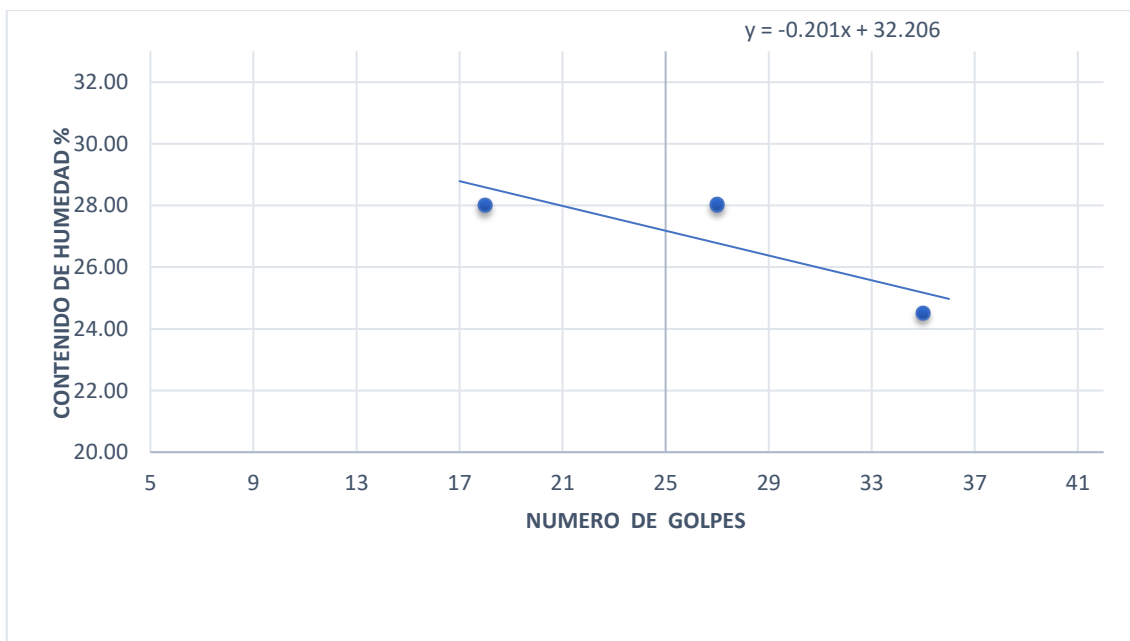
Anexo 9: Contenido de Humedad: M3 – 1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA							
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (m1)	gr	90.700	90.100	90.200	90.300	89.800	90.22
Peso de Suelo Seco + Recipiente (m2)	gr	82.420	82.330	82.360	82.350	82.010	82.29
Peso de Recipiente (m3)	gr	9.700	9.700	9.700	9.700	9.600	9.68
Peso del Agua (m1 - m2)	gr	8.280	7.770	7.840	7.950	7.790	7.93
Peso de Suelo Seco (m2 - m3)	gr	72.720	72.630	72.660	72.650	72.410	72.61
Contenido de Humedad $W\% = (m1-m2)/(m2-m3)$	%	11.386	10.698	10.790	10.943	10.758	10.92

Anexo 10. Límites: M1-0.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
						PROFUNDIDAD :			
						0.5			
LÍMITES DE CONSISTENCIA									
LIMITE LIQUIDO :									
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %	
1	R42	35	22.300	19.8000	2.500	9.600	10.200	24.51	
2	R70	27	26.500	22.8000	3.700	9.600	13.200	28.03	
3	X50	18	32.000	27.1000	4.900	9.600	17.500	28.00	
4	K14		24.900	21.2300	3.670	9.600	11.630	31.56	
LIMITE PLASTICO :									
1	R77		10.300	10.200	0.100	9.7	0.500	20.00	
2	R59X		10.200	10.100	0.100	9.7	0.400	25.00	
3	R20		10.300	10.200	0.100	9.6	0.600	16.67	
4	R71		10.400	10.300	0.100	9.7	0.600	16.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL :					28.02 %				
LIMITE LIQUIDO :					28 %		-0.3326		33.105
LIMITE PLASTICO :					19.58 %				
INDICE DE PLASTICIDAD :					8.42 %				
CLASIFICACION S.U.C.S. :					ML				

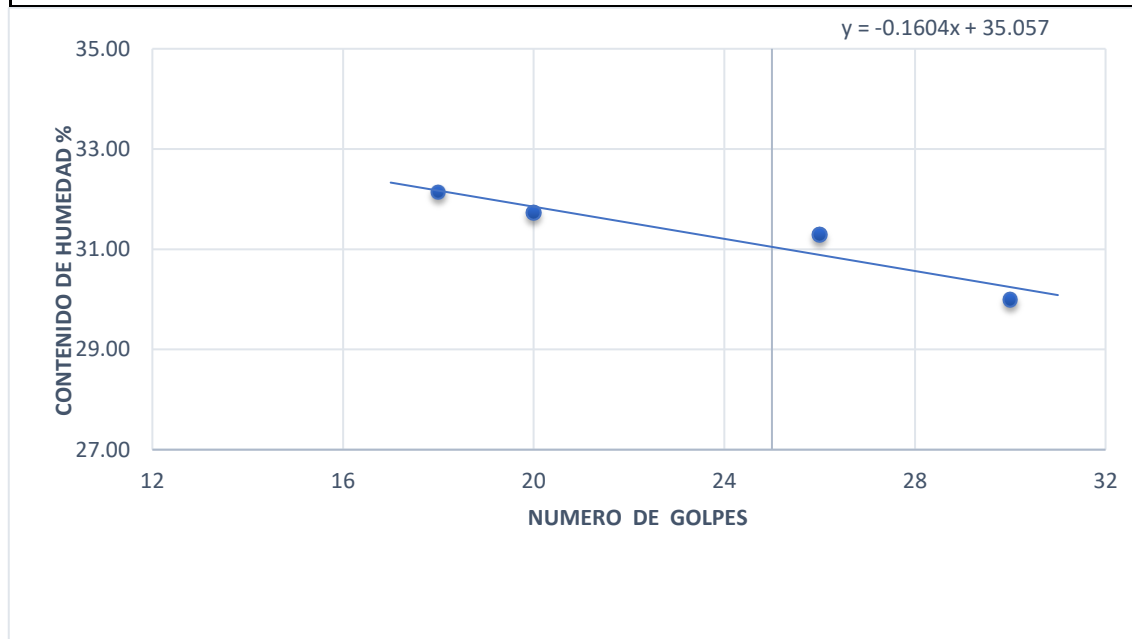


Anexo 11. Límites: M1-1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
							PROFUNDIDAD :		
							1.0		
LÍMITES DE CONSISTENCIA									
LÍMITE LIQUIDO :									
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %	
1	R50	30	22.600	19.600	3.000	9.6	10.000	30.00	
2	K110	26	23.910	20.5	3.410	9.6	10.900	31.28	
3	R110	20	23.300	20	3.300	9.6	10.400	31.73	
4	R22	18	23.210	19.9	3.310	9.6	10.300	32.14	
LÍMITE PLASTICO :									
1	R37		10.400	10.300	0.100	9.6	0.700	14.29	
2	R21		10.700	10.500	0.200	9.6	0.900	22.22	
3	R20		10.100	10.000	0.100	9.6	0.400	25.00	
4	R28		10.200	10.100	0.100	9.6	0.500	20.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL :					31.36 %				
LÍMITE LIQUIDO :					31 %		-0.3326		33.105
LÍMITE PLASTICO :					20.376 %				
INDICE DE PLASTICIDAD :					10.98 %				

CLASIFICACION S.U.C.S. :

CL

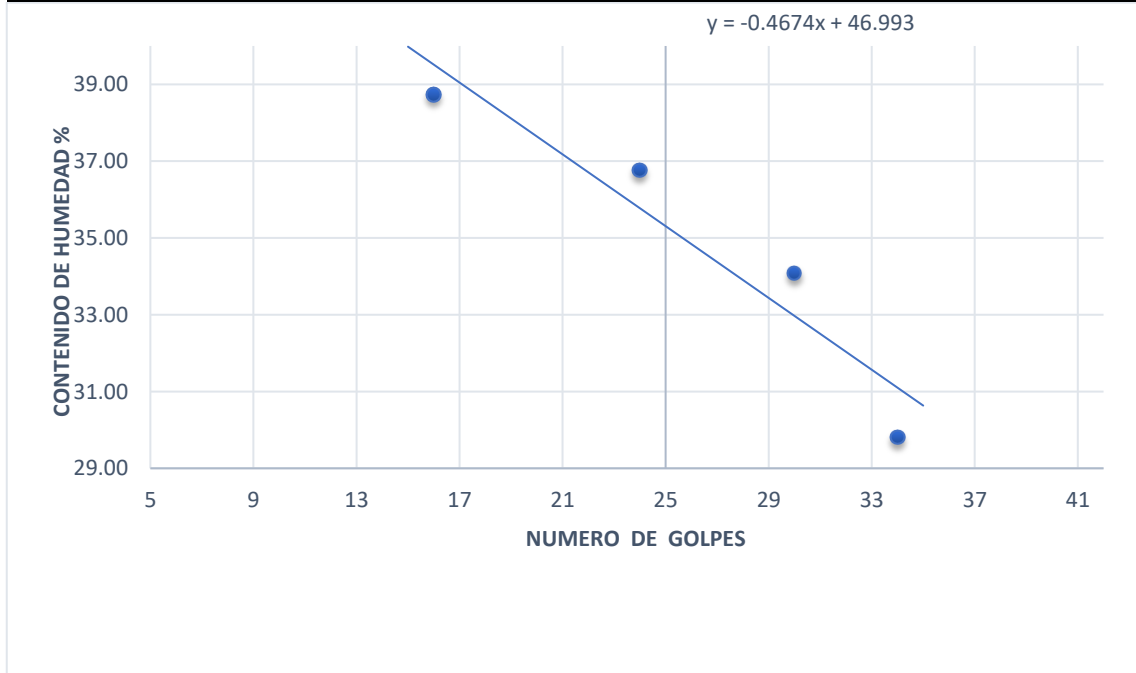


Anexo 12. Límites: M1-1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
							PROFUNDIDAD :		
							1.5		
LÍMITES DE CONSISTENCIA									
LÍMITE LIQUIDO :									
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %	
1	FAS	34	31.600	28.110	3.490	16.400	11.710	29.80	
2	R32	30	33.500	28.01	5.490	11.900	16.110	34.08	
3	R23X	24	28.700	22.76	5.940	6.600	16.160	36.76	
4	A10	16	36.800	28.37	8.430	6.600	21.770	38.72	
LÍMITE PLASTICO :									
1	R77		10.300	10.200	0.100	9.7	0.500	20.00	
2	R59X		10.300	10.200	0.100	9.7	0.500	20.00	
3	R860		10.200	10.100	0.100	9.7	0.400	25.00	
4	R71		10.500	10.300	0.200	9.7	0.600	33.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL :					36.31 %				
LÍMITE LIQUIDO :					36 %		-0.3326		33.105
LÍMITE PLASTICO :					24.58 %				
INDICE DE PLASTICIDAD :					11.42 %				

CLASIFICACION S.U.C.S. :

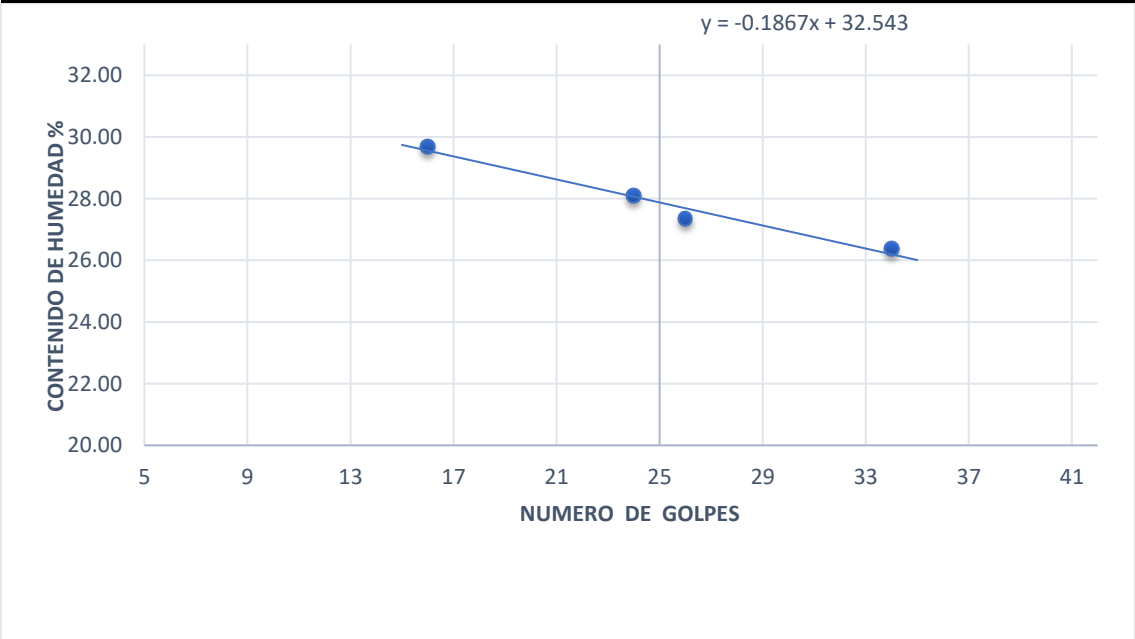
CL



Anexo 13. Límites: M2-0.5m

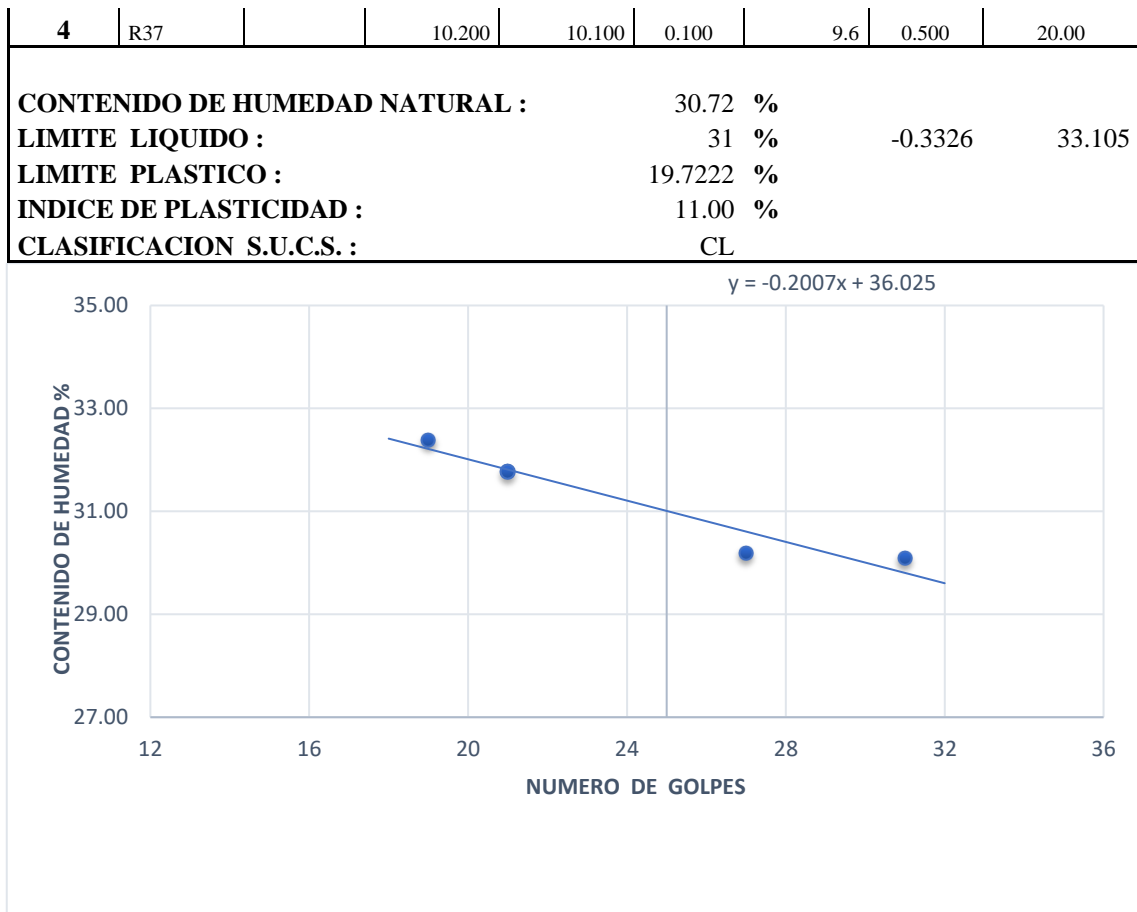
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
							PROFUNDIDAD :	
							0.5	
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LÍMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R22	34	21.100	18.7000	2.400	9.600	9.100	26.37
2	K14	26	25.900	22.4000	3.500	9.600	12.800	27.34
3	R70	24	32.400	27.4000	5.000	9.600	17.800	28.09
4	R50	16	24.800	21.3200	3.480	9.600	11.720	29.69
LÍMITE PLASTICO :								
1	R21		10.300	10.200	0.100	9.6	0.600	16.67
2	R28		10.200	10.100	0.100	9.7	0.400	25.00
3	R20		10.300	10.200	0.100	9.6	0.600	16.67
4	R71		10.400	10.300	0.100	9.7	0.600	16.67
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL :					27.72 %			

LIMITE LIQUIDO :	28 %	-0.3326	33.105
LIMITE PLASTICO :	18.75 %		
INDICE DE PLASTICIDAD :	9.25 %		
CLASIFICACION S.U.C.S. :	CL		



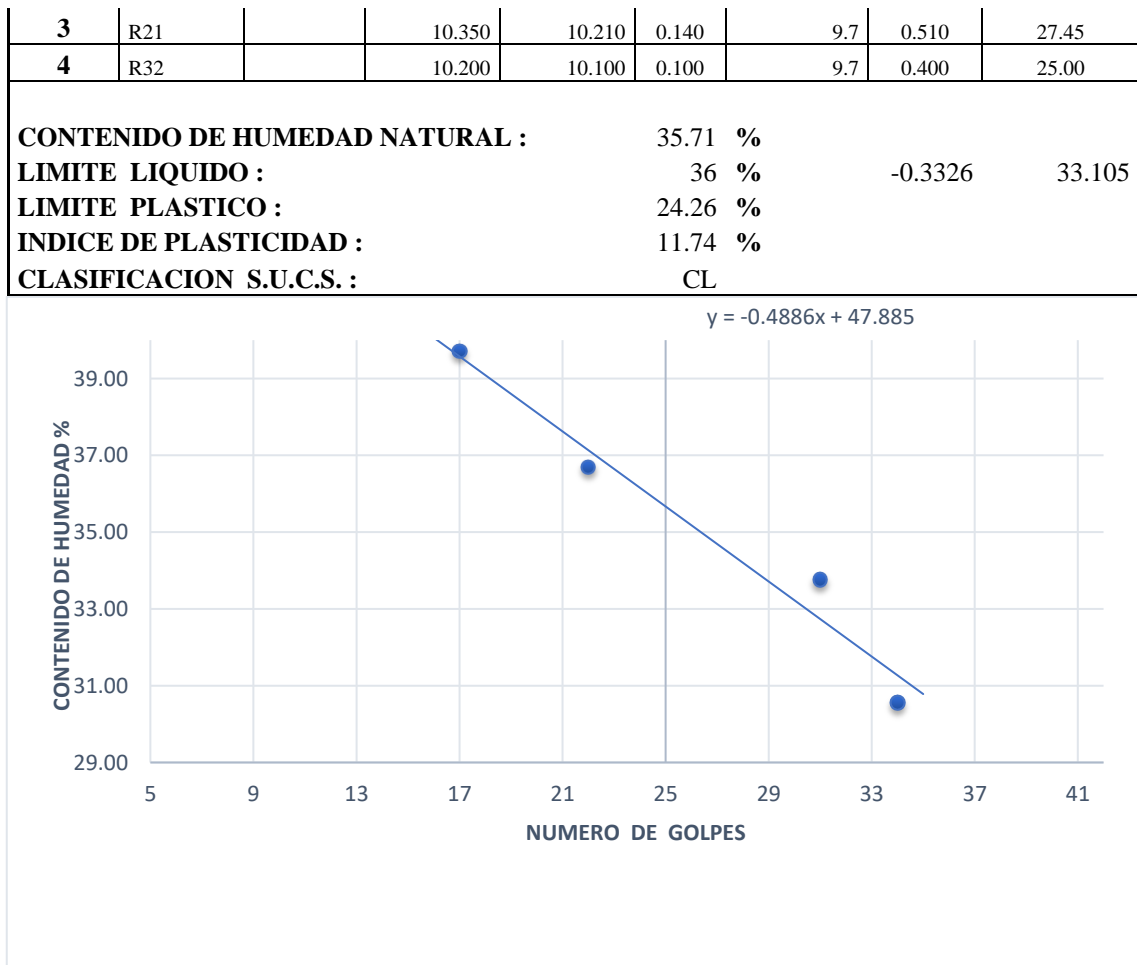
Anexo 14. Límites: M2-1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
							PROFUNDIDAD : 1.0	
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LIMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R32	31	24.300	20.900	3.400	9.6	11.300	30.09
2	R50	27	23.400	20.2	3.200	9.6	10.600	30.19
3	R20	21	23.700	20.3	3.400	9.6	10.700	31.78
4	R110	19	23.500	20.1	3.400	9.6	10.500	32.38
LIMITE PLASTICO :								
1	R28		10.200	10.100	0.100	9.6	0.500	20.00
2	R21		10.700	10.500	0.200	9.6	0.900	22.22
3	R77		10.300	10.200	0.100	9.6	0.600	16.67



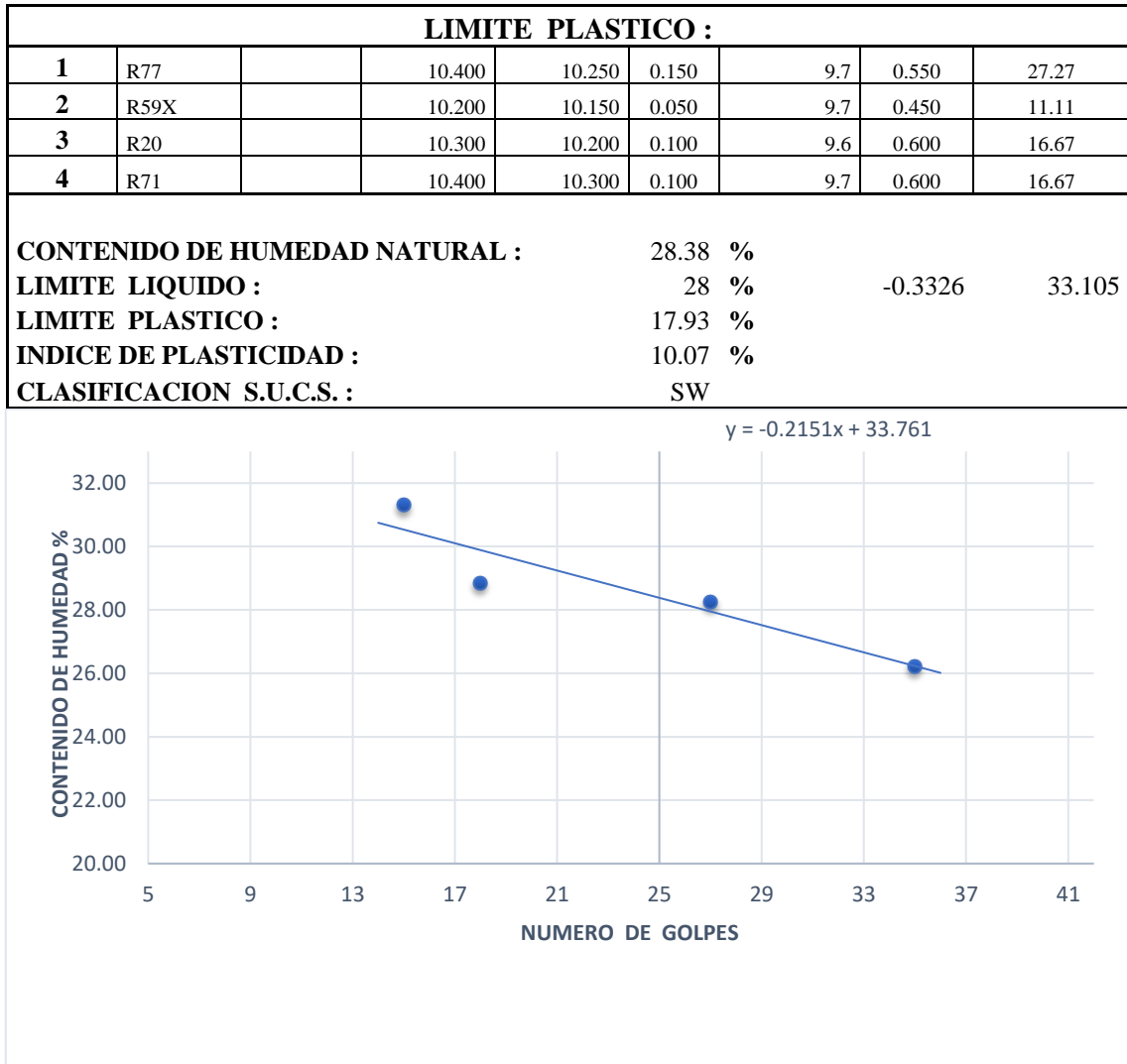
Anexo 15. Límites: M2-1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
						PROFUNDIDAD : 1.5		
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LIMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R32	34	30.500	27.200	3.300	16.400	10.800	30.56
2	A10	31	32.500	27.3	5.200	11.900	15.400	33.77
3	R71	22	29.700	23.5	6.200	6.600	16.900	36.69
4	R20	17	35.800	27.5	8.300	6.600	20.900	39.71
LIMITE PLASTICO :								
1	R71		10.920	10.720	0.200	9.7	1.020	19.61
2	R28		10.200	10.100	0.100	9.7	0.400	25.00



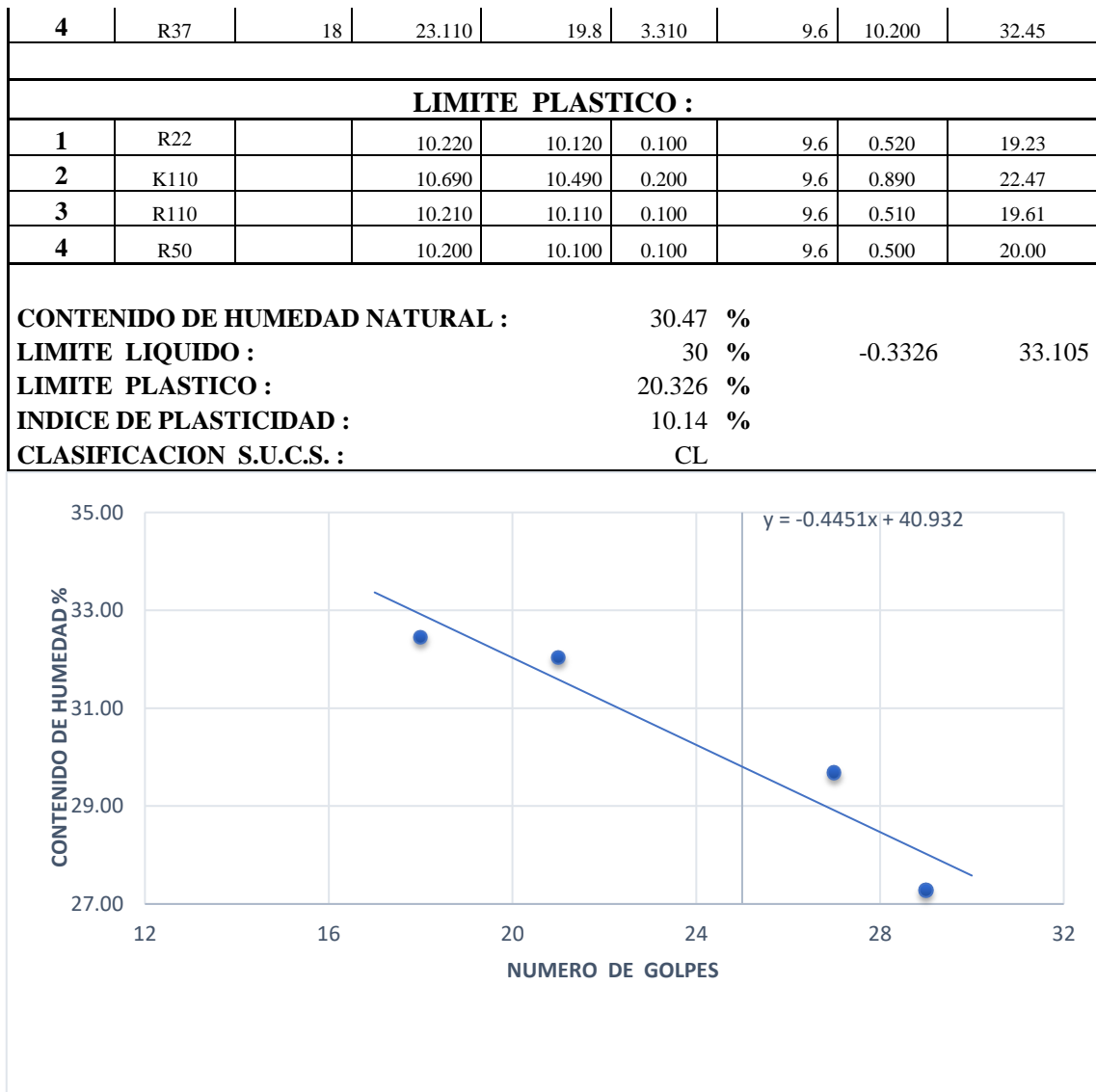
Anexo 16. Límites: M3-0.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
							PROFUNDIDAD : 0.5	
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LIMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R42	35	22.600	19.9000	2.700	9.600	10.300	26.21
2	R70	27	26.400	22.7000	3.700	9.600	13.100	28.24
3	X50	18	29.700	25.2000	4.500	9.600	15.600	28.85
4	K14	15	24.700	21.1000	3.600	9.600	11.500	31.30
5								
6								



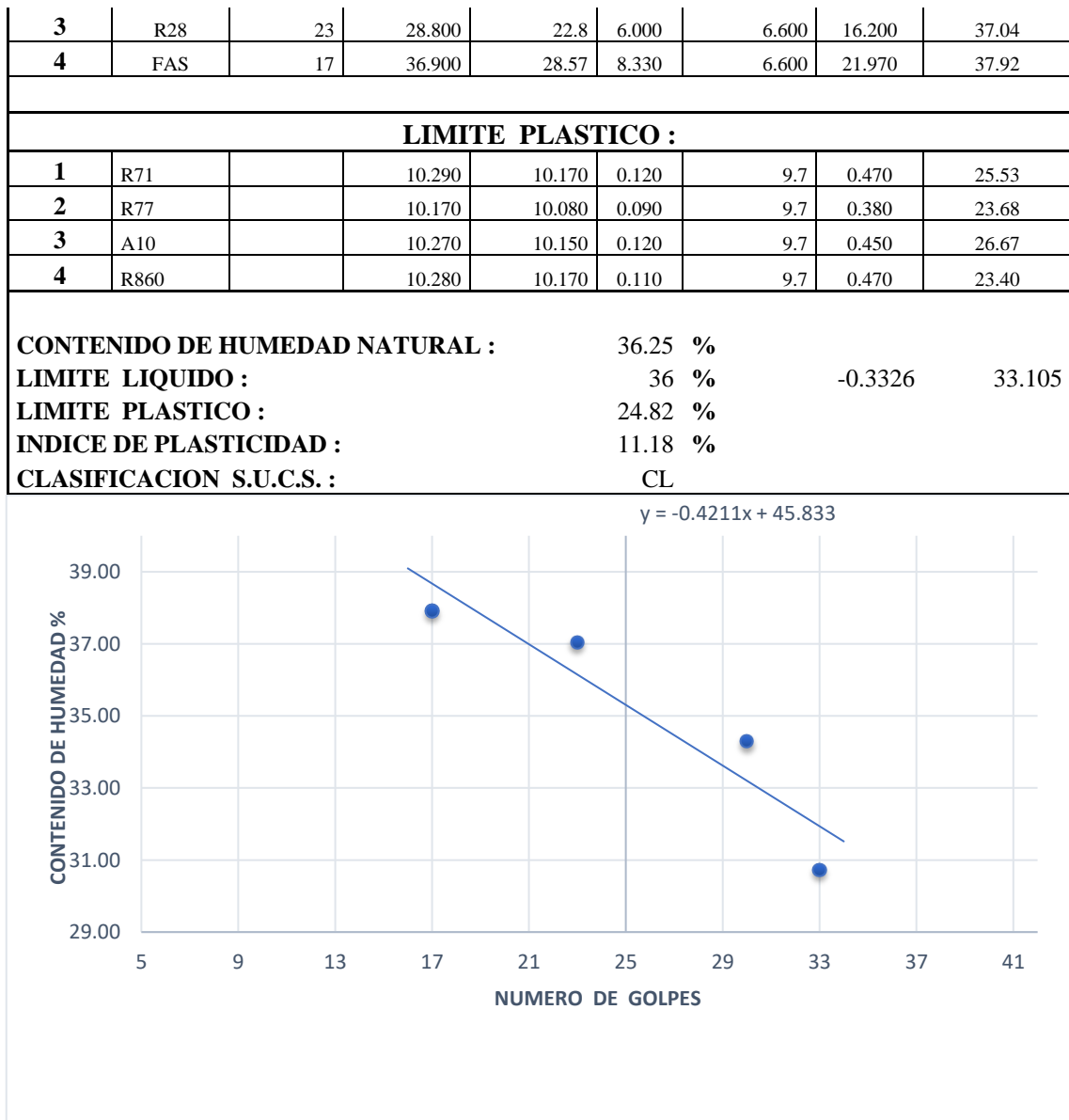
Anexo 17. Límites: M3-1.0m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
						PROFUNDIDAD :		
						1.0		
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LIMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R28	29	23.600	20.600	3.000	9.6	11.000	27.27
2	R21	27	23.100	20.01	3.090	9.6	10.410	29.68
3	R20	21	23.200	19.9	3.300	9.6	10.300	32.04



Anexo 18. Límites: M3-1.5m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
CONTENIDO DE HUMEDAD								
						PROFUNDIDAD : 1.5		
LÍMITES DE CONSISTENCIA								
LIMITE LIQUIDO :								
PRUEBA N°.	CAPSULA N°.	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE SUELO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R20	33	30.400	27.110	3.290	16.400	10.710	30.72
2	R32	30	33.400	27.91	5.490	11.900	16.010	34.29



Anexo 19. Clasificación de suelos: M1-0.5m

GRANULOMETRÍA		
	MALLA	% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	89.52%
Nº 40	0,425 mm	82.26%
Nº 200	0,075 mm	69.52%
SUELO FINO		
	Límite líquido	28%
	Límite plástico	19.58%
	Índice de plasticidad	8.42%
IG		3.97

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
% pasante												
#10	50% máx											
#40	30% máx	50% máx					51% mín					
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	
lp	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín	
lg	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos	Suelos arcillosos			

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	SW SP	Arena bien graduada ^I Arena pobremente graduada ^I
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	$PI > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J $PI < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	CL ML	Arcilla Magra ^{K,L,M} Légamo ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla Límite Líquido Mayor a 50	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A" ^J PI estructura bajo línea "A" ^J	CH MH	Arcilla Grasa ^{K,L,M} Légamo Elástico ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO		Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.		PT	Turba

Anexo 20. Clasificación de suelos: M1-1.0m

GRANULOMETRÍA		
	MALLA	% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.04%
Nº 40	0,425 mm	94.60%
Nº 200	0,075 mm	88.28%

SUELO FINO	
Límite líquido	31%
Límite plástico	20.38%
Índice de plasticidad	10.98%
IG	9

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos			
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
% pasante #10	50% máx										
#40	30% máx	50% máx					51% mín				
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40											
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B		
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo	
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 4$ y $1 < Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien clasificada ^E	
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]^D$	GP	Grava pobremente clasificada ^E	
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}	
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 < Cc \leq 3^D$ $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc \geq 3]^D$	SW SP	Arena bien graduada ^I Arena pobremente graduada ^I	
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}	
		Légamos y Arcilla	Inorgánico	$Pl > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
				$Pl < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}		
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	Pl estructura sobre o por encima línea "A" ^J Pl estructura bajo línea "A" ^J	CH MH	Arcilla Grasa ^{K,L,M} Légamo Elástico ^{K,L,M}	
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO		Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.		PT	Turba	

Anexo 21. Clasificación de suelos: M1-1.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	97.52%
Nº 40	0,425 mm	93.94%
Nº 200	0,075 mm	86.92%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.58%
Índice de plasticidad		11.42%
IG	10.37	

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
% pasante #10 #40 #200	50% máx 30% máx 15% máx	50% máx 25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	51% mín 10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40 LL lp lg	6% máx	6% máx	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín	N.P.	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín
	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 1$ y $1 < Cc \leq 3$ ^D	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]$ ^D	GP	Grava pobremente clasificada ^E
	Grava fina (más del 12% fina)		Fina clasifica como ML o MH	GM	Grava Limosa ^{K,F,G}
			Fina clasifica como CI o CH	GC	Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 < Cc \leq 3$ ^D	SW	Arena bien graduada ^I
			$Cu < 6$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]$ ^D	SP	Arena pobremente graduada ^I
	Arena Fina (Más del 12% fina ^H)		Fina clasifica como ML o MH	SM	Arena legamosa ^{F,G,I}
			Fina clasifica como CI o CH	SC	Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	Pl > 7 y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			Pl < 4 o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N}	
		Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}	
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	Pl estructura sobre o por encima línea "A"	CH	Arcilla Grasa ^{K,L,M}
			Pl estructura bajo línea "A"	MH	Légamo Elástico ^{K,L,M}
	Límite Líquido Mayor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P}
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 22. Clasificación de suelos: M2-0.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	89.72%
Nº 40	0,425 mm	82.06%
Nº 200	0,075 mm	67.14%
SUELO FINO		
Límite líquido		28%
Límite plástico		18.75%
Índice de plasticidad		9.25%
IG	4.11	

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-7-5
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
% pasante #10 #40 #200	50% máx 30% máx 15% máx	50% máx 25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	51% mín 10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40 LL Ip I _g			40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín	N.P. 0	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4)	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 4$ y/o $1 \leq Cc \leq 3$ ^D	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4)	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	SW SP	Arena bien graduada ^I Arena pobremente graduada ^I
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	$PI > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			$PI < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla Límite Líquido Mayor a 50	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A" ^J PI estructura bajo línea "A" ^J	CH MH	Arcilla Grasa ^{K,L,M} Légamo Elástico ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 23. Clasificación de suelos: M2-1.0m

GRANULOMETRÍA		
	MALLA	% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.84%
Nº 40	0,425 mm	95.62%
Nº 200	0,075 mm	88.98%

SUELO FINO	
Límite líquido	31%
Límite plástico	19.72%
Índice de plasticidad	10.99%
IG	9.1

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-4
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6	
% pasante #10	50% máx											
#40	30% máx	50% máx					51% mín					
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	
lp	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín	
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]^D$	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$ $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]^D$	SW SP	Arena bien graduada ^I Arena pobremente graduada ^I
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	Pl > 7 y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			Pl < 4 o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	Pl estructura sobre o por encima línea "A"	CH	Arcilla Grasa ^{K,L,M}
			Pl estructura bajo línea "A"	MH	Légamo Elástico ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 24. Clasificación de suelos: M2-1.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.36%
Nº 40	0,425 mm	95.20%
Nº 200	0,075 mm	88.54%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.26%
Índice de plasticidad		11.74%
IG	10.92	

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
% pasante #10 #40 #200	50% máx 30% máx 15% máx	50% máx 25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	51% mín 10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40 LL lp lg	6% máx	6% máx	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín	N.P.	40% máx 10% máx	41% mín 10% máx	40% máx 11% mín	41% mín 11% mín
	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{K,F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	SW SP	Arena bien graduada ^I Arena pobremente graduada ^I
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	Pl > 7 y estructura sobre o por encima línea "A" ^J Pl < 4 o estructura bajo línea "A" ^J	CL ML	Arcilla Magra ^{K,L,M} Légamo ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	Pl estructura sobre o por encima línea "A" ^J Pl estructura bajo línea "A" ^J	CH MH	Arcilla Grasa ^{K,L,M} Légamo Elástico ^{K,L,M}
		Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75 Límite Líquido – no seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P} Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO		Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.		PT	Turba

Anexo 25. Clasificación de suelos: M3-0.5m

GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	47.14%
Nº 40	0,425 mm	18.84%
Nº 200	0,075 mm	9.10%
SUELO GRUESO		
Límite líquido		28%
Límite plástico		17.93%
Índice de plasticidad		10.07%
IG	0	

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	
Subgrupos											A-7-6	
% pasante #10 #40 #200	50% máx 30% máx 15% máx	50% máx 25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	51% mín 10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín	
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos	Suelos arcillosos			

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ ^D	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{E,F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
	Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc < 3$ ^D $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]$ ^D	SW SP
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla	Inorgánico	$PI > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			$PI < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
	Límite Líquido Menor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N}
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CH	Arcilla Grasa ^{K,L,M}
			PI estructura bajo línea "A" ^J	MH	Légamo Elástico ^{K,L,M}
	Límite Líquido Mayor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P}
Límite Líquido – no seco < 0.75				Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 26. Clasificación de suelos: M3-1.0m

GRANULOMETRÍA		
	MALLA	% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	98.18%

N° 40	0,425 mm	94.92%
N° 200	0,075 mm	88.86%
SUELO FINO		
Límite líquido		31%
Límite plástico		20.33%
Índice de plasticidad		10.14%
IG	8.45	

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-7-5
% pasante												
#10	50% máx						51% mín					
#40	30% máx	50% máx										
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín	
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4)	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]^D$	GP	Grava pobremente clasificada ^E
		Grava fina (más del 12% fina)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	GM GC	Grava Limosa ^{F,G} Grava Arcillosa ^{E,F,G}
	Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4)	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 < Cc \leq 3^D$ $Cu < 6$ y/o $[Cc < 1 \text{ o } Cc > 3]^D$	SW SP
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH Fina clasifica como CI o CH	SM SC	Arena legamosa ^{F,G,I} Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla	Inorgánico	$PI > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			$PI < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
	Límite Líquido Menor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N}
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CH	Arcilla Grasa ^{K,L,M}
			PI estructura bajo línea "A" ^J	MH	Légamo Elástico ^{K,L,M}
	Límite Líquido Mayor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P}
Límite Líquido – no seco < 0.75				Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 27. Clasificación de suelos: M3-1.5m

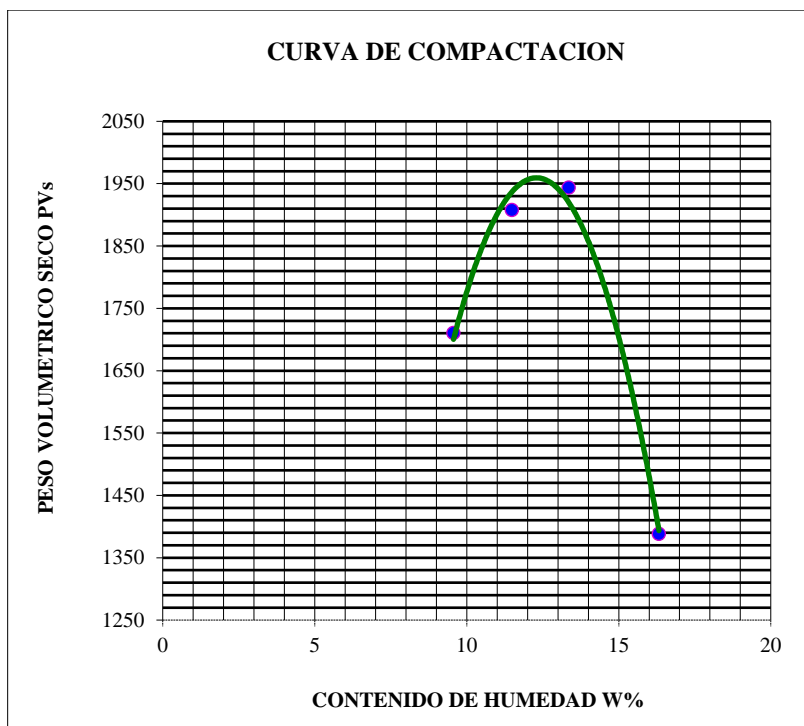
GRANULOMETRÍA		
MALLA		% QUE PASA
Nº 10	2,000 mm	97.80%
Nº 40	0,425 mm	94.46%
Nº 200	0,075 mm	87.24%
SUELO FINO		
Límite líquido		36%
Límite plástico		24.82%
Índice de plasticidad		11.18%
IG	10.26	

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos				
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7						A-7-5
% pasante												
#10	50% máx											
#40	30% máx	50% máx					51% mín					
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	N.P.	40% máx	41% mín	40% máx	41% mín	
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín		10% máx	10% máx	11% mín	11% mín	
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A				Clasificación de Suelo ^B	
				Símbolo de Grupo	Nombre de grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien clasificada ^E
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	GP	Grava pobremente clasificada ^E
	Grava fina (más del 12% fina)		Fina clasifica como ML o MH	GM	Grava Limosa ^{K,F,G}
			Fina clasifica como CI o CH	GC	Grava Arcillosa ^{E,F,G}
Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	SW	Arena bien graduada ^I
			$Cu < 6$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	SP	Arena pobremente graduada ^I
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH	SM	Arena legamosa ^{F,G,I}
			Fina clasifica como CI o CH	SC	Arena arcillosa ^{F,G,I}
SUELOS DE GRANO FINO	Légamos y Arcilla	Inorgánico	PI > 7 y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K,L,M}
			PI < 4 o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K,L,M}
	Límite Líquido Menor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,N}
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
50% o más pasa por un tamiz No. 200	Légamos y Arcilla	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A"	CH	Arcilla Grasa ^{K,L,M}
			PI estructura bajo línea "A"	MH	Légamo Elástico ^{K,L,M}
	Límite Líquido Mayor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K,L,M,P}
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K,L,M,O}
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICO	Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Anexo 28. Ensayo de Proctor Modificado: M1

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO																
METODO DE ASSHTO T-180				PRUEBA PROCTOR					ESTANDAR ()			MODIFICADO (x)				
ELABORADO POR:				DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES												
DESCRIPCION DEL MATERIAL:				Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.												
PESO CILINDRO: 3.876 Kg				VOLUMEN CILINDRO (sin collar)V=Pi.D ² .h/4					895.35 cm ³ /10*6			0.000895354 m ³				
PESO MARTILLO: 10 lb.				ALTURA DE CAIDA: 18 pulg					No.GOLPES: 25			No.CAPAS: 5				
PRUEBA N°	PORCENTA JE DE AGUA	CANTIDA D DE MUES TR A	CANTIDAD DE AGUA A MEZCLAR	RECIP. No.	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA SECA	PESO DEL RECIP	PESO DEL AGUA	PESO SECO	W CONTENIDO DE AGUA	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA HUMEDA	PESO ESPECIFICO	PESO TIERRA SECA	PESO VOLUMET	
					++ RECIP g	++ RECIP g	g	g	g		++ CILIND PT	PT	1+(W/100)	PS	PVS	
1	2.86	3000	86	R33	90	82.94	9.71	7.1	73.2	9.6						
				K55	89.9	82.95	9.71	7.0	73.2	9.5						
Prom. W =										9.6	5.5539	1.68	1.096	1.53	1710.4	
2	5.71	3000	171.3	R50	90.17	82.29	9.71	7.9	72.6	10.9						
				R45	90.10	81.41	9.71	8.7	71.7	12.1						
Prom. W =										11.5	5.7802	1.90	1.115	1.71	1907.6	
3	8.56	3000	257	R44	90.39	81.03	9.72	9.4	71.3	13.1						
				R90	90.14	80.50	9.61	9.6	70.9	13.6						
Prom. W =										13.4	5.849	1.97	1.134	1.74	1943.7	
4	11.42	3000	343	R22	90.47	79.22	9.71	11.3	69.5	16.2						
				K14	90.01	78.66	9.71	11.4	69.0	16.5						
Prom. W =										16.3	5.322	1.45	1.163	1.24	1388.2	



Anexo 29. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M1

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO														
CALIFORNIA BEARING RATIO			Descripción del Material: Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.											
CBR			Profundidad: 1.5											
Elaborado por:			DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES											
N°. DE GOLPES POR CAPA			56				25				12			
CONDICION DE MUESTRA			ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.	
PESO MUEST. HUM. + MOLDE			14598		14727		14316		14522		12883		13221	
PESO MOLDE			7466		7466		7384		7384		6176		6176	
PESO MUESTRA HUMEDA			7132		7261		6932		7138		6707		7045	
VOLUMEN MUESTRA(-DISCO) cm³			3162		3162		3254		3254		3254		3254	
DENSIDAD HUMEDA g/cm³			2.255		2.296		2.130		2.193		2.061		2.165	
HUMEDAD			Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo

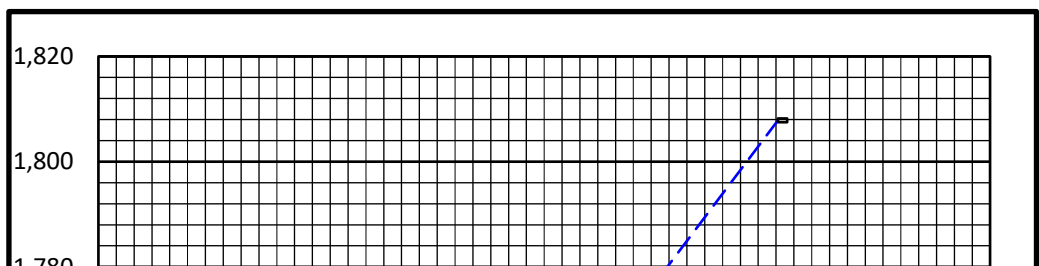
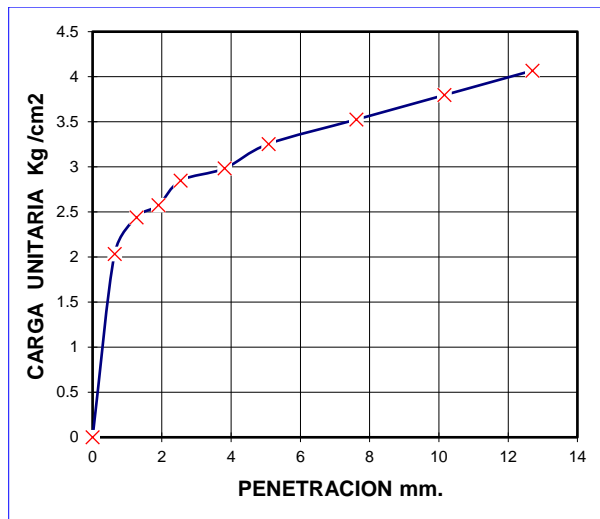
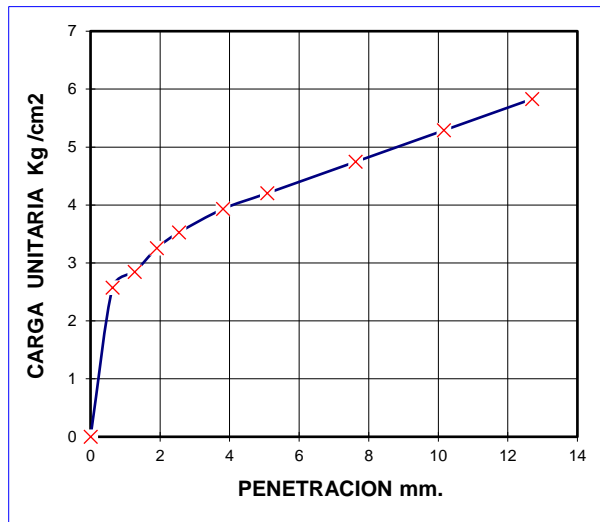
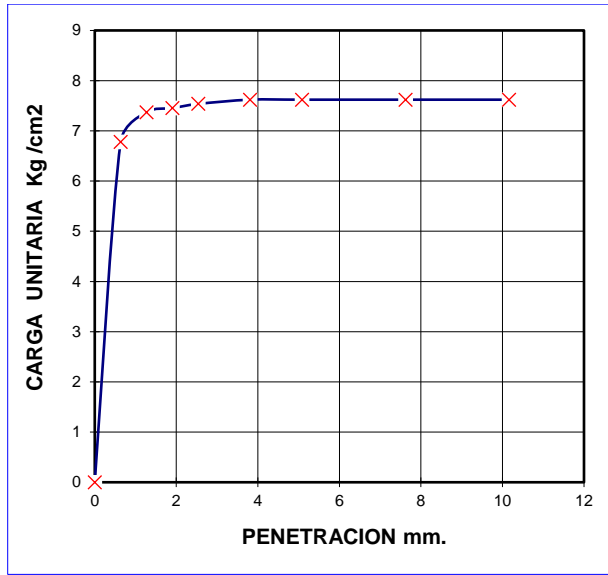
RECIPIENTE N°.	R63	R59 X	E41	R20	R59	R21	R44T	A42	R37	R341	R77	R96
PESO RECIPIENTE gr.	9.6	9.54	9.55	9.63	9.55	10.0	9.65	9.63	9.65	9.72	9.59	9.6
P. MUEST. HUM. + REC., g	88.8	88.6	88.7	88.6	88.7	88.5	88.5	87.4	88.9	88.6	88.5	88.1
P. MUEST. SECA + REC.,g	72.9	73.1	71.3	71.4	72.9	74.8	71.8	70.9	79.5	79.1	71.3	71.1
PESO DE AGUA g	15.90	15.5	17.4	17.2	15.8	13.7	16.7	16.5	18.9	9.5	17.20	17.0 0
PESO MUESTRA SECA g	63.3	63.5	61.75	61.77	63.35	64.7	62.15	61.2	69.85	69.3	61.71	61.5
CONT. DE HUMEDAD %	25.11	24.3	28.17	27.84	24.94	21.1	26.87	26.9	27.05	13.6	27.87	27.6
HUMEDAD PROMED (W) %	24.752		28.012		23.050		26.900		20.375		27.757	
DENSIDAD SECA g/cm ³	1.808		1.794		1.731		1.728		1.712		1.695	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°.	1	2	3
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE DESP. SATURAR	14727	14522	13221
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE ANTES SATURAR	14598	14316	12883
PESO AGUA ABSORVIDA g	129	206	338
PORCENTAJE AGUA ABSORVIDA %	0.88	1.44	2.62

ESPONJAMIENTO		L i : 0.37 mm x 10 ⁻³			L i : 0.46 mm x 10 ⁻³			L i : 0.68 mm x 10 ⁻³		
FECHA Y HORA	TIEM PO EN DIAS	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.		
		Lect.D ial mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMI ENTO %	LECT. DIAL mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMI ENTO %	LECT. DIAL mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMI ENTO %
16/12/2024 14:00	1	2.76	0.02	0.14	2.64	0.02	0.12	3.8	0.03	0.18
17/12/2024 14:00	2	3.67	0.03	0.19	3.47	0.03	0.17	3.87	0.03	0.18
18/12/2024 14:00	3	4.28	0.04	0.23	3.81	0.03	0.19	4.21	0.04	0.20
19/12/2024 14:00	4	4.66	0.04	0.25	3.65	0.03	0.18	4.35	0.04	0.21

PENETRACION		Cte. Anillo de Carga = (D) 2.589E+00 Kg / cm ²						Área del pistón cm ² = (H) 19.09		
PENETR AC. EN mm 0	CARG AS TIPO Kg / cm ²	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.		
		LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESI ON Kg / cm ²	C.B.R. CORRE G.	LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESION Kg / cm ²	C.B.R. CORRE G.	LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESI ON Kg / cm ²	C.B.R. CORRE G.
0.64		50	6.78		19	2.58		15	2.03	
1.27		54.34	7.37		21	2.85		18	2.44	
1.91		54.96	7.45		24	3.25		19	2.58	
2.54	76	55.58	7.54	7.54	26	3.53	3.53	21	2.85	2.85
3.81		56.2	7.62		29	3.93		22	2.98	
5.08	113	56.2	7.62	7.62	31	4.20	4.20	24	3.25	3.25
7.62	144	56.2	7.62		35	4.75		26	3.53	
10.16	175	56.2	7.62		39	5.29		28	3.80	
12.70	197	56.2	7.62		43	5.83		30	4.07	



100
0
9

7.62
4.20375589
3.25452069

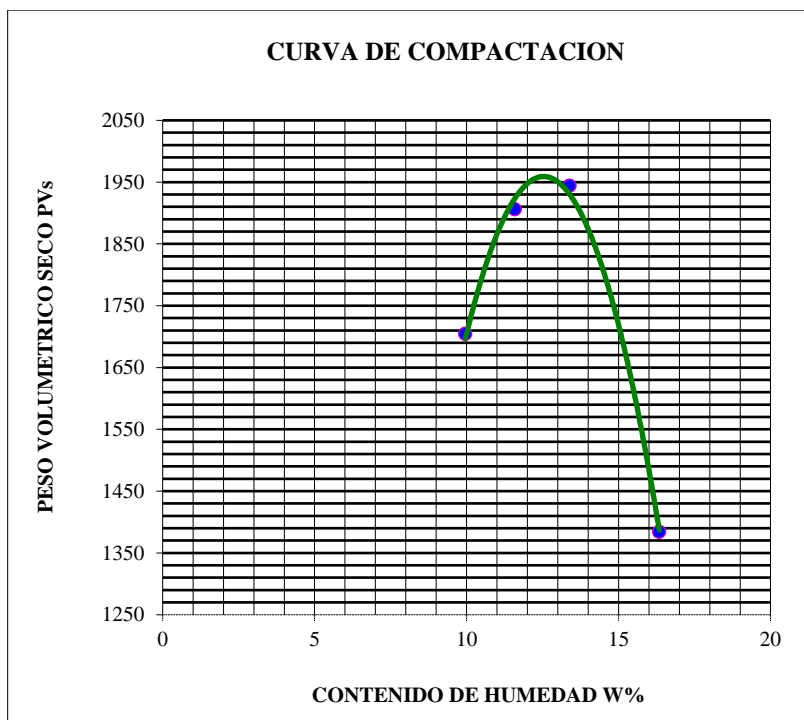
95
95

1807.84
1731.14
1712.16



Anexo 30. Ensayo de Proctor Modificado: M2

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO																
METODO DE ASHTO T-180				PRUEBA PROCTOR					ESTANDAR ()			MODIFICADO (x)				
ELABORADO POR:				DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES												
DESCRIPCION DEL MATERIAL:				Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.												
PESO CILINDRO: 3.876 Kg				VOLUMEN CILINDRO (sin collar) $V = \pi \cdot D^2 \cdot h / 4$					895.35 cm ³ / 10 ⁶			0.000895354 m ³				
PESO MARTILLO: 10 lb.				ALTURA DE CAIDA: 18 pulg					No. GOLPES: 25			No. CAPAS: 5				
PRUEBA N°	PORCENTAJE DE AGUA %	CANTIDAD DE MUESTRA g	CANTIDAD DE AGUA A MEZCLAR cm ³	RECIP. No.	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA SECA	PESO DEL RECP	PESO DEL AGUA	PESO SECO	W CONTENIDO DE AGUA %	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA HUMEDA	PESO SECO	PESO SECA	PESO VOLUMET	
					+. RECIP g	+. RECIP g	g	g	g		g	+. CILIND PT Kg	I+ (W/100)	PS Kg	PVS Kg/m ³	
1	2.71	3000	81.3	R22	90	82.71	9.71	7.3	73.0	10.0						
				K14	89.9	82.65	9.71	7.3	72.9	9.9						
Prom. W =										10.0	5.5541	1.68	1.100	1.53	1704.4	
2	5.6	3000	168	R50	90.17	82.18	9.71	8.0	72.5	11.0						
				R45	90.10	81.38	9.71	8.7	71.7	12.2						
Prom. W =										11.6	5.7805	1.90	1.116	1.71	1906.1	
3	8.41	3000	252.3	R44	90.39	81.01	9.72	9.4	71.3	13.2						
				R90	90.14	80.48	9.61	9.7	70.9	13.6						
Prom. W =										13.4	5.850	1.97	1.134	1.74	1943.9	
4	11.3	3000	339	R33	90.47	79.21	9.71	11.3	69.5	16.2						
				K14	90.01	78.65	9.71	11.4	68.9	16.5						
Prom. W =										16.3	5.318	1.44	1.163	1.24	1384.1	



Anexo 31. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M2

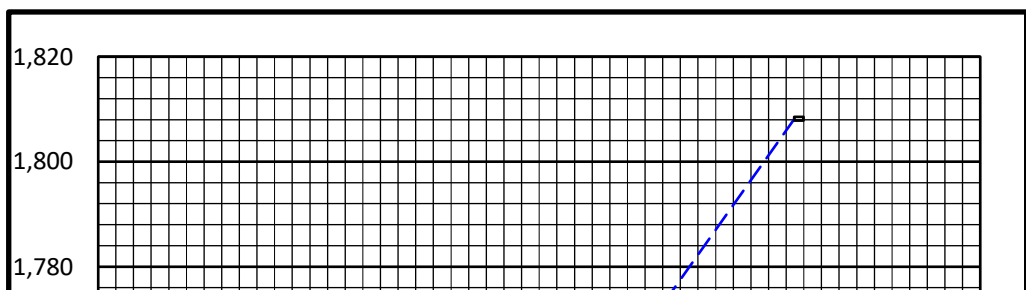
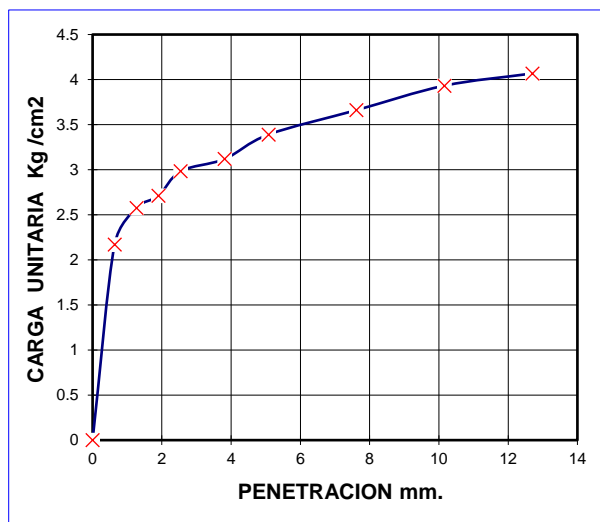
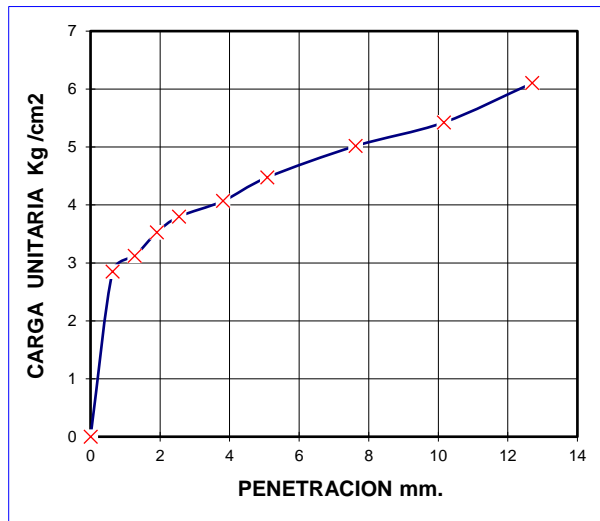
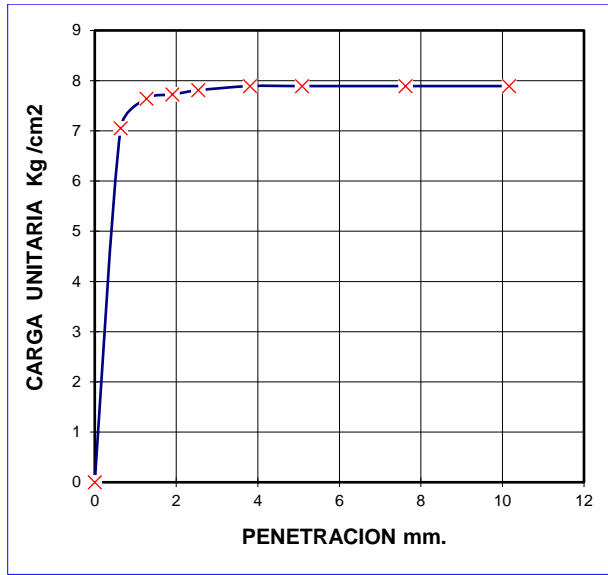
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO												
CALIFORNIA BEARING RATIO		Descripción del Material: Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.										
CBR		Profundidad: 1.5										
Elaborado por:		DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES										
N°. DE GOLPES POR CAPA	56				25				12			
CONDICION DE MUESTRA	ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.	
PESO MUEST. HUM. + MOLDE g	14593		14723		14311		14517		12880		13219	
PESO MOLDE g	7466		7466		7384		7384		6176		6176	
PESO MUESTRA HUMEDA g	7127		7257		6927		7133		6704		7043	
VOLUMEN MUESTRA(-DISCO) cm ³	3162		3162		3254		3254		3254		3254	
DENSIDAD HUMEDA g/cm ³	2.254		2.295		2.129		2.192		2.060		2.164	
HUMEDAD	ARRIBA	ABAJ	ARRIBA	ABAJ	ARRIBA	ABAJ	ARRIBA	ABAJ	ARRIBA	ABAJ	ARRIBA	ABAJ
RECIPIENTE N°.	R20	R96	R40	R44T	R96	R241	R296	R21	R37	R341	R77	R63
PESO RECIPIENTE gr.	9.6	9.6	9.55	9.63	9.55	10.05	9.65	9.63	9.65	9.72	9.59	9.6
P. MUEST. HUM. + REC., g	88.5	88.5	88.6	88.5	88.6	88.6	88.7	87.6	88.8	88.5	88.4	88
P. MUEST. SECA + REC.,g	72.8	73	71.2	71.3	72.8	74.7	71.7	70.8	79.4	79	71.2	71
PESO DE AGUA g	15.70	15.50	17.4	17.2	15.8	13.9	17	16.8	18.9	9.5	17.20	17.00
PESO MUESTRA SECA g	63.2	63.4	61.65	61.67	63.25	64.65	62.05	61.17	69.75	69.28	61.61	61.40
CONT. DE HUMEDAD %	24.842	24.48	28.223844	27.89038	24.980	21.500	27.397	27.464	27.097	13.712	27.918	27.687
HUMEDAD PROMED (W) %	24.645		28.057		23.240		27.431		20.405		27.802	
DENSIDAD SECA g/cm³	1.808		1.792		1.727		1.720		1.711		1.693	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°.	1	2	3
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE DESP. SATURAR	14723	14517	13219
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE ANTES SATURAR	14593	14311	12880
PESO AGUA ABSORVIDA g	130	206	339
PORCENTAJE AGUA ABSORVIDA %	0.89	1.44	2.63

ESPONJAMIENTO		L i: 0.27 mm x 10 ⁻³			L i: 0.37 mm x 10 ⁻³			L i: 0.59 mm x 10 ⁻³			
FECHA	TIE MPO	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.			
Y	EN DIAS	LECT. Dial mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMIENTO %	LECT. DIAL mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMIENTO %	LECT. DIAL mm x 10 ⁻²	CAMB. LONG. mm	ESPONJAMIENTO %	
HORA											
17/12/2024	14:00	1	2.78	0.03	0.15	2.66	0.02	0.13	3.9	0.03	0.19
18/12/2024	14:00	2	3.69	0.03	0.20	3.45	0.03	0.17	3.96	0.03	0.19
19/12/2024	14:00	3	4.29	0.04	0.23	3.8	0.03	0.19	4.26	0.04	0.21
20/12/2024	14:00	4	4.67	0.04	0.26	3.66	0.03	0.19	4.36	0.04	0.21

PENETRACION		Cte. Anillo de Carga = (D) 2.589E+00 Kg/cm ²						Área del pistón cm ² = (H) 19.09		
PENETR AC.	CARGAS	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.		
EN mm	TIPO Kg/cm ²	LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESION Kg/cm ²	C.B.R. CORREG.	LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESION Kg/cm ²	C.B.R. CORREG.	LECT. DIAL mm ² x 10 ⁻³	PRESION Kg/cm ²	C.B.R. CORREG.
0										
0.64		52	7.05		21	2.85		16	2.17	
1.27		56.34	7.64		23	3.12		19	2.58	
1.91		56.96	7.72		26	3.53		20	2.71	
2.54	76	57.58	7.81	7.81	28	3.80	3.80	22	2.98	2.98
3.81		58.2	7.89		30	4.07		23	3.12	
5.08	113	58.2	7.89	7.89	33	4.47	4.47	25	3.39	3.39
7.62	144	58.2	7.89		37	5.02		27	3.66	
10.16	175	58.2	7.89		40	5.42		29	3.93	
12.70	197	58.2	7.89		45	6.10		30	4.07	

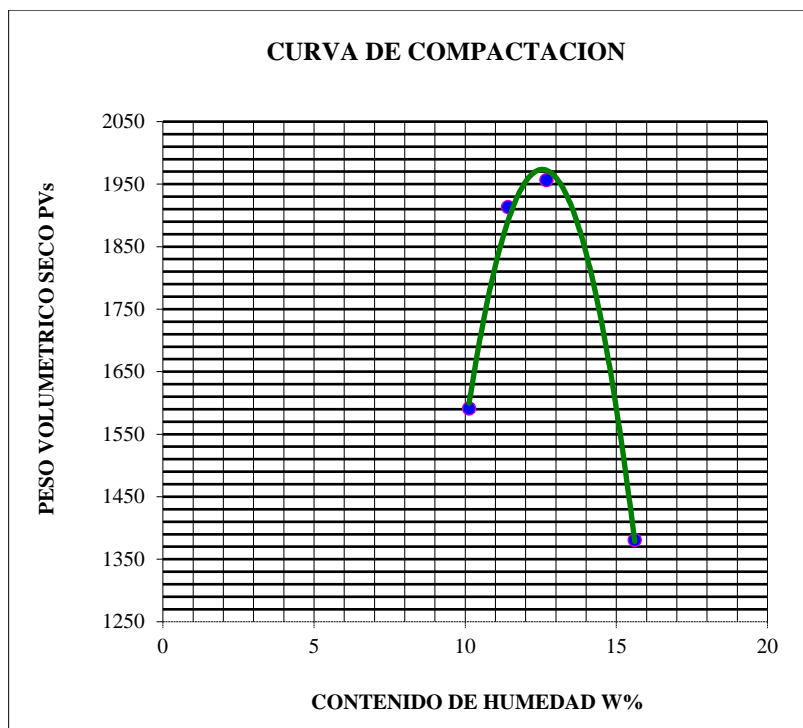


100
0 95
9 95
7.89 1808.14
4.47496595 1727.21
3.39012572 1710.98



Anexo 32. Ensayo de Proctor Modificado: M3

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO																
METODO DE ASHTO T-180				PRUEBA PROCTOR					ESTANDAR ()		MODIFICADO (x)					
ELABORADO POR:				DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES												
DESCRIPCION DEL MATERIAL:				Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.												
PESO CILINDRO: 3.876 Kg				VOLUMEN CILINDRO (sin collar) $V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4}$					895.35 cm ³ / 10 ⁶		0.000895354 m ³					
PESO MARTILLO: 10 lb.				ALTURA DE CAIDA: 18 pulg					No. GOLPES: 25		No. CAPAS: 5					
PRUEBA N°	PORCENTAJE DE AGUA	CANTIDAD DE MUESTRA	CANTIDAD DE AGUA A MEZCLAR	RECIPI. No.	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA SECA	PESO DEL RECIPI.	PESO DEL AGUA	PESO SECO	W CONTENIDO DE AGUA	PESO TIERRA HUMEDA	PESO TIERRA HUMEDA PT	PESO SECO 1+(W/100)	PESO TIERRA SECA PS	PESO VOLUMETICO PVS	
	%	g	cm ³		g	g	g	g	g	%	Kg	Kg		Kg	Kg/m ³	
1	2.3	3000	69	R20	90	82.56	9.71	7.4	72.9	10.2						
				R45	90.1	82.76	9.71	7.3	73.1	10.0						
										Prom. W =	10.1	5.4447	1.57	1.101	1.42	1590.9
2	5.1	3000	153	R44	90.00	82.12	9.71	7.9	72.4	10.9						
				R20	89.90	81.34	9.71	8.6	71.6	12.0						
										Prom. W =	11.4	5.7846	1.91	1.114	1.71	1913.2
3	8.1	3000	243	K14	90.00	81.12	9.72	8.9	71.4	12.4						
				R22	90.10	80.88	9.61	9.2	71.3	12.9						
										Prom. W =	12.7	5.850	1.97	1.127	1.75	1956.4
4	11	3000	330	R90	90.60	79.57	9.71	11.0	69.9	15.8						
				R22	90.00	79.27	9.71	10.7	69.6	15.4						
										Prom. W =	15.6	5.305	1.43	1.156	1.24	1380.6



Anexo 33. Ensayo de CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) – M3

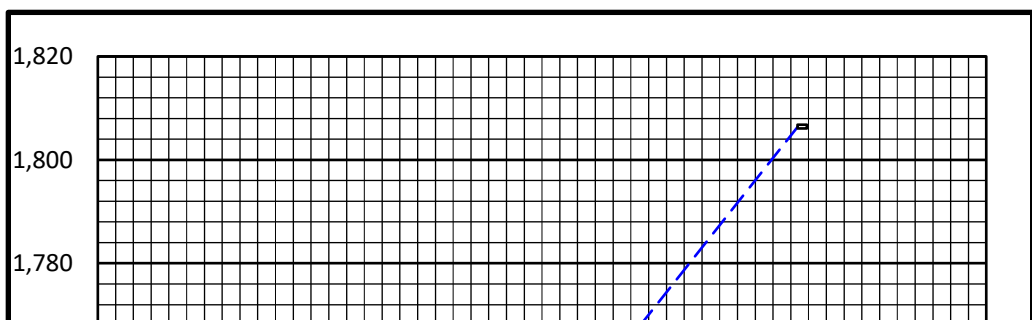
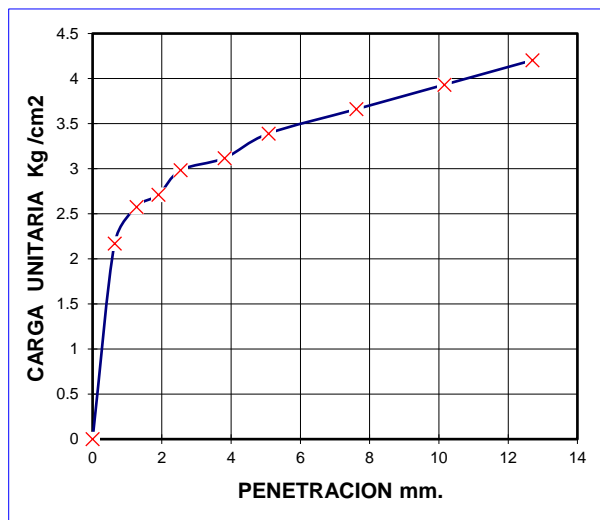
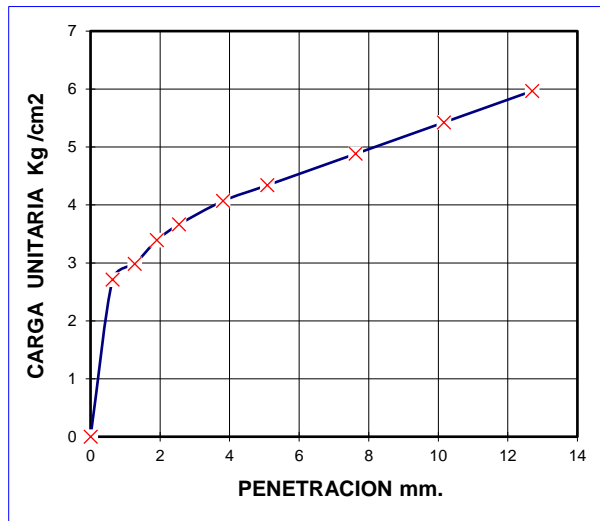
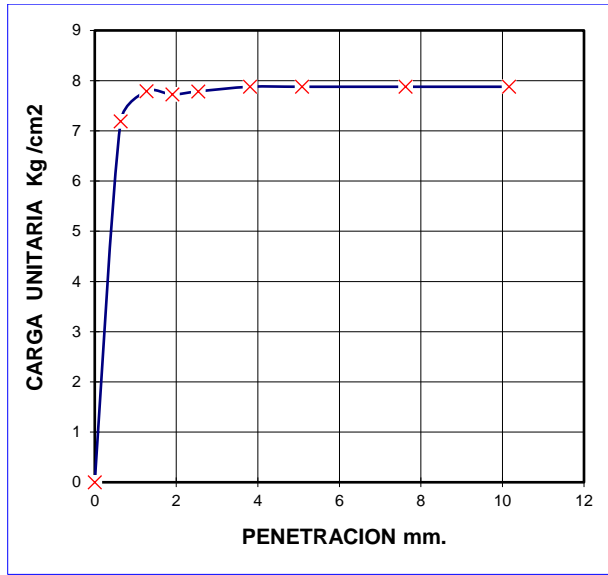
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO												
CALIFORNIA BEARING RATIO		Descripción del Material: Muestra tomada en la vía Huásimo - Limones a 1.5 m de profundidad.										
CBR		Profundidad: 1.5										
Elaborado por: DEISY GUADALUPE DIAZ REQUENES												
N°. DE GOLPES POR CAPA	56				25				12			
CONDICION DE MUESTRA	ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.		ANTES SATURAR		DESPUES SATUR.	
PESO MUEST. HUM. + MOLDE g	14593		14721		14311		14517		12880		13218	
PESO MOLDE g	7466		7466		7384		7384		6176		6176	
PESO MUESTRA HUMEDA g	7127		7255		6927		7133		6704		7042	
VOLUMEN MUESTRA(-DISCO) cm ³	3162		3162		3254		3254		3254		3254	
DENSIDAD HUMEDA g/cm ³	2.254		2.294		2.129		2.192		2.060		2.164	
HUMEDAD	ARRI BA	ABA JO	ARRIB A	ABAJ O	ARRI BA	ABA JO	ARRI BA	ABA JO	ARRI BA	ABA JO	ARRI BA	ABA JO
RECIPIENTE N°.	R96	R59 X	R21	R20	R59	R90	R44T	A42	R50	R34 1	R77	K14
PESO RECIPIENTE gr.	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	10.0 5	9.65	9.63	9.6	9.72	9.59	9.6
P. MUEST. HUM. + REC., g	88.8	88.6	88.7	88.6	88.7	88.5	88.5	87.4	88.9	88.6	88.5	88.1
P. MUEST. SECA + REC.,g	72.9	73.1	71.3	71.4	72.9	74.8	71.8	70.9	79.5	79.1	71.3	71.1
PESO DE AGUA g	15.90	15.5 0	17.4	17.2	15.8	13.7	16.7	16.5	18.9	9.5	17.20	17.0 0
PESO MUESTRA SECA g	63.3	63.5	61.7	61.8	63.3	64.7 5	62.15	61.2 7	69.9	69.3 8	61.71	61.5 0
CONT. DE HUMEDAD %	25.11 8	24.4 09	28.200 972	27.831 72	24.96 1	21.1 58	26.87 0	26.9 30	27.03 9	13.6 93	27.87 2	27.6 42
HUMEDAD PROMED (W) %	24.764		28.016		23.059		26.900		20.366		27.757	
DENSIDAD SECA g/cm ³	1.806		1.792		1.730		1.727		1.712		1.694	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°.	1	2	3
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE DESP. SATURAR	14721	14517	13218
PESO MUESTRA HUM. + MOLDE ANTES SATURAR	14593	14311	12880
PESO AGUA ABSORVIDA g	128	206	338
PORCENTAJE AGUA ABSORVIDA %	0.88	1.44	2.62

ESPONJAMIENTO		mm x 10 ⁻³			mm x 10 ⁻³			mm x 10 ⁻³		
FECHA	TIE MPO	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.		
Y	EN DIA	Lect. Dial	CAMB. LONG.	ESPONJAMIENTO	LECT. DIAL	CAMB. LONG.	ESPONJAMIENTO	LECT. DIAL	CAMB. LONG.	ESPONJAMIENTO
HORA	S	mm x 10 ⁻²	mm	%	mm x 10 ⁻²	mm	%	mm x 10 ⁻²	mm	%
16/12/202	1	2.79	0.02	0.14	2.61	0.02	0.12	3.7	0.03	0.17
4 14:00										
17/12/202	2	3.66	0.03	0.19	3.43	0.03	0.17	3.94	0.03	0.19
4 14:00										
18/12/202	3	4.31	0.04	0.23	3.8	0.03	0.19	4.32	0.04	0.21
4 14:00										
19/12/202	4	4.71	0.04	0.25	3.61	0.03	0.18	4.39	0.04	0.21
4 14:00										

PENETRACION		Cte. Anillo de Carga =		2.589E +00		Kg / cm ²		Area del pistón cm ² = (H) 19.09		
PENETRACION	CARGAS	MOLDE N°.			MOLDE N°.			MOLDE N°.		
EN mm	TIPO Kg / cm ²	LECT. DIAL	PRESION	C.B.R. CORR. EG.	LECT. DIAL	PRESION	C.B.R. CORR. EG.	LECT. DIAL	PRESION	C.B.R. CORR. EG.
0		mm ² x 10 ⁻³	Kg / cm ²		mm ² x 10 ⁻³	Kg / cm ²		mm ² x 10 ⁻³	Kg / cm ²	
0.64		53	7.19		20	2.71		16	2.17	
1.27		57.43	7.79		22	2.98		19	2.58	
1.91		56.97	7.73		25	3.39		20	2.71	
2.54	76	57.42	7.79	7.79	27	3.66	3.66	22	2.98	2.98
3.81		58.1	7.88		30	4.07		23	3.12	
5.08	113	58.1	7.88	7.88	32	4.34	4.34	25	3.39	3.39
7.62	144	58.1	7.88		36	4.88		27	3.66	
10.16	175	58.1	7.88		40	5.42		29	3.93	
12.70	197	58.1	7.88		44	5.97		31	4.20	



	100	
	0	95
	9	95
	7.88	1806.41
	4.33936092	1729.75
	3.39012572	1711.53



Anexo 34. Cálculo de precipitación. – INAMHI – ESTACIÓN M0151 – ZAPOTILLO 2013

M0151																	ZAPOTILLO							INAMHI	
MES	HELIOFANIA	TEMPERATURA DELAIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación								
	(Horas)	ABSOLUTAS			M E D I A S			Máxima día	Mínima día	Media	Máxima día			Mínima día	Media	Mensual		Máxima en 24hrs día	Mensual						
ENERO																									
FEBRERO																									
MARZO																									
ABRIL		36.5	15	16.0	25	34.1	18.6	26.4	99	3	44	29	71	20.4	24.0	9.4	5.9	2	4						
MAYO		36.0	3	16.0	26	32.4	17.7	25.3	99	7	43	3	70	19.0	22.0	36.8	12.0	20	9						
JUNIO		34.0	5	14.5	4	32.1	15.6	24.5					66	17.4	19.9	0.0	0.0	1	0						
JULIO		34.0	17	12.5	29	32.0	14.4	24.3	91	4	41	19	66	17.2	19.7	0.0	0.0	1	0						
AGOSTO		34.5	15	13.5	30	32.9	14.7	24.6	92	14	42	24	66	17.2	19.7	0.0	0.0	1	0						
SEPTIEMBRE		36.0	24	12.5	2	33.5	14.6	24.7					65	17.3	19.8	0.0									
OCTUBRE		36.5	27	14.5	6	33.7	16.0	25.2	98	15	47	6	68	18.5	21.4	4.1	1.3	16	4						
NOVIEMBRE		35.5	12	14.5	4	33.2	15.8	25.1	93	18	48	3	68	18.5	21.4	1.4	1.4	17	1						
DICIEMBRE		37.0	14	16.0	1	34.9	18.0	26.7	93	10	48	4	68	19.9	23.2	4.8	2.2	8	4						
VALOR ANUAL																									

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel.Mayor Observada (m/s) DIR	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)				
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N (m/s) %	NE (m/s) %	E (m/s) %	SE (m/s) %	S (m/s) %	SW (m/s) %	W (m/s) %	NW (m/s) %	CALMA	Nro OBS												
ENERO																									
FEBRERO																									
MARZO																									
ABRIL	194.9	8.4	19	5	5.0	1	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.8	50	3.0	2	2.0	1	44	90	5.0	N	2.6
MAYO	165.6	8.3	4	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.3	54	2.0	1	2.0	1	44	93	6.0	SW	2.7
JUNIO	170.5	7.3	24	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.4	63	2.0	2	0.0	0	34	90	6.0	SW	3.1
JULIO	192.0	7.6	18	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.5	65	2.0	1	0.0	0	34	93	6.0	SW	3.3
AGOSTO	223.1	8.6	15	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.9	67	0.0	0	0.0	0	33	93	6.0	SW	4.0
SEPTIEMBRE	214.2			3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.8	66	0.0	0	0.0	0	34	90	7.0	SW	4.1
OCTUBRE	229.0	9.6	30	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.9	68	0.0	0	0.0	0	32	93	8.0	SW	4.5
NOVIEMBRE	223.7	9.3	24	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.8	69	0.0	0	0.0	0	31	90	9.0	SW	6.2
DICIEMBRE	229.7			5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.7	70	0.0	0	0.0	0	30	93	9.0	SW	6.5
VALOR ANUAL																									

2011

M0151															ZAPOTILLO															INAMHI														
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación																												
		ABSOLUTAS		M E D I A S		Máxima	Mínima	Mensual	Máxima día	Mínima día			Media	Suma	Máxima en 24hrs		día																											
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima													Mensual																										
ENERO		39.5	28	17.0	10	35.3	20.0	27.6	92	28	38	1	59	18.3	21.0	10.7	6.6	27	5																									
FEBRERO		36.5	21	17.5	27	34.1	20.7	27.1	98	7	26	3	65	19.5	22.8	98.1	45.8	7	8																									
MARZO						35.5	19.4	27.8						18.9	21.8	7.5																												
ABRIL		37.5	1	19.5	15	34.0	20.5	27.2						20.3	23.8	211.5	66.4	12	15																									
MAYO		34.5	11			32.2	18.4	25.8	90	19	47	9	69	19.5	22.7	13.1	9.7	12	3																									
JUNIO		34.5	2	14.5	3	31.8	17.8	25.2	92	5	46	24	68	18.5	21.3	15.3	11.1	3	3																									
JULIO		34.5	22	14.5	2	31.2	15.9	24.1	91	12	44	8	67	17.3	19.8	0.7	0.7	11	1																									
AGOSTO		36.5	16	13.5	12	32.0	15.7	24.5	100	13	45	8	66	17.4	20.0	0.0	0.0	1	0																									
SEPTIEMBRE		35.5	26	14.5	5	33.2	15.6	25.2	88	22	44	18	64	17.6	20.2	0.0	0.0	1	0																									
OCTUBRE		35.0	4	14.0	17	32.3	15.8	24.7	88	24	37	19	62	16.4	18.8	0.0	0.0	1	0																									
NOVIEMBRE				15.0	21	33.4	16.7	26.1						17.2	19.7	4.8	4.8	28	1																									
DICIEMBRE		35.6	22	15.0	29	33.7	16.6	26.2	91	26	44	1	66	18.8	21.8	0.0																												
VALOR ANUAL						33.2	17.8	26.0						18.3	21.1	361.7																												

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel.Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)									
	Suma	Máxima en 24hrs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS													
	Mensual	día		(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%			(m/s)	%							
ENERO	235.9	9.4	7	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.5	2	4.4	52	2.8	5	3.8	4	37	93	9.0	SW	4.5	
FEBRERO	177.5	8.4	19	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.8	39	2.0	1	2.5	5	55	84	6.0	SW	3.3	
MARZO	213.9			5																						3.5
ABRIL	174.6	9.6	1	6																						2.5
MAYO	183.7	7.3	29	6																						2.4
JUNIO	168.6	6.8	25	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	1	0.0	0	3.4	51	0.0	0	3.3	3	44	90	7.0	SW	3.2	
JULIO	175.6	7.1	29	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.2	57	2.0	3	0.0	0	40	93	5.0	SW	3.7	
AGOSTO	196.9	7.8	20	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.3	65	4.0	3	0.0	0	32	93	7.0	SW	4.5	
SEPTIEMBRE	213.9	8.6	18	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.3	3	4.8	64	0.0	0	0.0	0	0.0	0	32	90	7.0	SW	4.7	
OCTUBRE	196.3	8.1	30	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.9	66	4.5	2	0.0	0	32	93	8.0	SW	5.2	
NOVIEMBRE	212.5	8.3	30	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.8	68	4.0	1	0.0	0	31	90	8.0	SW	5.0	
DICIEMBRE	227.8			6	4.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.0	1	4.1	65	0.0	0	4.0	2	30	93	7.0	SW	4.7	
VALOR ANUAL	2377.2			6																						4.0

2010

M151															ZAPOTILLO															INAMHI														
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación																												
		ABSOLUTAS		M E D I A S		Máxima	Mínima	Mensual	Máxima día	Mínima día			Media	Suma	Máxima en 24hrs		día																											
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima													Mensual																										
ENERO		37.5	17			33.0	22.2	26.8	106	20	53	20	79	22.6	27.4	55.8	36.1	24	12																									
FEBRERO		36.0	1	17.0	9	32.1	21.9	26.6						83	23.3	28.7	298.7	88.2	6	12																								
MARZO		34.5	11	17.5	14	32.1	21.9	26.4						86	23.7	29.4	537.4	112.6	26	22																								
ABRIL				20.0	8	31.3	21.1	26.0						86	23.3	28.7	139.1	65.0	12	10																								
MAYO		33.0	3	17.0	29	30.6	19.6	25.1	99	1	61	28	84	22.1	26.7	22.0	18.2	3	5																									
JUNIO		33.5	22	15.5	4	31.4	18.0	24.7	97	20	56	28	78	20.3	24.0	4.0	4.0	18	1																									
JULIO		35.0	29	12.5	23	30.8	16.4	23.6	98	14	51	30	76	18.8	22.0	0.0	0.0	1	0																									
AGOSTO		36.0	15	13.0	19	32.2	15.7	24.3	98	2	53	21	73	18.7	21.8	0.0	0.0	1	0																									
SEPTIEMBRE		35.0	9	14.0	13	31.9	15.8	24.3	98	5	51	12	73	18.9	22.0	0.0	0.0	1	0																									
OCTUBRE				14.0	8	32.7	16.2	24.8						67	17.9	20.7	0.2	0.2	19	1																								
NOVIEMBRE		35.0	21	13.0	10	33.2	16.3	25.2	87	28	37	8	61	16.6	18.9	0.0	0.0	1	0																									
DICIEMBRE		36.0	28	15.5	5	33.4	18.3	26.0	91	29	38	2	59	16.9	19.4	5.3																												
VALOR ANUAL						32.1	18.6	25.3						75	20.3	24.1	1062.5																											

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel.Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)									
	Suma	Máxima en 24hrs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS													
	Mensual	día		(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%			(m/s)	%							
ENERO	157.9	9.0	14	7	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.9	32	3.2	7	2.9	11	50	93	8.0	W	3.3	
FEBRERO	110.5	7.8	1	7																						2.6
MARZO	127.1			7																						2.0
ABRIL	138.2	6.5	16	6																						2.0
MAYO	136.4	6.3	12	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.3	26	2.1	8	2.0	4	62	93	5.0	SW	2.0			
JUNIO	163.0	6.8	13	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	1	2.6	42	2.0	1	2.0	1	54	90	4.0	SW	2.7			
JULIO	175.6	7.6	29	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.0	2	3.1	55	2.0	3	2.0	4	36	93	5.0	SW	3.4			
AGOSTO	214.8	8.9	15	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.9	66	2.0	2	2.0	3	29	93	8.0	SW	4.2			
SEPTIEMBRE	202.8			5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.9	69	2.0	2	2.0	1	28	90	7.0	SW	4.5			
OCTUBRE	240.7	9.1	13	4																					5.1	
NOVIEMBRE	245.3	9.1	21	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.5	72	2.0	1	0.0	0	27	90	8.0	SW	5.0			
DICIEMBRE	222.0			5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.0	3	3.9	58	2.0	2	3.0	1	36	93	8.0	SW	4.3			
VALOR ANUAL	2134.3			6																						3.0

MES	TEMPERATURA		
	2013	2011	2010
Enero		27.6	26.8
Febrero		27.1	26.6
Marzo		27.8	26.4

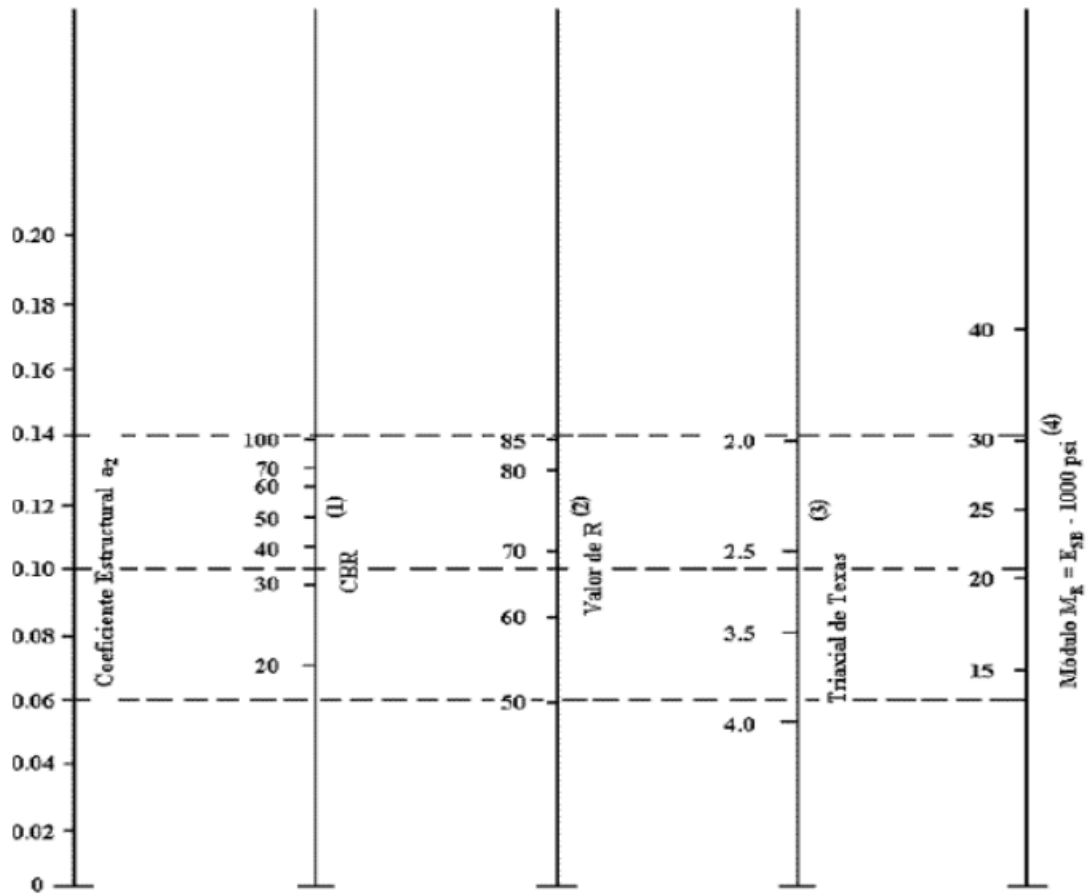
Abril	26.4	27.2	26
Mayo	25.3	25.8	25.1
Junio	24.5	25.2	24.7
Julio	24.3	24.1	23.6
Agosto	24.6	24.5	24.3
Septiembre	24.7	25.2	24.3
Octubre	25.2	24.7	24.8
Noviembre	25.1	26.1	25.2
Diciembre	26.7	26.2	26
PROMEDIO	25.2	26.0	25.3

ESTACIÓN M0151		
AÑO	TEMPERATURA	DÍAS DE LLUVIA
2013	25.2	22
2011	26.0	36
2010	25.3	63
PROMEDIO	25.5	40

Anexo 35. Tránsito

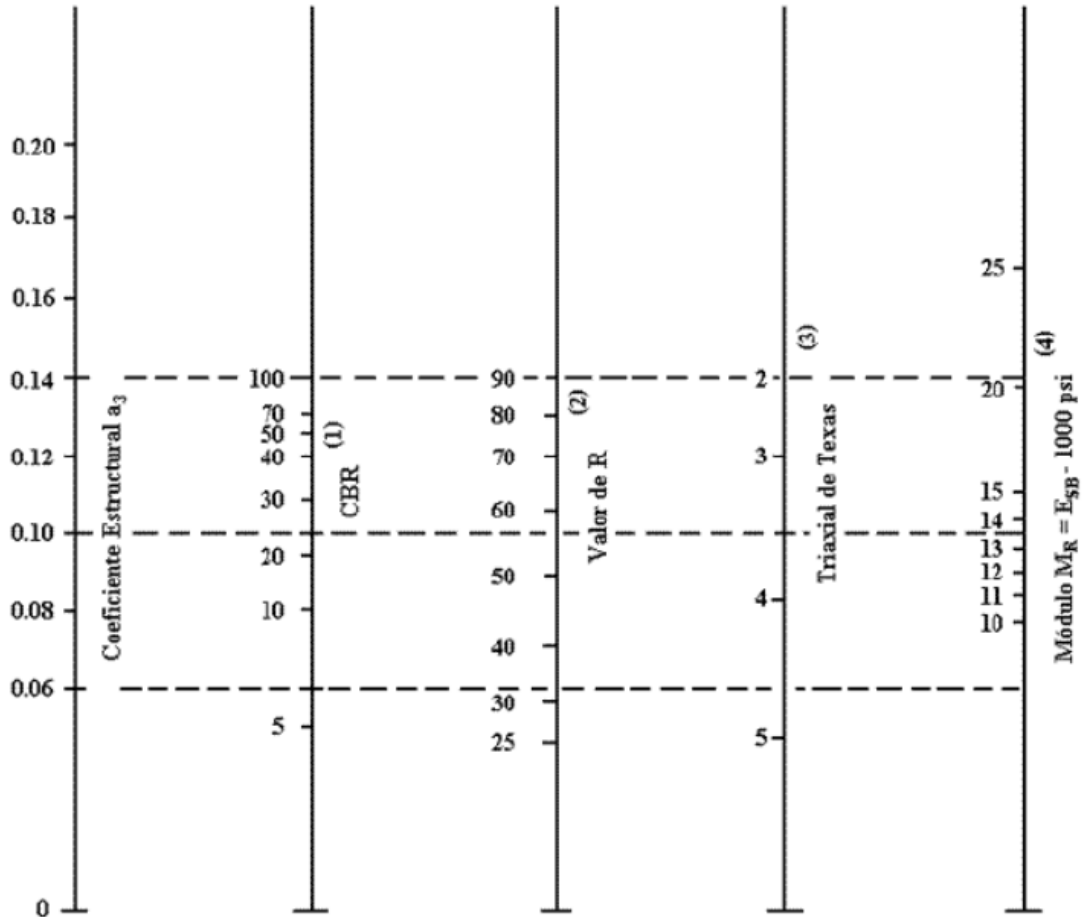
Anexo 36. Ábacos para encontrar coeficientes estructurales.

Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas - bases granulares (a2)



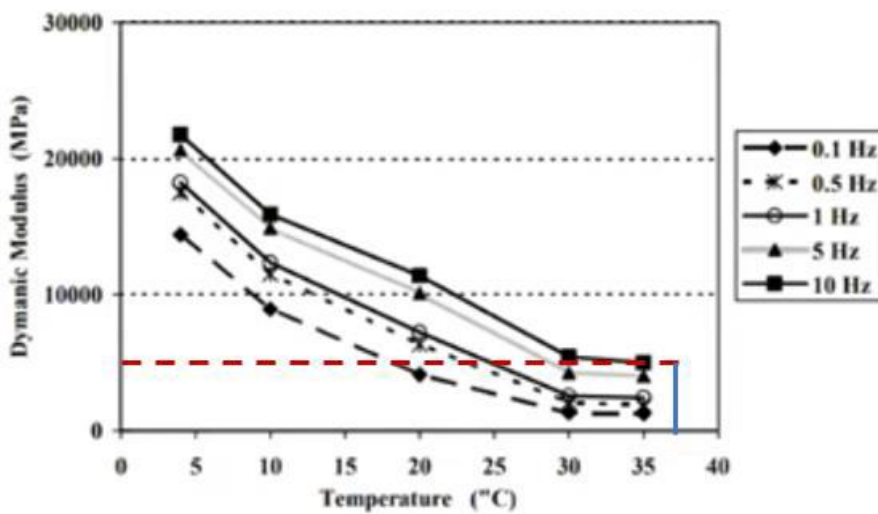
- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
 (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
 (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
 (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Ábaco para valorar el coeficiente estructural de capas de subbases (a3).



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Ábaco para valorar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1).



Anexo 38. Recolección de muestras

Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M1



Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M2



Obtención de muestra de suelo para realizar ensayos -M3



Anexo 39. Conteo vehicular



Anexo 40. Ensayos de laboratorio





