



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejoramiento de pavimento flexible en la Avenida Jose Maria
Eguren, Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Julca Pastor, Michael Julio Cesar (ORCID: 0000-0002-8252-8508)

ASESOR:

Mg. Ing. Villar Quiroz Josualdo Carlos (ORCID: 0000-0003-3392-9580)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Construcción sostenible diseño de infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres Oscar Luis Julca Ramírez y Flor Violara Pastor García a quienes extiendo mi gratitud infinita por ser mi ejemplo de lucha, perseverancia y superación, por los valores que me supieron impartir, por ser mi soporte y equilibrio durante todo este proceso académico, gracias por la vida.

A mis hermanos: Mirella Julca Pastor, Luis Anthony Julca Pastor y Milagros Julca Pastor por su apoyo y preocupación, en cada momento de mi día y en cada etapa de mi vida, y por demostrarme su cariño incondicional y aconsejarme en seguir creciendo como persona y como profesional.

AGRADECIMIENTO

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| INDICE DE CONTENIDOS | iv |
| INDICE DE TABLAS | vii |
| INDICE DE FIGURAS | ix |
| INDICE DE ANEXOS | xii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 7 |
| 1.3. Justificación | 7 |
| 1.4. Objetivos | 9 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 9 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 9 |
| 1.5. Hipótesis..... | 10 |
| 1.5.1. Hipótesis general | 10 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 11 |
| 2.1. Antecedentes | 11 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 17 |
| 2.2.1. Pavimento flexible..... | 17 |
| 2.2.2. Componentes estructurales del pavimento..... | 18 |
| 2.2.3. Proceso constructivo de los componentes estructurales de un pavimento flexible | 19 |
| III. METODOLOGÍA..... | 77 |
| 3.1. Tipo de enfoque y diseño de investigación..... | 77 |
| 3.1.1. Enfoque de investigación..... | 77 |
| 3.1.2. Tipo de investigación | 77 |
| 3.1.3. Diseño de investigación..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| 3.2. Variables y Operacionalización | 78 |
| 3.2.1. Variables..... | 78 |
| 3.2.2. Operacionalización de variables | 79 |
| 3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis..... | 82 |
| 3.3.1. Población | 82 |
| 3.3.2. Muestra..... | 82 |
| 3.3.3. Unidad de análisis | 82 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 82 |
| 3.4.1. Técnicas de recolección de datos | 82 |
| 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos | 83 |
| 3.5. Procedimientos..... | 84 |
| 3.5.1. Recolección de información base | 84 |
| 3.5.2. Evaluación Superficial | 85 |
| 3.5.3. Evaluación estructural | 87 |
| 3.5.4. Estudios topografías | 88 |
| 3.5.5. Estudios geotécnicos..... | 89 |
| 3.5.6. Estudios hidrológicos..... | 93 |
| 3.5.7. Estudio de trafico | 93 |
| 3.5.8. Parámetros de diseño..... | 94 |
| 3.5.9. Diseño estructural..... | 95 |
| 3.5.10. Estudio de costos | 96 |
| 3.6 Desarrollo de tesis | 96 |
| 3.6.1. Recolección de información base | 96 |
| 3.6.2. Condición superficial..... | 97 |
| 3.6.3. Condición estructural | 107 |
| 3.6.4. Estudios topográficos..... | 112 |
| 3.6.5. Estudios geotécnicos | 113 |
| 3.6.6. Estudios hidrológicos | 117 |
| 3.6.7. Estudio de trafico | 118 |
| 3.6.8. Parámetros de diseño..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| 3.6.9. Diseño estructural | 125 |
| 3.6.10 Estudio de costos | 127 |
| IV. RESULTADOS..... | 130 |
| 4.1. Recolección de información base | 130 |
| 4.2. Condición Superficial | 130 |
| 4.3. Condición Estructural | 130 |
| 4.4. Estudios topográficos | 134 |
| 4.5. Estudios geotécnicos | 137 |
| 4.6. Estudios hidrológicos | 137 |
| 4.7. Estudio de tráfico | 137 |
| 4.8. Parámetros de diseño | 137 |
| 4.9. Diseño estructural | 138 |
| 4.10. Estudios de costos | 139 |
| V. DISCUSIÓN | 141 |
| VI. CONCLUSIONES | 146 |
| VII. RECOMENDACIONES | 148 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 149 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes..... | 26 |
| Tabla 2. Factor de distribución direccional según AASHTO 1993..... | 27 |
| Tabla 3. Factor de distribución por carril. | 28 |
| Tabla 4. Niveles de confiabilidad según la clasificación de carreteras. | 29 |
| Tabla 5. Niveles de confiabilidad según la clasificación de carreteras. | 29 |
| Tabla 6. Escala del Índice de serviciabilidad..... | 30 |
| Tabla 7. Coeficientes de drenaje de bases y subbase..... | 32 |
| Tabla 8. Clasificación PCI | 45 |
| Tabla 9. Ecuaciones de diseño específicas para cuatro tipos de revestimiento | 58 |
| Tabla 10. Principales ventajas de las técnicas de reciclado..... | 62 |
| Tabla 11. Gradaciones sugeridas para el reciclaje en frío. | 65 |
| Tabla 12. Gradaciones sugeridas para el reciclaje en frío | 67 |
| Tabla 13. Espesores mínimos de capa superficial sobre una base reciclada en frío. | 70 |
| Tabla 14. Combinación de agregados para la mezcla reciclada | 74 |
| Tabla 15. Especificaciones de obra ASTM D 3515 | 75 |
| Tabla 16. Esquema del diseño transversal | 78 |
| Tabla 17. Matriz de clasificación de variables | 79 |
| Tabla 18. Matriz de operacionalización de variables..... | 80 |
| Tabla 19. Instrumentos de recolección de datos | 83 |
| Tabla 20. Rangos de clasificación del PCI | 101 |
| Tabla 21. Valores de clase, frecuencia y frecuencia acumulada para el sentido derecha | 103 |
| Tabla 21. Valores de clase, frecuencia y frecuencia acumulada para el sentido Izquierda | 105 |
| Tabla 23. Cálculo del PSI por carril | 107 |
| Tabla 24. Distancia del punto de ensayo | 108 |
| Tabla 25. Coeficiente de variación | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 26. Resumen de conteo realizado de lunes a domingo durando 16 horas por día, por cada tipo de vehículo..... | 119 |
| Tabla 27. Índice medio diario semanal por cada tipo de vehículo..... | 120 |
| Tabla 28. Índice medio diario anual por cada tipo de vehículo..... | 121 |
| Tabla 29. Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados 2020..... | 121 |
| Tabla 30. Cálculo de Factor de IMDA. | 122 |
| Tabla 31. Clasificación de tráfico según el Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes. | 123 |
| Tabla 32. Valores de nivel de confiabilidad. | 124 |
| Tabla 33. Índice de serviciabilidad inicial (Pi)..... | 124 |
| Tabla 34. Índice de serviciabilidad final (Pf). | 124 |
| Tabla 35. Desviación estándar para una sola etapa de 20 años teniendo en cuenta la confiabilidad. | 125 |
| Tabla 36. Información del diseño actual de la avenida José María Eguren ... | 130 |
| Tabla 37. Deflexión característica de la avenida en estudio | 130 |
| Tabla 19. Área de la sección de la avenida en estudio | 134 |
| Tabla 40. Ángulos de los puntos de la curva..... | 134 |
| Tabla 41. Coordenadas y elevaciones del terreno en estudio..... | 135 |
| Tabla 42. Humedades determinadas para cada muestra extraída de cada calicata | 135 |
| Tabla 43. Resultados del ensayo de granulometría realizado a cada una de las muestras extraídas de las calicatas..... | 135 |
| Tabla 44. Límites de consistencia de cada muestra ensayada | 136 |
| Tabla 45. Ensayo de Proctor modificado realizado a la muestra de cada calicata | 136 |
| Tabla 46. Resultados del ensayo CBR realizado a las 3 muestras extraídas | 136 |
| Tabla 47. Valores de los coeficientes estructurales para cada capa del Pavimento..... | 138 |
| Tabla 48. Metrados obtenidos de la vía en estudio | 139 |
| Tabla 49. Análisis de Costos unitarios | 140 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Capas del paquete estructural del pavimento flexible. | 18 |
| Figura 2. Escarificado de la sub rasante. | 20 |
| Figura 3. Humedecimiento de la subrasante. | 20 |
| Figura 4. Pavimentadora o finisher. | 24 |
| Figura 5. Carta para la Estimación del coeficiente estructural de capa de gradación densa, basado en el Módulo Elástico. | 31 |
| Figura 6. Procedimiento para determinar espesores mínimos de capas. | 33 |
| Figura 7. Piel de cocodrilo. | 35 |
| Figura 8. Exudación de Asfalto. | 36 |
| Figura 9. Agrietamiento en bloque. | 36 |
| Figura 10. Abultamientos y hundimientos. | 37 |
| Figura 11. Corrugaciones. | 37 |
| Figura 12. Depresión. | 38 |
| Figura 13. Grieta de borde. | 38 |
| Figura 14. Grieta de reflexión de juntas. | 39 |
| Figura 15. Desnivel calzada – Berma. | 39 |
| Figura 16. Grietas longitudinales y transversales. | 40 |
| Figura 17. Grietas longitudinales y transversales. | 40 |
| Figura 18. Agregados pulidos. | 41 |
| Figura 19. Huecos. | 41 |
| Figura 20. Cruce de vía férrea. | 42 |
| Figura 21. Ahuellamiento. | 42 |
| Figura 22. Desplazamiento. | 43 |
| Figura 23. Grietas parabólicas. | 43 |
| Figura 24. Grietas parabólicas. | 44 |
| Figura 25. Meteorización / Desprendimiento de agregados. | 45 |
| Figura 26. Sistema Paco Roadrecon. | 46 |
| Figura 27. Representación esquemática de los instrumentos utilizados en el Laser Road Surface Tester (RST). | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 28. Arreglo del dispositivo para la ejecución de pruebas de placa | 49 |
| Figura 29. Gráfico de deflexiones admisibles..... | 50 |
| Figura 30. Diferentes tipos de rugosidad, por alteraciones de los perfiles longitudinales y transversales | 51 |
| Figura 31. Escala de rugosidad | 52 |
| Figura 32. Esquema de un perfilógrafo de regla móvil..... | 53 |
| Figura 33. Equipo Dipstick y forma de medición. | 53 |
| Figura 34. Esquema de perfilógrafo tipo California. | 54 |
| Figura 35. Efecto del tráfico en la serviciabilidad y la capacidad estructural. | 57 |
| Figura 36. Diagrama de flujo para el diseño de mezclas asfálticas recicladas en frío..... | 67 |
| Figura 37. Diagrama de flujo para el diseño de mezclas asfálticas recicladas en caliente. | 71 |
| Figura 38. Diagrama para la combinación de pavimento recuperado y pavimento nuevo | 73 |
| Figura 39. Comparación de grados de penetración y grados de viscosidad de pavimentos flexibles (Basados en el residuo RTFOT, para los grados AR y los grados de penetración; y en el residuo TFOT para los grados AC)..... | 73 |
| Figura 40. Evaluación del pavimento existente y proyecto del refuerzo con mezclas asfálticas recicladas en caliente. | 76 |
| Figura 41. Diagrama del diseño de investigación..... | 78 |
| Figura 42. Procedimiento de la tesis. | 84 |
| Figura 43. Formato de hoja de registro para pavimento asfáltico..... | 85 |
| Figura 44. Rugosímetro de Merlín..... | 87 |
| Figura 45. Curva de flujo | 91 |
| Figura 46. Curva de valor deducido para el tipo de Falla piel de cocodrilo. | 98 |
| Figura 47. Curva de valor deducido para el tipo de Falla Grietas longitudinales y transversales | 98 |
| Figura 48. Curva de valor deducido para el tipo de Falla ahuellamientos y hundimientos..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| Figura 49. Curva de valor deducido para el tipo de Falla huecos..... | 99 |
| Figura 50. Curva de valor deducido para el tipo de Falla grita de borde | 99 |
| Figura 51. obtención de los valores deducidos corregidos..... | 100 |
| Figura 52. Histograma de frecuencias del carril derecho | 103 |
| Figura 53. Histograma de frecuencias del carril izquierdo..... | 105 |
| Figura 54. Análisis combinado de los resultados de la evaluación..... | 110 |
| Figura 55. Calicata C-5 | 111 |
| Figura 56. Calicata C-6 | 111 |
| Figura 57. Calicata C-7 | 112 |
| Figura 58. Secciones equipo de CBR | 117 |
| Figura 59. Estación de conteo. | 118 |
| Figura 60. Ábaco para el cálculo del número estructural. | 126 |
| Figura 61. Software de la Ecuación AASHTO 93..... | 127 |
| Figura 62. Calicata N° 1, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa | 131 |
| Figura 63. Calicata N° 2, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa..... | 132 |
| Figura 64. Calicata N° 3, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa | 133 |
| Figura 65. Datos climáticos de Trujillo – La Libertad, 2020..... | 137 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---------------------------------------|-----|
| ANEXO 01: GUIA DE OBSERVACIÓN 1..... | 152 |
| ANEXO 02: GUIA DE OBSERVACIÓN 2..... | 153 |
| ANEXO 03: FICHA DE RESUMEN 1. | 154 |
| ANEXO 04: FICHA DE RESUMEN 2. | 161 |
| ANEXO 05: GUÍA DE OBSERVACIÓN 3..... | 162 |
| ANEXO 06: GUÍA DE OBSERVACIÓN 4..... | 163 |
| ANEXO 07: GUIA DE OBSERVACIÓN 5..... | 164 |
| ANEXO 08: GUÍA DE OBSERVACIÓN 6..... | 165 |
| ANEXO 09: GUÍA DE OBSERVACIÓN 7..... | 166 |
| ANEXO 10: GUÍA DE OBSERVACIÓN 8..... | 167 |
| ANEXO 11: GUÍA DE OBSERVACIÓN 9..... | 168 |
| ANEXO 12: FICHA DE RESUMEN 3. | 169 |
| ANEXO 13: FICHA DE RESUMEN 4. | 170 |
| ANEXO 14: GUÍA DE OBSERVACIÓN 10..... | 171 |
| ANEXO 15: GUÍA DE OBSERVACIÓN 11..... | 172 |
| ANEXO 16: GUÍA DE OBSERVACIÓN 12..... | 175 |
| ANEXO 17: GUÍA DE OBSERVACIÓN 13..... | 176 |
| ANEXO 18: FICHA DE RESUMEN 5. | 177 |
| ANEXO 19: FICHA DE RESUMEN 6. | 182 |
| ANEXO 20: FICHA DE RESUMEN 7. | 184 |
| ANEXO 21: FICHA DE RESUMEN 8. | 185 |
| ANEXO 22: FICHA DE RESUMEN 9. | 186 |

| | |
|---|-----|
| ANEXO 23: GUÍA DE OBSERVACIÓN 14..... | 187 |
| ANEXO 24: GUÍA DE OBSERVACIÓN 15..... | 188 |
| ANEXO 25: GUÍA DE OBSERVACIÓN 16..... | 189 |
| ANEXO 26: Datos tomados para la obtención del PCI..... | 190 |
| ANEXO 27: Datos tomados con el Rugosímetro de Merlín para el carril izquierdo ... | 191 |
| ANEXO 28: Datos tomados con el Rugosímetro de Merlín para el carril derecho | 192 |
| ANEXO 29: Deflexiones medidas para el carril izquierdo..... | 193 |
| ANEXO 30: Deflexiones medidas para el carril izquierdo..... | 194 |
| ANEXO 31: Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-5..... | 195 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Cesar Vallejo, se planteó el mejoramiento de pavimentos flexibles de las avenidas en la ciudad de Trujillo. Para el desarrollo de esta investigación se realizó mediante un criterio de inclusión el cual llevó a la elección de la avenida José María Eguren; las técnicas de recolección de datos empleadas fueron la observación y análisis documental, como también los instrumentos aplicados fueron guías de observación y de fichas resumen para el análisis de datos. Como objetivo general se buscó diseñar la rehabilitación de los pavimentos flexibles en la ciudad de Trujillo, ya que el problema es que los pavimentos de la ciudad de Trujillo están terriblemente deteriorados lo cual es una gran incomodidad para los usuarios. Realizados los estudios, se obtuvo como resultados: un índice de serviciabilidad de 0.8359 que indica a pavimento muy malo, deflexiones de 86.8 mm/100 en la calzada izquierda y 78.3 mm/100 en la calzada derecha, concluyendo así que el estado de pavimento es malo y por ello es necesario la rehabilitación tipo reconstrucción total, cuyo paquete estructural tendrá los espesores siguientes: carpeta asfáltica en caliente de 7.5 cm, Subbase 15 cm, Base 20 cm.

Palabras clave: Mejoramiento, pavimentos, evaluación superficial, evaluación estructural.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in Trujillo, at the Cesar Vallejo University, the improvement of flexible pavements of the avenues in the city of Trujillo was proposed. For the development of this research, an inclusion criterion was used, which led to the selection of José María Eguren Avenue; the data collection techniques used were observation and documentary analysis, as well as the instruments applied were observation guides and summary sheets for data analysis. The general objective was to design the rehabilitation of flexible pavements in the city of Trujillo, since the problem is that the pavements in the city of Trujillo are terribly deteriorated, which is a great inconvenience for users. The results of the studies were: a serviceability index of 0.8359 which indicates a very bad pavement, deflections of 86.8 mm/100 on the left roadway and 78.3 mm/100 on the right roadway, thus concluding that the pavement condition is bad and therefore it is necessary a total reconstruction type rehabilitation, whose structural package will have the following thicknesses: 7.5 cm hot asphalt binder, 15 cm subbase, 20 cm base.

Keywords: Upgrading, pavements, surface evaluation, structural evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

Hoy en día, en el mundo podemos encontrar diferentes vías de transporte vehicular en su mayoría pavimentadas, estas vías incluyen un pavimento flexible el cual presenta un diseño para un periodo de vida útil de 20 años; en su estructura contará con la presencia de 4 capas, como vienen a ser: sub rasante, subbase granular, base granular y una superficie de asfalto. Al transcurrir los años esta última capa mencionada del pavimento comienza a presentar deterioros, debido a la presencia del tráfico elevado y de sus cargas aportadas, la cual se evidencia en la presencia de diferentes tipos de fallas como por ejemplo la presencia de fisuras, surcos, desintegración del pavimento, deformaciones superficiales. Para todo lo antes mencionado se debe de realizar una estrategia de mantenimiento o en un segundo caso una rehabilitación del pavimento flexible para así preservar o alargar el servicio de su vialidad existente, de acuerdo a la condición que presentaría este pavimento. (Kang-Won, Kathleen y Syed, 2017)

En Estados Unidos, se ha podido identificar un gran aumento de transporte vehicular, como camiones, remolques entre otro tipo de vehículos pesados, por lo tanto, esto provoca un aumento en la presencia de daños de las principales carreteras de este país; debido a lo mencionado los estados tienen problemas al momento de realizar un adecuado mantenimiento o rehabilitación de pavimentos de estas carreteras. En todo caso se ha estado evaluando diferentes materiales que se incorporarán en el método de rehabilitación. (Kang-Won, Kathleen y Syed, 2017)

En la India, se viene implementando diferentes métodos para la rehabilitación de pavimentos flexibles, hoy en día integran la aplicación del método Analytic Hierarchy Process (AHP), el cual viene a ser una herramienta de naturaleza subjetiva muy importante al momento de elegir la alternativa más adecuada para una rehabilitación o mantenimiento de todo un tramo del pavimento, en este método se considera el tráfico, aspectos climáticos y físicos. (Sarfaraz, P. Vedagiri y KV Krishna, 2017)

Por otro lado, al momento de realizar una rehabilitación del pavimento flexible, existen diferentes métodos y técnicas, una de estas es emplear el uso de geosintéticos; como hoy en día se viene dando en Costa Rica, pues se ha hecho muy común el empleo de este producto; una desventaja que se presenta en esta implementación es la falta de conocimiento sobre el comportamiento mecánico que se desarrolla entre estos tipos de materiales, y sumarle que en este país no existe aún una especificación técnica o normativa que indique una buena aplicación de geosintéticos en la rehabilitación de un pavimento. (Solano, 2016)

La rehabilitación de un pavimento flexible en una carretera mejora considerablemente el servicio de vialidad provocando un menor costo de agencia y de usuario; de esta manera en el Perú se desea preservar una óptima utilidad de este servicio. Se debe tener en cuenta que en nuestro país la rehabilitación de un pavimento en las carreteras está dirigida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el cual busca la integración tanto económica, social y cultural de todos los Pueblos. (Alcocer, 2018)

Hoy en día las vías urbanas pueden verse en un deplorable estado tanto superficial como estructural, tal es el caso de Chiclayo, en el cual la falta de una buena gestión para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles y si a esto le sumamos los daños provocados por el Fenómeno del Niño Costero en los pavimentos, pues agravaría aún más la conservación de estas vías. (Mercedes, 2019)

En la ciudad de Trujillo, las vías urbanas presentan fallas que saltan a la vista de los peatones y especialmente una baja serviciabilidad que estas vías deben de brindar a los usuarios, tanto en el confort, como en la calidad de transitabilidad. Para esto se están ejecutando varios proyectos de rehabilitación de los pavimentos flexibles, pero con un elevado costo de inversión.

Hablando de la normativa vigente, el órgano rector que se encarga de controlar el mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible a nivel nacional es el MTC, que, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, elabora, mantiene actualizado y aprueba los manuales para la gestión de la

infraestructura vial; que a través de la Resolución Directoral N° 30 – 2013-MTC/14, aprueba el Manual de Carreteras-Mantenimiento o Conservación Manual, así mismo recalcaremos que todo lo indicado en este manual está basado en las normas de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

(Sarfraz, Vedagiri, Krishna, 2017) Proponen un método Analytic Hierarchy Process (AHP) que es muy usado, pero será evaluado de manera objetiva para así tener en cuenta la condición física cuantitativa real y proponer el proceso de rehabilitación de pavimentos flexibles adecuado. Estudiaron 28 tramos de carretera de una red de carreteras en la ciudad de Mumbai y con los resultados obtenidos, al comparar con la solución que arrojó el método de Pavement Condition Index que fue usado en los mismos tramos; resolvieron que el método Analytic Hierarchy Process (AHP) basado en objetivos es el más adecuado para proponer un mejor proceso de rehabilitación de una carretera.

(Subhi, Hesham y Turki I, 2017) Desarrollaron un sistema de Gestión de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos flexibles (PMMS); usaron el software de nombre PAVER y el software GIS, creando así una completa base de datos y capas de mapas; aunque faltó una estrategia sistemática, pudieron obtener una muy buena base de datos.

(Macea, Márquez y Morales, 2016) Propuso un sistema que involucre nuevas tecnologías, en el cual empleó un vehículo equipado con dispositivos para el inventario de daños y una plataforma web, que pueden ir registrando los deterioros y la localización de estos; todos estos datos ayudarán a poder tomar una mejor decisión para una rehabilitación de pavimentos en el marco de una inversión pública.

Existen diferentes métodos para identificar las fallas que puede presentar un pavimento, lo importante es poder realizar el estudio de una manera objetiva al momento de definir los deterioros; por otro lado tener un conocimiento amplio al momento de proponer la rehabilitación, ya que existen varias técnicas y materiales a emplear en una rehabilitación; así mismo poder emplear una gestión efectiva que permita definir un proceso adecuado en la rehabilitación del

pavimento, disminuyendo en costos y con mejores resultados.

En la ciudad de Trujillo, actualmente, se vienen realizando diferentes proyectos de mantenimiento y rehabilitación de diferentes avenidas. Tal es el caso de la obra ejecutada en el marco del contrato “Servicio de Imprimación y Colocación de Carpeta Asfáltica en Caliente para el Mantenimiento de la Transitabilidad vehicular en la Avenida Larco Herrera tramo entre av. Huamán y av. Fátima, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo - La Libertad”. La ejecución del servicio estuvo a cargo de la empresa contratista Genesis Contratistas Generales S.A.C. con RUC N° 20481456712, con domicilio legal en la Calle Julio C. Tello N° 511 Urb. Chimú, Distrito y Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. En el cual se colocó una imprimación de carpeta asfáltica con MC – 30 en una superficie de 8380 m², mediante riego de liga de asfalto diluido del tipo “cutback” sobre la superficie de una base no asfáltica y la reposición de carpeta de asfalto en caliente con un espesor de 2” en una superficie de 8380 m², de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente y construida sobre una base granular con espesor de 0.20 m.

Por otro lado, esta empresa contratista Genesis Contratistas Generales S.A.C. ejecutó la obra que marca en el contrato como “Servicio de Colocación de Slurry Seal para el Mantenimiento de la Transitabilidad Vehicular en la Avenida Víctor Larco Herrera tramo entre Av. Huamán y Av. Fátima, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo – Departamento de La Libertad”; esta investigación consistió en el suministro y puesta de una mezcla que estará conformada por emulsión asfáltica de rotura controlada del tipo CQS-1HP, además agregado mineral, aditivos específicos y agua, los cuales serán mezclados y esparcidos de manera uniforme sobre un área de 10832 m², regularizadas denominada Slurry Seal.

Otra obra realizada en la ciudad de Trujillo es la que indica el contrato como “Servicio de Mantenimiento de la Transitabilidad Vehicular en el Territorio Vecinal 48 de la Urbanización las Quintanas IV Etapa, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo – La Libertad”, fue ejecutada por la empresa CIA Constructora Morales S.A.C. con RUC N° 20477237798, ubicado en la Calle Las Esmeraldas N° 600 Asentamiento Humano La Verónica, Distrito de la Esperanza, Provincia de

Trujillo, Departamento de La Libertad; en el cual, se ejecutó la reposición de 730.42 m² de una carpeta empleando pavimento asfáltico en frío en parches con un espesor de 2 pulgadas y la colocación de 11115.74 m² de slurry seal con un espesor de 10 mm.

En nuestro país, son muy pocas las vías de transporte donde podemos encontrar en buen estado de conservación; en el lugar que nos encontremos es evidente la carencia de un adecuado mantenimiento, y si a esto le añadimos los factores que provocan un acelerado deterioro en estos pavimentos, tales como el aumento poblacional que involucra una mayor carga de tránsito vehicular, fenómenos climáticos como son las elevadas y bajas temperaturas que se pueden presentar en nuestras ciudades, sumándose a estos el Fenómeno del Niño Costero, lo cual trajo consigo lluvias y huaycos que por su intensidad dejaron en una condición deplorable nuestras avenidas y carreteras; otro factor que interviene en este deterioro es el proceso constructivo de un pavimento el cual no fue el adecuado ya sea por emplear materiales no adecuados o por la mala gestión de la empresa al momento de construir las vías de transportes.

En el caso de la ciudad de Trujillo podemos encontrar pavimentos terriblemente deteriorados donde no se presenta ninguna intención de rehabilitación, provocando una gran incomodidad en los usuarios ya sea en transporte público o privado, afectando en los costos de operación como vienen siendo el consumo de combustible, desgaste de llantas y el mantenimiento de los vehículos.

Existen diferentes causas que ocasionan múltiples deterioros en el pavimento flexible ya sea a nivel de superficie, como también en su estructura; entre las principales causas, estas pueden ser por el inapropiado uso de materiales de conformación; por ejemplo, un ligante inadecuado, agregado pétreo que no presente adherencia o afinidad con el ligante y también la presencia de áridos redondeados. También tenemos causas que se deben por un mal proceso constructivo; estas pueden ser, un esparcido irregular del ligante, emplear agregado sucio con presencia de polvo, una mala limpieza antes de realizar el tratamiento superficial, exceso del ligante en la dosificación a emplear,

así mismo uso de agregados con tamaños inadecuados y con una mala distribución granulométrica, a su vez realizar una mala compactación en la base y sub base que son parte del paquete estructural del pavimento. Por otro lado, a través del tiempo de servicio se presentan causas externas como pueden ser agentes climatológicos, una elevada carga vehicular, un continuo frenado de vehículos pesados debido a la presencia de intersecciones, también la circulación de vehículos que tengan llantas deterioradas, incluso con presencia de alambres o clavos. Por otro lado, la falta de interés de las autoridades responsables para ejecutar un adecuado estudio de estos tramos, para así tener una base de datos general con la ubicación y magnitud de estas fallas y así poder realizar una adecuada selección del proceso de mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial.

El propósito del presente trabajo, es realizar en primera instancia un adecuado estudio a diferentes tramos de las vías de transporte en nuestra ciudad, identificando la condición superficial y estructural actual en la que se encuentra el pavimento, mediante las pautas que nos indica el método de Pavement Condition Index (PCI) y luego de procesar los datos obtenidos, proponer según los diferentes manuales, normas y los estudios realizados, un proceso de rehabilitación adecuada, la cual debe cumplir con los criterios de diseño y optimización de costos para así minorar la presencia de estas fallas en nuestra red vial.

Al no realizar la propuesta del proyecto; las diferentes autoridades locales como regionales seguirán presentando falta de conocimiento del estado crítico en el que se encuentra la red vial de la ciudad de Trujillo, y también no contarán con una alternativa adecuada para poder ejecutar una conveniente rehabilitación de la estructura y superficie del pavimento, reduciendo así en costos de operación, tiempo y sobre todo contaminación del medio ambiente. Por lo consiguiente, seguirá siendo un gran problema para todos los usuarios de las diferentes avenidas, ya que se seguirán presentando accidentes, que podría ser producto de las diferentes fallas como son los hundimientos, deslizamientos, entre otros y hasta pérdidas económicas por mantenimiento y reparación de

vehículos de todos los estudiantes.

1.2 Planteamiento del problema.

¿Cuál es el mejoramiento de pavimentos flexibles en la avenida José María Eguren, Trujillo, 2021?

1.3 Justificación

En la ciudad de Trujillo se observan avenidas pavimentadas que a gran porcentaje se encuentran en una pésima situación, afectando a los usuarios ya sea en comodidad, seguridad y también en su economía. Se pueden registrar trabajos de rehabilitación de pavimentos flexibles en algunas avenidas, las cuales no se desarrollan de manera eficiente ya que presentan fallas en un corto tiempo y debido al tiempo exagerado que demoran estos tipos de obras, afectan en la circulación vial habitual, generando molestia e inconformidad entre los usuarios. Por otro lado, hay muchas avenidas que prácticamente están en el olvido, empeorando su estado con el pasar del tiempo sin presencia de algún interés por parte de las autoridades responsables; para ello esta investigación sirve como propuesta de rehabilitación de los pavimentos flexibles en las distintas avenidas en la ciudad de Trujillo, teniendo en cuenta su desempeño funcional y estructural de estos, alargando la vida de servicio de la viabilidad existente, garantizando una accesibilidad y transitabilidad segura y cómoda para los usuarios y de esta manera se logrará dar una alternativa de solución adecuada en la rehabilitación de pavimentos flexibles, a través de un estudio integral del estado en el que se encuentran las avenidas de la ciudad de Trujillo y el diseño para su rehabilitación, el cual cumplirá con todos los criterios y requisitos técnicos que exigen las diferentes normas y reglamentos vigentes que enmarcan a la infraestructura vial de nuestro país. Directamente este proyecto sirve para los gobiernos locales, gobiernos regionales y/o empresas que están dentro del rubro de la ingeniería vial, con el cual podrán ejecutar una obra de rehabilitación teniendo un mejor proceso constructivo disminuyendo costos y con mejores resultados; por otro lado, tenemos a los usuarios, que serán los beneficiarios indirectos, que al ser ejecutadas estas obras, podrán transitar por una vía que no presentará irregularidades, logrando un transporte cómodo, seguro y económico.

Para ello haremos uso de la teoría existente que nos brinda la guía AASHTO, comúnmente usado en el diseño de la estructura de un pavimento, ya sea en una construcción nueva o reconstrucción; aunque es una guía desarrollada en Estados Unidos, sirve de guía para muchos países. Se usará la norma Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) D6433-07 Pavement Condition Index (PCI), el Manual de Carreteras suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – R.D.N°10 – 2014 – MTC/14 y las Normas de Pavimentos Urbanos (RNE CE.010, 2010); que nos brinda el MTC; y con ello, diagnosticar en primer lugar la severidad y cantidad de fallas que presentan los pavimentos de las distintas avenidas, y luego, realizar estudios previos como topografía, estudio de suelos, hidrología y tránsito, establecer y proponer una alternativa que albergue los diferentes parámetros que se necesita en el diseño de una determinada rehabilitación de pavimentos flexibles reduciendo su costo y tiempo de obra. Existirán 2 niveles, el primero será de contacto directo, se evaluará la condición funcional y estructural en la que se encuentran las avenidas, identificando visualmente los daños según su clase, severidad y extensión, utilizando fichas de recolección de datos. El estudio se realizará sobre unidades de muestra, que serán seleccionadas por tipo de vía y por carpeta de rodadura, en el cual se aplicará las normas ASTM D6433-03 Pavement Condition Index (PCI), que nos indica el procedimiento ya estandarizado para la inspección de la condición de un pavimento y así, poder determinar un grado numérico de 0 a 100, el cual 0 es la peor condición y 100 una óptima condición. Se hará uso de hojas de datos necesarias para tener un registro de campo que va a contener: fecha, ubicación, progresiva, sección, dimensiones de la muestra en estudio, tipo de fallas, niveles de daño; también se usará un odómetro manual con lectura aproximada de 30 mm, regla metálica de 300mm, escala de 300 mm que lea hasta 3 mm, winchas y cámara fotográfica. Luego se realizará una evaluación estructural en los segmentos que presenten una deficiente regularidad superficial; se realizará un ensayo que va a medir las deformaciones en dichos pavimentos cuando se presenten cargas, para esta evaluación se realizarán mediciones de la deflexión en campo bajo la aplicación de una carga estándar;

el informe incluirá la abscisa de la prueba, el estado actual de la superficie, desniveles, longitud de radio de curvatura y temperatura del pavimento; como te lo indica la norma ASTM D4695; para este estudio se usará el equipo Viga de Benkelman. El segundo nivel será ya un trabajo de gabinete, teniendo la caracterización de la estructura existente; se planteará un diseño final de rehabilitación por lo que se tendrá en cuenta las diferentes variables que vienen a ser el tránsito, serviciabilidad, confiabilidad, número estructural, entre otras.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el mejoramiento de pavimentos flexibles en la avenida José María Eguren, Trujillo, 2021

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1 Recopilar la información del diseño de pavimento actual de la avenida José María Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 2. Determinar la condición superficial del pavimento de la avenida José María Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 3. Determinar la condición estructural del pavimento flexible en la avenida Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 4. Realizar los estudios topográficos de la avenida Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 5. Realizar los estudios geotécnicos de la avenida Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 6. Realizar los estudios hidrológicos de la avenida Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 7. Calcular el estudio de tráfico de la avenida Eguren, Trujillo, 2021

O.E. 8. Determinar los parámetros de diseño del pavimento de la avenida Eguren, Trujillo, 2021.

O.E. 9. Elaborar el diseño estructural del pavimento flexible, de la avenida Eguren, Trujillo, 2021.

O.E.10. Realizar el estudio de costos de la rehabilitación de la avenida Eguren, Trujillo, 2021.

1.5 Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El mejoramiento de los pavimentos flexibles, se realizará mediante el Manual PCI - ASTM D6433, norma AASHTO 93, Manual DG – 2018 en la avenida Eguren, Trujillo 2021.

II.MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

“Estudio definitivo mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial en el jr. Lambayeque de la ciudad de Juliaca, provincia de san Román – Puno”

(Pari, 2017) Desarrolló el estudio definitivo de la infraestructura vial del jirón Lambayeque, Juliaca, provincia de San Román, Puno para dar propuesta a una mejora y rehabilitación de dichos pavimentos (p.21). La metodología de este trabajo fue hacer los estudios ingenieriles, como hacer la topografía, estudio de tráfico, diseño geométrico y estructural del pavimento utilizando los métodos AASHTO 1993 e Instituto del Asfalto, señalización y propuesta de dispositivos de control, el drenaje y el estudio de Impacto Ambiental (p.31). De acuerdo con los estudios realizados, se obtuvo como resultados que los pavimentos presentan fallas estructurales, así también se obtuvo los indicadores empleados en el diseño, basándose en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005 y el Manual de Diseño Geométrico DG 2013, y los espesores de las capas del pavimento según el método AASHTO 93, obteniendo espesores: Capa de rodadura: 3”, Base granular: 0.20 m, capa sub base granular: 0.20 m y una sub rasante de 0.30 m. Se concluye que de acuerdo al estudio realizado en la evaluación de los pavimentos existentes según el método de las deflexiones, se obtuvo mediante la viga de Benkelman valores superiores a $76\text{mm} \times 10^{-2}$, lo cual indica la existencia de fallas estructurales en la carpeta de rodadura y esto conlleva a la realizar una rehabilitación en estos. (p.186)

Esta tesis nos brinda un aporte guía de cómo realizar de manera adecuada la evaluación del estado de los pavimentos flexibles a través de la viga Benkelman, como también nos explica la metodología a seguir para determinar los espesores del pavimento para la posible rehabilitación de los pavimentos que presentan fallas estructurales.

“Evaluación de la condición del pavimento asfáltico en la avenida Los Frutales distrito de La Molina – Lima, por medio del método PCI y propuesta de alternativa de rehabilitación”

(Alcocer 2018) Determinó el estado de los pavimentos flexibles de la avenida Los Frutales, La Molina; empleando el método PCI y se propuso una alternativa de solución. (p.4). Para esta investigación se aplicó el método Pavement Condition Index (PCI) en el tramo desde la avenida Javier Prado hasta la avenida Separadora Industrial, tomando dicho tramo por ser el más desfavorable por la transitabilidad de vehículos pesados y post a ello se dio una alternativa de rehabilitación (p.92). Los resultados de las unidades de muestra obtenidos en la evaluación fue un PCI promedio igual a 39.5, lo que indica que el estado del pavimento flexible está entre regular y malo. (p.110) Se concluyó debido al resultado obtenido de la evaluación del pavimento que por su estado más desfavorable se indica un estado MALO y se recomendó tomar acciones de rehabilitación, reemplazando la superficie de rodadura (p.117)

El aporte que podemos obtener de esta investigación es los rangos de valores de PCI para la evaluación o calificación del estado actual de los pavimentos flexibles y con el uso de la curva típica de deterioro de un pavimento saber el tipo de intervención que se debe realizar, como también saber la metodología a seguir al aplicar el método PCI.

“Diseño y rehabilitación de la estructura de pavimento de un tramo de la vía terciaria Coello a la vereda Llano de la Virgen, localizada en el municipio de Coello – departamento del Tolima”

(Méndez & Ramírez, 2017) Se elaboró el diseño de rehabilitación del pavimento flexible en un tramo de la vía terciaria Coello Llano de la Virgen, Tolima; como también se hizo el diagnóstico del estado del pavimento mediante el empleo del método Vizir. (p.5) La metodología usada en este trabajo de investigación se rige en la Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. (p.18) De

acuerdo a la evaluación superficial nos indica que el tramo en estudio se encuentra en un estado regular, por lo que se requiere un tratamiento de rehabilitación de mediana intensidad, según la evaluación estructural indica que las deflexiones encontradas fueron mínimas, lo que conlleva a un reemplazo de capa asfáltica; el grosor de la sobre capa asfáltica es de 7 cm, la cual se obtuvo mediante el método mecanístico y la ayuda del programa CEDEM. (p.19) De acuerdo a las evaluaciones tanto funcional como estructural se puede concluir que, por la presencia de fisuras longitudinales, piel de cocodrilo, pérdida del ligante, entre otros se determina que el tramo de carretera se encuentra en un estado REGULAR y se necesita una rehabilitación, para este caso una sobrecapa de 7 cm (p.64).

El aporte de esta investigación es muy importante, ya que no brinda una nueva metodología a emplear tanto para la evaluación del pavimento con el método VIZIR como para el diseño de este, haciendo uso del software CEDEM, lo que no es muy común aplicar en nuestro país.

“Priorización de los tramos de mantenimiento del pavimento mediante objetivo proceso de jerarquía analítica basado”

(Sarfaraz, Vedagiri y KV Krishna, 2017). Determinaron los parámetros de modelado como son el índice de la condición del pavimento, tipo de carretera y volumen de tráfico en la ciudad de Teherán (p. 159) la metodología usada por los autores fue la aplicación del método AHP, en el cual se estimaron factores de rehabilitación del pavimento como son la condición del mismo, el tipo de carretera, el tránsito vehicular y los costos de mantenimiento. (p. 159) Se encontraron a través de la evaluación del pavimento con un instrumento de escáner láser terrestre las fallas como baches, piel de cocodrilo, parches y desmoronamientos (p.169) Se concluyó que la metodología empleada fue rescatable ya que sintetiza el trabajo de campo al analizar las fallas con un software. (p. 169)

El aporte que nos deja este trabajo es conocer una nueva metodología para determinar las fallas como es el láser terrestre, el cual es un procedimiento el

cual te brinda de manera objetiva y más precisa, siendo estos datos de fallas más confiables.

Esta investigación nos brinda un gran aporte para la rehabilitación de pavimentos flexibles con sobre capa asfáltica cuando se utilizan geosintéticos, en caso se requiera utilizar esta técnica de rehabilitación, ya que nos brinda una ecuación predictiva para poder calcular la dosificación de ligante asfáltico.

“Diagnóstico de la transitabilidad vial y propuesta del diseño estructural del pavimento en las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo – Trujillo - La Libertad”

(Albino & Cisneros, 2017) Realizó un diagnóstico de transitabilidad y determinó las dimensiones más adecuadas de las capas que forman parte de la estructura del pavimento en las calles 5 y 9 del C.P Alto Trujillo, El Porvenir, La Libertad, basándose en el método AASHTO 93. (p.3) Para esta tesis se realizaron los criterios recomendados en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, 2014; y para calcular los parámetros de la estructura del pavimento se basó en el método AASHTO 93 (p.30) Se obtuvo como resultado un número de ejes equivalentes igual a 7.94×10^5 para la calle 5 y 9.31×10^5 para la calle 9, dichos valores se utilizaron para determinar los espesores de las capas del paquete estructural mediante el método AASHTO 93, dando como resultados: Capa Asfáltica: 5 cm, Base Granular: 20 cm y Sub base Granular : 15cm. (p.50) Se concluyó que existe un punto crítico de tránsito vehicular en las calles 5 y 9 entre las horas 6 am y 2 pm, siendo horas donde hay congestionamiento, ya que existen instituciones educativas, centros de salud, entre otros. También se calculó los espesores de las capas del paquete estructural: Capa Asfáltica: 5 cm, Base Granular: 20 cm y Sub base Granular: 15cm. (p.54)

El aporte de este proyecto nos da un alcance de guía a seguir al aplicar el diseño estructural de los pavimentos flexibles según el método AASHTO 93, como calcular las dimensiones de los espesores de las capas estructurales de la carretera, en el caso se necesite de una reconstrucción de pavimento.

“Evaluación de la transitabilidad vial y diseño del pavimento flexible en el sector Virgen del Socorro- Trujillo- La Libertad”

(Rodríguez & Tamayo, 2019) Se realizó el estudio de transitabilidad vial y el diseño de pavimento en las calles Cesar Abraham y Ricardo Palma, Virgen del Socorro, para contribuir con la comodidad de los pobladores del sector. (p.3) Para el desarrollo de esta investigación se realizó a siguiente metodología: Con la finalidad de conocer a detalle la orografía de las calles en estudio del sector Virgen del Socorro se realizó el estudio topográfico, siguiente a ello se procedió al estudio de transitabilidad vial, luego mediante 4 calicatas se hizo el estudio de las características del suelo y así con el método AASHTO 93 obtener el diseño del pavimento para este sector. (p.22) Según los estudios realizados se obtuvo como resultados que la topografía del sector es semiplana y tiene un IMDA igual a 1432 veh/día, en el caso del estudio de las características del suelo se determinó un CBR promedio que indica una subrasante de categoría BUENA, llegando así a través del método AASHTO 93 al diseño del pavimento con los espesores siguientes: Sub base 6”, Base 8” y una carpeta asfáltica de 2” de espesor. (p.23) Se encontró un CBR óptimo, clasificando al suelo como de buena calidad y una topografía semi plana, lo cual no es necesario la existencia de curvas verticales y un pavimento flexible diseñado de acuerdo a la metodología AASHTO 93 con los espesores mencionados anteriormente. (p.50).

La presente investigación nos aporta datos referenciales a nivel local para el diseño de pavimentos flexibles de nuestra investigación a realizar en la ciudad de Trujillo, lo que nos será de gran utilidad ya que tendremos referencia aproximada del tipo de suelo en nuestra ciudad.

“Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017.”

(Escobar & Huincho, 2017) Se determinó la incidencia de los parámetros de diseño en el deterioro de los pavimentos, para la determinación de factores de

diseño precisos del pavimento flexibe en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica. (p.2) La metodología a emplear es la aplicación del método científico durante el estudio, se calculó el IMD para el periodo 2017 - 2037, se hizo el cálculo de CBR promedio y a través del software PYTON se obtuvo un diseño de pavimento referencial, teniendo presente la metodología AASHOTO 93 para comparaciones de los diseños y poder predecir los parámetros influyentes en el deterioro de los pavimentos. (p.27) Se obtuvo como resultados después del estudio un IMD de 467 veh/día lo cual indica un incremento con respecto al año 2006, el CBR promedio obtenido fue de 7.2 % clasificándolo según el Manual de Carretera de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos como un suelo REGULAR; también se encontró una carpeta de 4” de espesor, que por las fallas es notorio que debió ser de un mayor espesor. (p.30) Se llegó a concluir que los parámetros como el IMD, CBR y ESAL influyen directamente en la causalidad de las fallas o deterioro en los pavimentos flexibles. (p.139)

El aporte de esta investigación es que nos brinda una idea de cómo es la influencia de cada parámetro de diseño de los pavimentos flexibles, y así tener noción al momento de calcular cada parámetro y posterior a ello elaborar el diseño del pavimento y evitar así fallas tempranas o una vida útil del pavimento corta.

“Utilización de Ultra-Thin Whitetopping como método de rehabilitación de pavimentos asfálticos en la ciudad de Tacna”

(Ureta, Young, 2018) Se propuso como método eficiente y definitivo de rehabilitación para pavimentos flexibles en el distrito de Tacna al método Ultra – Thin Whitetopping (p.22) La metodología realizada es el uso del método Ultra – Thin Whitetopping para establecer el diseño de la rehabilitación del pavimento existente guiándose de las metodologías AASHTO, ACPA y PCA. (p.37) Se obtuvo resultados que cumplen con los requisitos del diseño, teniendo así menores costos en materiales y mano de obra. (p.102) Se concluye que el método Ultra – Thin Whitetopping es una opción además de

viable, sumamente sostenible de rehabilitación de las vías en estudio. (p.124). El aporte de este proyecto es la presentación del método Ultra – Thin Whitetopping como una nueva metodología de rehabilitación para nosotros, la cual es una buena opción a emplear ya que viendo los resultados de la tesis nos da resultados viables y sostenibles, que en la actualidad son factores que se deben tener en cuenta.

“Estudio de tráfico para el diseño del pavimento flexible en avenida Prolongación Unión, distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2019”

(Alarcón & Alarcón, 2019) Se logró determinar el tráfico actual y futuro para el diseño de pavimento flexible de la avenida Prolongación Unión, Trujillo. (pag.10) Se utilizó dos técnicas para la recopilación de datos, la observación y encuestas para poder recolectar datos y seguido a ello procesar los datos y con la estadística descriptiva calcular el tráfico. (pag.29) Se obtuvo como resultado al conteo de tres días continuos de 24 horas, un resultado de 96% que son vehículos ligeros, determinando un IMDA igual a 19 806 vehículos. (pag.32). Se determinó el tráfico actual para el diseño del pavimento flexible de la avenida Prolongación Unión equivalente a un IMDs de 18 804 vehículos diarios, llegando a la conclusión que es una avenida colectora. (pag.36).

El aporte rescatable de esta tesis es que nos explica la metodología a seguir para el cálculo muy importante para nuestra tesis como es el caso de la dimensión estudio de tráfico, además que es una tesis que se realizó en la misma ciudad de la muestra en estudio que se busca estudiar, Trujillo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento flexible

Es una estructura que por lo regular está compuesta por un suelo de fundación conocido como subrasante y a su vez sobre ésta, irán superpuestas las capas que conforman al paquete estructural, las cuales cumplirán con la función de distribuir las cargas que llegan a la sub rasante desde la superficie. Existen ocasiones en la cual la capa de subbase y base se deberán realizar una

estabilización para así maximizar su empleo. (AASHTO 93).



Figura 1. Capas del paquete estructural del pavimento flexible.

Fuente. Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible.

2.2.2. Componentes estructurales del pavimento

a. Subrasante

Se conoce también como suelo de fundación preparado el cual puede ser una capa de suelo de fundación, como también de material de préstamo que ha sido seleccionado y compactado hasta llegar a una densidad específica esperada, la cual va a resistir todos los esfuerzos que serán transmitidos a través de la estructura del pavimento. (AASHTO 93).

b. Subbase

La capa de subbase viene a ser una parte del paquete estructural, que está ubicada entre la subrasante y la capa de base. Se trata de un material granular que será compactado y que puede ser tratado con un aditivo adecuado. Por otro lado, se diferencia del material que se usa en la base por las especificaciones técnicas que son menos estrictas. Cabe recalcar que en algunos casos por motivos económicos se puede omitir la subbase, pero teniendo en cuenta que el material empleado en la subrasante debe ser de una alta calidad. (AASHTO 93).

c. Base

Es la parte de la estructura que se construye sobre la subbase y en todo caso si esta no se encuentra, se ubicará sobre la subrasante. A su vez esta capa se

ubica inmediatamente en la parte inferior de la capa de superficie de rodadura. Los materiales que serán necesarios en la conformación de la base serán piedra y grava chancada, arena e incluyendo escoria chancada. Las características de los materiales de la base deberán ser definitivamente más estrictas que los requisitos que deben cumplir los materiales de la subbase. (AASHTO 93)

d. Carpeta superficial

Se conoce también como carpeta asfáltica, la cual está constituida por materiales bituminosos que serán mezclados con agregados minerales e irá ubicada sobre la parte superior de la base. Viene a ser la capa que se mantiene en contacto directo con el tránsito de los vehículos, por lo cual debe ser diseñada para que resista todas las fuerzas abrasivas que se presenten, brindando una superficie de manejo uniforme que ofrezca una alta resistencia al patinaje. (AASHTO 93).

2.2.3. Proceso constructivo de los componentes estructurales de un pavimento flexible

2.2.3.1. Proceso constructivo de la capa subrasante

Su proceso constructivo reside en una secuencia de operaciones que se deben realizar con anterioridad, lo cual es fundamental para realizar una adecuada colocación del material a utilizar para la conformación de la capa de la sub base que ira sobre el suelo de fundación preparado. (Bonett, 2014).

a. Escarificación y homogenización de la subrasante

Se busca que la superficie del suelo en toda su longitud, alcance una condición suelta, esto se logrará con la ayuda de un tractor de orugas o también con escarificadores de gradas o discos, con lo cual se procede a disgregar toda la superficie que abarcará la vía. Por otro lado, se utilizarán rastrillos extractores que están formados por varios dientes curvos y que irán remolcados por una motoniveladora para realizar la eliminación de los componentes gruesos. Esta eliminación se efectúa en dos partes, inicialmente se emplea de 7 a 9 dientes, los cuales separan los elementos de 10 cm a 25 cm que vienen a ser los más gruesos y finalmente se extraen las gravas medias que son mayores a 5 cm con la ayuda de 15 a 18 dientes. (Bonett, 2014).



Figura 2. Escarificado de la sub rasante.

Fuente. Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible.

b. Humectación del suelo subrasante

Se realiza en caso el material se encuentre muy seco, entonces se procede a humedecer bajo un sistema de riego tradicional, en el cual emplearan aspersores que humedecerá el suelo uniformemente hasta llegar a un margen de ± 2 % con respecto a la humedad óptima que se debe de emplear en la compactación. (Bonett, 2014).



Figura 3. Humedecimiento de la subrasante.

Fuente. Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible.

c. Compactación de la subrasante

Con la ayuda de una motoniveladora se debe ejecutar una previa nivelación hasta alcanzar la altura necesaria de la capa de subrasante. La compactación se

realizará con un rodillo compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio; cabe recalcar que, esto se realiza dependiendo del tipo de material que estamos empleando. Luego se realiza la respectiva verificación del trabajo realizado, en el cual no debe de presentar deformaciones, y en todo caso la presente se debe corregir inmediatamente. (Bonett, 2014).

d. Recepción de la capa subrasante

Se debe considerar una subrasante terminada y lista para la recepción, al cumplir todos los parámetros que van detallados en las especificaciones técnicas. Estas serán: (Bonett, 2014).

- El grado de compactación.
- El espesor de la capa compactada.
- Calidad del material

2.2.3.2. Capa de subbase

a. Escarificación del material que protege a la subrasante

Se coloca sobre la subrasante un material que antes será escarificado con una motoniveladora y un escarificador que debe poseer dientes fijos, con un espesor y largo suficiente para realizar un trabajo total y uniforme, luego se mezclará con el nuevo material hasta encontrar una total homogenización. (Bonett, 2014).

b. Colocación y distribución del material subbase

Debemos de tener en cuenta que el espesor de la capa de subbase no debe exceder los 20 cm, ni ser menor de 10 cm, si se presentara el caso de colocar un mayor espesor, se debe realizar la colocación en varias capas. El material granular no debe de segregarse al momento de su colocación en la superficie de la subrasante. La humedad al ser esparcido debe ser de ± 2 % con respecto a la humedad óptima para así ser compactado de una manera adecuada. Se hace uso de un equipo que puede ser un finisher o también una motoniveladora. (Bonett, 2014).

c. Compactación y recepción de la capa subbase

Se usa un compactador mecánico como rodillo liso o también se puede optar por otro equipo que sea aprobado y que cumpla con las especificaciones técnicas de construcción. Se debe ejecutar la compactación de manera reguada, iniciando en

los extremos hasta llegar al centro y en caso que se presenten curvas el compactado será desde el borde interior hacia el exterior, con este proceso se debe alcanzar la densidad deseada según las especificaciones. Se debe cumplir con todo lo requerido en las especificaciones técnicas; estas serán: Grado de compactación, espesores de capas, calidad de los materiales de conformación y verificación de niveles de la superficie de la capa de subbase. Al haber sido aprobado la recepción, para proteger esta capa de posibles lluvias que se pueden presentar, se debe preparar una capa protectora con un espesor de 10 cm. Lo cual debe de prepararse con un material que ha sido seleccionado para la capa de base. (Bonett, 2014).

2.2.3.3. Capa de base

a. Escarificación del material de protección de la base

El material de protección deberá ser escarificado para luego con el nuevo agregado que conformará la capa de base, poder ser mezclado y homogenizado. Los equipos a usar serán una motoniveladora y un escarificador que debe de contar con dientes fijos, un espesor y largo suficiente que pueda realizar un escarificado total y uniforme. (Bonett, 2014).

b. Colocación y distribución del material base

El grosor de la capa no debe de ser mayor de 20 centímetros ni menor a 10 centímetros y en todo caso se presente un mayor espesor, se debe colocar en varias capas. El material se colocará evitando su segregación y se debe esparcir con un porcentaje de humedad de ± 2 % referente a su humedad óptima. Se debe usar un equipo adecuado como un finisher o una motoniveladora. (Bonett, 2014).

c. Compactación y recepción de la capa de base

Se usarán compactadores mecánicos como rodillos con ruedas neumáticas o rodillos lisos. Este proceso debe de ser de forma gradual, iniciando en los bordes hacia el centro en las tangentes de la vía y desde el borde interior hacia el exterior en las curvas, todo este proceso se debe realizar hasta alcanzar la densidad especificada. Al cumplir con todo este proceso para realizar la recepción se debe de cumplir con los parámetros que son: grado de compactación, espesores de las capas, calidad de los materiales y verificación de niveles de la superficie.

(Bonett, 2014).

d. Riego de imprimación

Se debe de realizar haciendo uso de un ligante asfáltico y un material secante, los cuales deben cumplir con todo lo estipulado en las especificaciones técnicas. Este riego debe de aplicarse y cubrir toda la superficie de esta capa y debe cumplir con una tasa de riego que ya haya sido preestablecida. (Bonett, 2014).

2.2.3.4. Proceso constructivo de capa asfáltica

a. Proceso constructivo

Se tiene dos opciones al momento de fabricar una mezcla asfáltica que puede ser en caliente o en frío, en el cual el estudio se enfocará en las mezclas asfálticas en caliente; este tipo de mezcla se obtiene de todo un proceso industrial, que se realizan en plantas productoras de mezcla asfáltica, en el cual se combinan los agregados, a continuación, se calentarán, secarán y serán mezclados con cemento asfáltico y dar como resultado una mezcla asfáltica. (Bonett, 2014).

b. Transporte

El transporte se realizará en un camión tipo volquete que pueda efectuar el vaciado, teniendo en cuenta que la caja del volquete debe estar impregnado con un producto que va a impedir que la mezcla se adhiera. En el transcurso de su transporte la mezcla debe estar bien cubierta con una lona para así protegerla del aire frío que puede ocasionar las alteraciones de las propiedades de la mezcla. Al momento que la mezcla llegue a obra, se debe realizar una verificación total de la mezcla, para así notar si hay presencia de alguna deficiencia, las cuales pueden requerir posiblemente una rectificación; estas pueden ser: Humo azul, apariencia dura, apariencia opaca y magra, vapor ascendente y segregación. (Bonett, 2014).

c. Extensión

Para realizar la entrega en obra, la mezcla se deposita en la tolva de la pavimentadora. Luego se procede a realizar el proceso principal de toda la construcción de la carpeta asfáltica que procede, el cual consistirá en colocar y extender la mezcla en toda el área de la vía, con la ayuda de máquinas autopropulsoras que son diseñadas para realizar una debida colocación del

material. Debemos de tener en cuenta que la temperatura en todo el proceso de colocación debe de ser uniforme, la cual brinda una densificación homogénea de la capa. (Bonett, 2014).



Figura 4. Pavimentadora o finisher

Fuente. Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible.

d. Compactación

Este proceso viene a ser la etapa final de la operación, en la cual se busca desarrollar la resistencia total de toda la mezcla, encontrando cohesión, estabilidad e impermeabilidad, que van a dar como resultado una carpeta de rodadura resistente, durable y lisa. Se realiza en 3 etapas. La compactación inicial, se usa compactadores vibratorios o estáticos; en la compactación intermedia, se obtiene la densidad e impermeabilidad necesaria antes que la mezcla se enfríe. En la compactación final, se usará compactadores neumáticos aun cuando la mezcla se encuentra caliente con la finalidad de eliminar marcas que se encuentren en la superficie y permitir así alcanzar la suavidad requerida final. (Bonett, 2014).

2.2.3.5 Método AASHTO para pavimentos flexibles (versión 1993)

2.2.3.5.1 Parámetros de diseño

a. Restricciones de tiempo

Se toma en cuenta los datos de entrada que permitirán elegir las diversas

estrategias, en el cual se puede decir que el periodo de diseño es análogo al periodo de análisis, debido a que el periodo de diseño, viene a ser el tiempo que resiste la estructura inicial del pavimento hasta antes de necesitar un proceso de rehabilitación; a la vez se puede referir al lapso de tiempo que va entre dos rehabilitaciones seguidas y por otro lado, tenemos al periodo de análisis el cual hace mención al transcurso de tiempo que todas las planificaciones de diseño deben cumplir. (Montejo, 2002)

b. Tránsito

Es una información fundamental en la ecuación que se usará para el diseño en el cual se incluyen las cargas por eje, especificaciones de ejes y número de aplicaciones. Se puede representar por un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips o Equivalent Single Axle Load (ESAL). (AASHTO, 1993)

ESAL

El equivalente de carga por eje único de 18 kips, viene a ser la forma general de la carga equivalente que se emplea en el diseño de un pavimento. Se presentan también los factores de equivalencia que son derivados en función al daño que provocan los efectos relativos de una cierta cantidad de cargas por eje. Debemos de tener en cuenta que se necesita predecir la cantidad de repeticiones de cada categoría de ejes de carga en el transcurso de todo el periodo de diseño. El tráfico promedio es la variable que va a ser usado en el diseño, de esta manera el tráfico será multiplicado por un factor de crecimiento. (Menéndez, 2012)

$$n_i = (n_o)_i * (D) * (G) * (L) * (Y) * 365$$

n: Número total de repeticiones de carga

(n₀)_i: Número inicial de repeticiones por día para el grupo de carga i

D: Factor de distribución direccional

G: Factor de crecimiento.

L: Factor de distribución de carril

Y: Periodo de diseño en años.

Cuando las cargas equivalentes de eje simple de 18-kip sean la base del diseño,

por consiguiente, se puede calcular el número inicial de repeticiones por día para un grupo de carga mediante la siguiente fórmula. (Menéndez, 2012)

Tabla 2. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes

| Tipos de tráfico pesado expresado en EE | Rangos de tráfico pesado expresado en EE |
|---|--|
| T_{P5} | >1,000,000 EE ≤1,000,000 EE |
| T_{P6} | >1,500,000 EE ≤3,000,000 EE |
| T_{P7} | >3,000,000 EE ≤5,000,000 EE |
| T_{P8} | >5,000,000 EE ≤7,500,000 EE |
| T_{P9} | >7,500,000 EE ≤10,000,000 EE |
| T_{P10} | >10,000,000 EE ≤12,500,000 EE |
| T_{P11} | >12,500,000 EE ≤15,000,000 EE |
| T_{P12} | >15,000,000 EE ≤20,000,000 EE |
| T_{P13} | >20,000,000 EE ≤25,000,000 EE |
| T_{P14} | >25,000,000 EE ≤30,000,000 EE |

Fuente: Manual de carreteras, suelos y pavimentos.

Periodo de diseño

Con este aspecto se puede determinar la factibilidad económica del diseño que se plantee, por lo cual es muy importante. Se debe de tener en cuenta todas las restricciones legales que se van a ver inmersas en el análisis de factibilidad de todos los proyectos que necesitaran fondos públicos. (Menéndez, 2012)

Índice medio diario

Se presentan distintos factores que provocarán que varíe el volumen de

vehículos, los cuales serán agrupados en; variaciones estacionales, que se presentaran a lo largo del año debido a las diferentes actividades económicas; variaciones direccionales, que vienen siendo las alteraciones que se pueden presentar en las distintas direcciones de la vía; y por último, variaciones temporales, por ejemplo, en el caso que se presente un desvío por obra, que solo tiene un plazo limitado. (Menéndez, 2012)

Factor de distribución direccional

Para determinar este factor se considerará el volumen de tráfico que presentará cada dirección, generalmente se considera un 50%, debido a que se considera que en las dos direcciones será similar el tráfico. Se deberá tener en cuenta que no siempre se estimará este valor, ya que se presentarán situaciones en las que existirán instalaciones industriales, vías o puerto que los accesos son restringidos. (Menéndez, 2012)

Tabla 3. Factor de distribución direccional según AASHTO 1993

| Número de Carriles en cada dirección | Porcentaje del ESAL (18- kip) en el Carril de Diseño |
|--------------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 - 100 |
| 3 | 60 - 80 |
| 4 | 50 - 75 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos – Materiales, Diseño y Conservación.

Factor de distribución de carril

El carril que se presenta en cada dirección será el carril de diseño en una

carretera de 2 carriles, por lo tanto, el factor de distribución de carril es el 100%. En caso que se presenten carreteras o vías que cuenten con más 2 carriles, se debe de tener en cuenta que el carril de diseño será el que se encuentra al exterior. (Menéndez, 2012)

Tabla 4. Factor de distribución por carril.

| Número de Carriles en cada sentido | Porcentaje del W_{18} en el Carril de Diseño |
|------------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 - 100 |
| 3 | 60 - 80 |
| 4 o más | 50 - 75 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos – Materiales, Diseño y Conservación

c. Confiabilidad

Se evalúa el proceso diseño-comportamiento que va a presentar un pavimento, por lo que el tramo diseñado debe de comportarse adecuadamente cuando se presenten las diferentes condiciones, ya sean ambientales, como de tránsito durante todo el periodo de diseño. Al evaluar estas predicciones se proporciona un nivel predeterminado de confianza (R). Se debe de tener en cuenta que conforme aumenta el volumen de tránsito, va a aumentar el riesgo de no cumplir con las expectativas esperadas. Entonces se buscará minimizar este riesgo escogiendo niveles mayores de confiabilidad. (Montejo, 2002)

Tabla 5. Niveles de confiabilidad según la clasificación de carreteras

| Clasificación | Nivel de confiabilidad recomendado | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------|
| | Urbana | Rural |
| Autopistas interestatales | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Arterias principales | 80 - 99 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Fuente. AASHTO 1993

d. Efectos ambientales

Se evalúa el proceso diseño-comportamiento que va a presentar un pavimento, por lo que el tramo diseñado debe de comportarse adecuadamente cuando se presenten las diferentes condiciones, ya sean ambientales, como de tránsito durante todo el periodo de diseño. Al evaluar estas predicciones se proporciona un nivel predeterminado de confianza (R). Se debe de tener en cuenta que conforme aumenta el volumen de tránsito, va a aumentar el riesgo de no cumplir con las expectativas esperadas. Entonces se buscará minimizar este riesgo escogiendo niveles mayores de confiabilidad. (Montejo, 2002)

Tabla 6. Niveles de confiabilidad según la clasificación de carreteras

| Clasificación | Nivel de confiabilidad recomendado | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------|
| | Urbana | Rural |
| Autopistas interestatales | 85 – 99.9 | 80 – 99.9 |
| Arterias principales | 80 - 99 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Fuente. AASHTO 1993

2.2.3.6. Criterio de comportamiento

a. Serviciabilidad

Es la capacidad que presenta el pavimento para servir a los vehículos que van a transitar. La manera en la que se evalúa es con el índice de servicio presente (PSI), para lo cual se le da el valor de 0 cuando la carretera es imposible de transitar y puede llegar hasta 5 cuando la carretera se encuentra en un perfecto estado. Se debe tener en cuenta que el valor más bajo que puede tolerarse es de 2.5 para autopistas y vías principales y 2.0 para el resto de las carreteras, si se obtiene un valor menor deberá ser considerada una rehabilitación. (AASHTO, 1993)

Dicho índice se ubica en la tabla siguiente:

Tabla 7. Escala del Índice de serviciabilidad

| Índice de serviciabilidad | Calidad |
|---------------------------|-----------|
| 5 | Muy buena |
| 4 | |
| 4 | Buena |
| 3 | Regular |
| 2 | Mala |
| 1 | Pésima |

Fuente: Manual de carreteras, suelos y pavimentos

2.2.3.7. Propiedades de los agregados

a. Módulo resiliente de la subrasante

El equipo con el que se determina el módulo resiliente (M_r) no es fácil de adquirir, debido a esto, se encuentran definidas ciertas correlaciones para poder hallar este módulo a partir de otros ensayos. Una correlación muy importante es la que fue hallada por Heukelom y Klomp en la cual relaciona el Californian

Bearing Ratio (CBR) de laboratorio y el Mr medido en campo, esto para una misma densidad. En la primera expresión se estima para suelos finos aproximadamente con un CBR que tendrá máximo un valor de 10; por otro lado, en la guía ASSHTO denota que la misma fórmula se emplea para CBR máximo de 7.2 %; y para suelos granulares se propone una segunda ecuación. (AASHTO, 1993)

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR}$$

$$Mr = 4326 \times \ln \text{ CBR} + 241$$

b. Coeficientes estructurales de capa

Viene a ser la dimensión de la capacidad relativa de la unidad de un espesor que va a presentar un definido material, el cual va a operar como un componente de la estructura del pavimento, se necesitarán 3 coeficientes estructurales de capa (a1, a2, y a3) para la subbase, base y carpeta de rodadura; se podrán considera a partir de las correlaciones con las diferentes propiedades que presentan los materiales. (Menéndez, 2012)

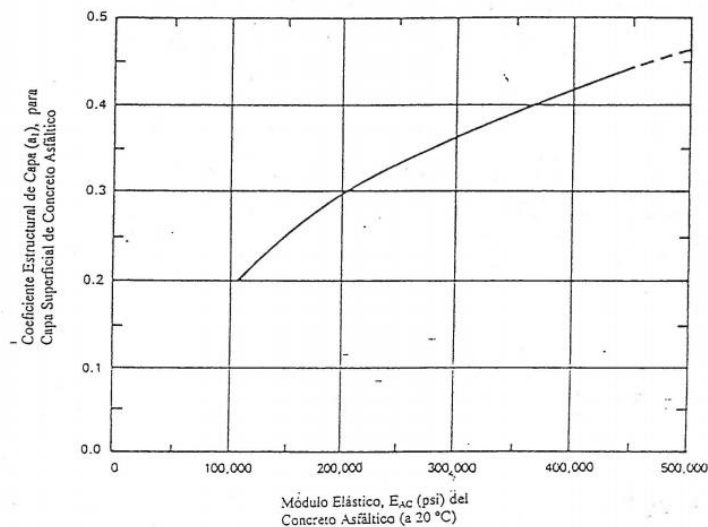


Figura 5. Carta para la Estimación del coeficiente estructural de capa de gradación densa, basado en el Módulo Elástico.

Fuente. AASHTO 1993

c. Coeficiente de drenaje

Es una correlación que se presenta entre el módulo resiliente y el módulo para

un cierto porcentaje de humedad. Debemos de tener en cuenta que se le dará el valor de 1.0 a la condición de drenaje que sea lo más parecida a las pistas de prueba de AASHTO. Por otro lado, también existirán valores mayores de 1.0 las cuales se tratarán de mejores condiciones que las que fueron alcanzadas en las pistas de prueba. (Menéndez, 2012)

Tabla 8. Coeficientes de drenaje de bases y subbase

| Calidad del Drenaje | | % De la estructura del pavimento tiempo | | | |
|---------------------|------------------|--|----------------|----------------|-------|
| | | Tiempo que está expuesto a niveles de humedad, que se acerca a la saturación | | | |
| Clasificación | Agua extraída en | < 1% | 1 – 5 % | 5 – 25 % | >25 % |
| Excelente | 2 h | 1.40 – 1.35 | 1.35 – 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.2 |
| Bueno | 1 día | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1 |
| Regular | 1 semana | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.8 |
| Malo | 1 mes | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.6 |
| Muy Malo | Nunca drenaje | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.4 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos – Materiales, Diseño y Conservación

2.2.3.8. Diseño de espesores

a. Número estructural

Es un número que viene a ser el resultado de combinar los espesores de las capas, coeficientes de drenaje y coeficientes estructurales de cada capa, es un valor adimensional que representa la resistencia estructural que va a presentar un pavimento.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_R S_0 + 9.36(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(MR) - 8.07$$

Dónde:

W18: Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 ton.

ZR: Desviación estándar normal

S0: Error estándar combinado de la predicción del tránsito

ΔPSI: Variación entre el índice de Servicio inicial (P0) y la serviciabilidad final (Pt).

MR: Módulo resiliente

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Dónde:

ai: Coeficiente de capa

mi: Coeficiente de drenaje

Di: Espesores de capa

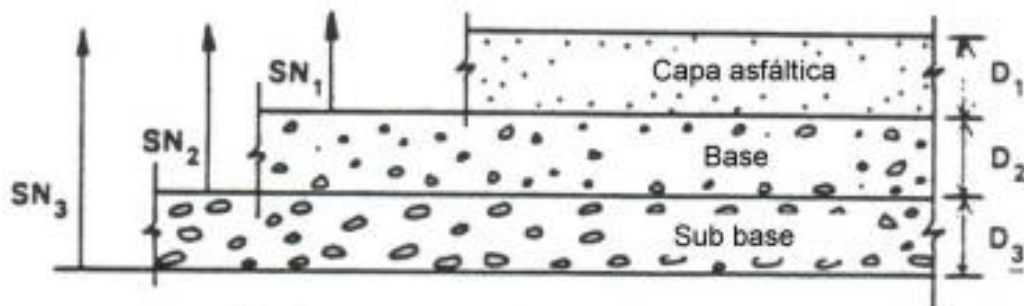


Figura 6. Procedimiento para determinar espesores mínimos de capas.

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993

2.2.3.9. Evaluación de pavimentos

Brinda toda la información del estado o condición en la que se encuentra un pavimento urbano, carretero, como aeroportuario y el comportamiento que va a desempeñar durante su tiempo de servicio; es muy importante para el organismo que estará encargado del diseño, construcción, operación y conservación; por otro lado, los usuarios mostraran bastante interés en estas

condiciones debido a que influenciaran tanto en seguridad como en economía que involucra un transporte. (Menéndez, 2012)

2.2.3.10. Tipos de evaluación

-Evaluación Inicial

Esta evaluación nos brindará información climatológica, en cuanto a la variación de la temperatura y a la intensidad de las precipitaciones pluviales que se llevarán a cabo durante el año; información histórica del pavimento, aquí se incluirá todo lo concerniente al pavimento que puede ser, características que presentan los materiales empleados, número y espesores de las capas y el sistema de drenaje; por otro lado se tendrá toda la información sobre la topografía y geometría en el cual se indicarán los anchos de calzada, dimensiones de losas y de acotamientos y por último la posición y profundidad de las instalaciones subterráneas que podrían presentarse. (Menéndez, 2012)

-Evaluación de seguimiento

Luego de haber realizado la evaluación inicial, se programarán evaluaciones periódicas, que van a constituir todo un proceso de seguimiento de cómo responde el pavimento durante el tiempo de servicio; lo cual va a servir para planificar una estrategia de mantenimiento o conservación. Se debe realizar una obtención y almacenamiento de datos que servirán para llevar un control del comportamiento del pavimento enfocándose principalmente de las características de la carpeta de rodadura, rugosidad, resistencia a la fricción, entre otras. (Menéndez, 2012)

-Evaluación puntual

Al haber detectado un comportamiento que no es normal en el pavimento, se procederá a definir de manera adecuada el problema concreto que se está presentando; para así, poder determinar aquellas causas que están provocando los diferentes deterioros y poder así, planificar un adecuado proceso de rehabilitación o la debida colocación de refuerzo en este pavimento. (Menéndez, 2012)

2.2.3.11. Fallas en el pavimento

Son indicadores de deterioro del pavimento, los cuales son causados por

cargas, factores climáticos, deficiencias en los procesos constructivos o la suma de éstas. Dentro de las fallas existen de distintos tipos, los cuales se muestran a continuación: (ASTM D5340).

a. Piel de cocodrilo

Conocidas también como grietas de fatiga, este tipo de fallas son un grupo de grietas interconectadas, cuya causa es por el fenómeno de fatiga, debido a la acción repetitiva de las cargas de flujo vehicular sobre el pavimento. Este agrietamiento surge por el sobreesfuerzo aplicado por las ruedas de los vehiculos sobre la capa asfáltica, en primera instancia las grietas aparecen en dirección paralela y posteriormente por acciones de cargas repetitivas, estas grietas se conectan formando mallas semejantes a la piel de cocodrilo. (Vásquez, 2002).



Figura 7. Piel de cocodrilo

Fuente. Manual PCI, 2002.

b. Exudación de asfalto

Esta falla es causada por mucha cantidad de asfalto en la mezcla, demasiado de sellante asfáltico o muy poco contenido de vacíos, se puede apreciar en la carpeta de rodadura como un material bituminoso, la cual da a la carpeta de rodadura una textura brillante, cristalina y pegajosa. (Vásquez, 2002).



Figura 8. Exudación de Asfalto
Fuente. Manual PCI, 2002.

c. Agrietamiento en bloque o falla por grietas de contracción

Son grietas que forman bloques ligeramente rectangulares, el origen de esta clase de fallas se debe a la contracción del pavimento y los gradientes térmicos diarios, no por acción de cargas vehiculares; difiere a las fallas de piel de cocodrilo en que éstas son de mayor tamaño. (Vásquez, 2002).



Figura 1. Agrietamiento en bloque
Fuente. Manual PCI, 2002.

d. Abultamientos y hundimientos

Estas fallas son desplazamientos verticales ascendentes apreciados en la superficie del pavimento, debidos a la expansión por congelamiento de las partículas en el interior del pavimento.

Los hundimientos por su parte son desplazamientos descendentes, pequeños y abruptos. (Vásquez, 2002).

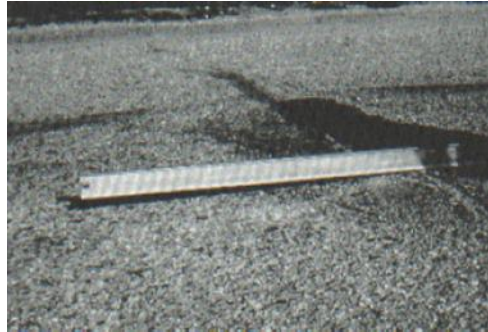


Figura 10. Abultamientos y hundimientos

Fuente. Manual PCI, 2002.

e. Corrugaciones

Serie de elevaciones y depresiones muy cercanas que se manifiestan a secciones regulares, aproximadamente a una distancia menor de 3 metros. Las causas de estas fallas se deben a la combinación de una base inestable y la acción del tránsito. Las elevaciones son perpendiculares a la dirección del tránsito vehicular. (Vásquez, 2002).

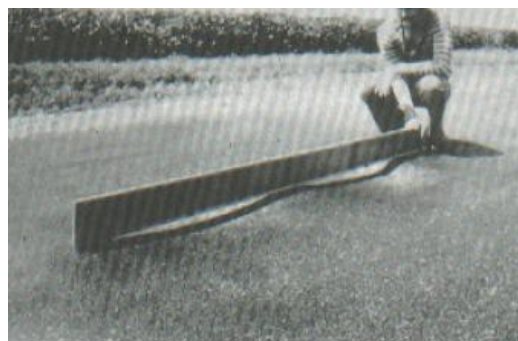


Figura 2. Corrugaciones

Fuente. Manual PCI, 2002.

f. Depresión

Causadas por una incorrecta construcción de carpeta o por el asentamiento de la capa subrasante. Son notorias en la superficie del pavimento ya que posterior a una lluvia, estas depresiones quedan llenas de agua, y en el pavimento seco puede diferenciarse por el color en las depresiones debido al agua que estaba almacenada, cuando son profundas, llenas de agua pueden causar el fenómeno llamado hidropneumático. (Vásquez, 2002).

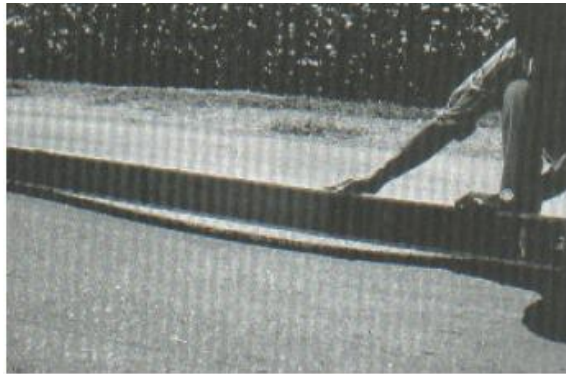


Figura 3. Depresión

Fuente. Manual PCI, 2002.

g. Grieta de borde

Estas fallas se manifiestan en la berma de la calzada donde su apreciación es muy notoria, su causa se debe al flujo vehicular o también debido al debilitamiento de capas próximas a la berma; otro de los factores importantes en estas fallas es la condición climática. (Vásquez, 2002).



Figura 13. Grieta de borde

Fuente. Manual PCI, 2002.

h. Grieta de reflexión de juntas

Estas fallas ocurren solo en pavimentos asfálticos construidos sobre losas de concreto hidráulico, sus causas son por desplazamiento de las losas de concreto, desplazamiento causado ya sea por temperatura o humedad, la falla no está relacionada directamente al tráfico, sin embargo, las cargas de este ayudan a la rotura del pavimento cerca de las grietas ya presentadas. (Vásquez, 2002).



Figura 14. Grieta de reflexión de juntas

Fuente. Manual PCI, 2002

i. Desnivel calzado – berma

Este daño se presenta por una variación de niveles entre la parte externa del pavimento y el nivel de la berma, su causa puede darse debido a recapeos en la calzada sin una nivelación de la berma o a un asentamiento de las mismas, o propiamente por erosión de la berma. (Vásquez, 2002).

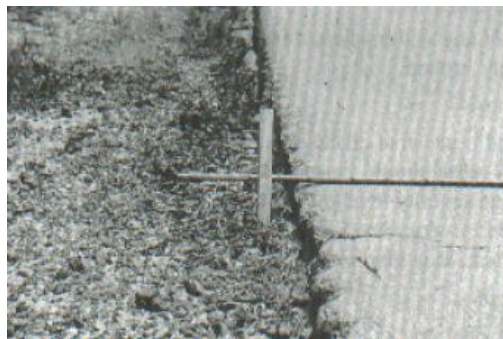


Figura 15. Desnivel calzada – Berma

Fuente. Manual PCI, 2002.

J. Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales están en dirección paralela al sentido del tráfico, mientras que las grietas transversales, comúnmente son perpendiculares a este. Estas grietas tienen por origen una contracción de la superficie del pavimento, puede ser a causa de bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto. (Vásquez, 2002).

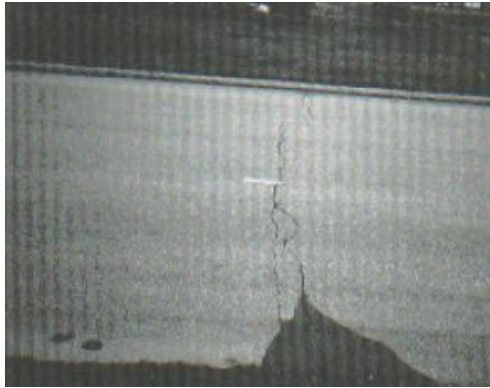


Figura 4. Grietas longitudinales y transversales

Fuente. Manual PCI, 2002.

a. Parcheos y acometidas de servicios públicos

Parcheo se le llama a una porción nueva de pavimento que se ha reemplazado para reparar la capa de pavimento dañado, el comportamiento del parche por lo general no es tan bueno como la capa original. (Vásquez, 2002).



Figura 5. Grietas longitudinales y transversales

Fuente. Manual PCI, 2002.

b. Agregados pulidos

Esta falla se presenta cuando se ha perdido la propiedad de fricción de los agregados de la superficie del pavimento, esto es causado por la acción repetitiva de cargas vehiculares, ocasionando así la dificultad para disminuir la velocidad de los vehículos al no existir fricción entre neumáticos y pavimento. (Vásquez, 2002).

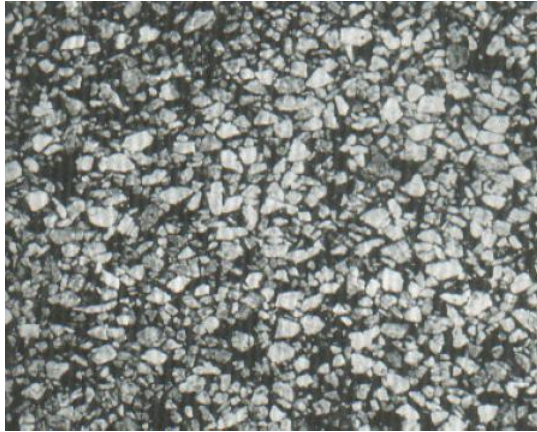


Figura 6. Agregados pulidos

Fuente. Manual PCI, 2002.

c. Huecos

Depresiones pequeñas en el pavimento, generalmente con diámetros inferiores a 0.90 m, su crecimiento depende de la acumulación de agua de lluvias; estos huecos aparecen debido a una mezcla pobre de pavimento o puntos débiles de las capas inferiores. (Vásquez, 2002).

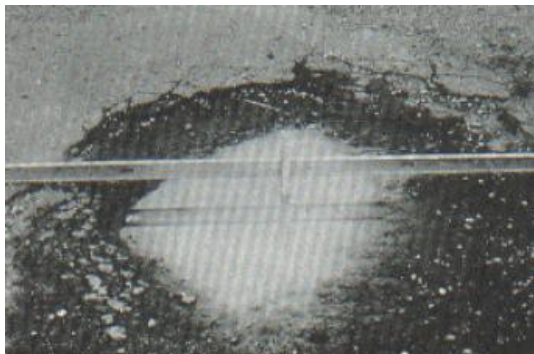


Figura 7. Huecos

Fuente. Manual PCI, 2002.

d. Cruce de vía férrea

Se puede notar en este tipo de fallas abultamientos o hundimientos alrededor o dentro de los rieles, el área que intercepta rieles y pavimentos tiene una unidad de medida que es en pies cuadrados o metros cuadrados, y se puede medir en niveles de baja, media y alta severidad. (Vásquez, 2002).



Figura 8. Cruce de vía férrea

Fuente. Manual PCI, 2002.

e. Ahuellamiento

Esta falla se debe a la deformación permanente de alguna capa que compone el paquete estructural o la subrasante, dicha deformación es causada ya sea por una mala compactación o desplazamiento lateral de los materiales de las capas por acción de las cargas de los vehículos. (Vásquez, 2002).



Figura 9. Ahuellamiento

Fuente. Manual PCI, 2002.

f. Deformación por empuje o desplazamiento

Este daño se presenta solamente en pavimentos con emulsión asfáltica inestable, se puede notar en la superficie de rodadura por un desplazamiento longitudinal de este, es decir separación entre tramos del pavimento, debido a la acción de las cargas de tránsito. (Vásquez, 2002).

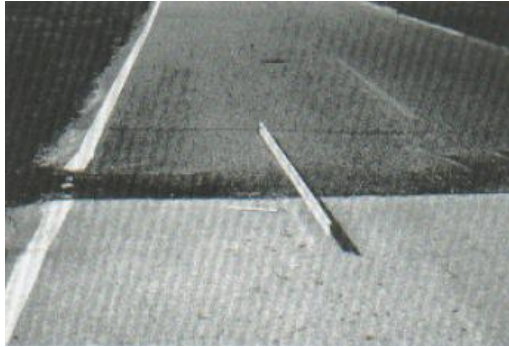


Figura 10. Desplazamiento

Fuente. Manual PCI, 2002.

g. Grietas de desplazamiento o parabólicas (Slippage)

Estas fallas son producidas por el frenado o giro de los neumáticos de los vehículos, lo que causan el deslizamiento o deformación del pavimento, este fenómeno ocurre por una baja resistencia de la mezcla asfáltica o un ligante pobre entre capas del pavimento. (Vásquez, 2002).



Figura 11. Grietas parabólicas

Fuente. Manual PCI, 2002.

h. Hinchamiento

Este daño es caracterizado por un desplazamiento vertical del pavimento, que muchas veces viene acompañado de grietas superficiales, la causa de esta falla es por la presencia de suelos altamente expansivos o por el congelamiento de la subrasante. (Vásquez, 2002).



Figura 12. Grietas parabólicas

Fuente. Manual PCI, 2002.

i. Meteorización / Desprendimiento de agregados

El desprendimiento o separación del agregado y la meteorización son la disgregación de la capa superficial del pavimento, debido a la pérdida del ligante o expulsión de los agregados que conforman la capa asfáltica. La causa de esta falla son los tipos de vehículos que transitan por dicho pavimento, como son vehículos orugas o derramamiento de aceites sobre el pavimento lo que causan desprendimiento de los agregados. (Vásquez, 2002).



Figura 13. Meteorización / Desprendimiento de agregados

Fuente. Manual PCI, 2002.

2.1.1.1. Condición superficial

a. Evaluación visual manual – Método PCI

- Pavement Condition Index – PCI

El PCI es un procedimiento visual confiable, a través del cual se puede identificar a través de una tipificación del estado de pavimento, las fallas que este presenta. La tipificación del estado del pavimento está en un rango de 0 (estado del pavimento muy malo) hasta 100 (pavimento en óptimas condiciones), como se indica a continuación: (Rondón & Reyes, 2015).

Tabla 9. Clasificación PCI

| Rango de PCI | Calificación |
|---------------------|---------------------|
| 85-100 | Excelente |
| 70-85 | Muy bueno |
| 55-70 | Bueno |
| 40-55 | Regular |
| 25-40 | Malo |
| 10-25 | Muy malo |
| 0-10 | Fallado |

Fuente. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño

b. Evaluación superficial con equipos

Debido al aumento del volumen de tránsito y al incremento de la red vial, se hace difícil realizar una inspección visual, por lo cual se recurre al empleo de una gran variedad de equipos que constan de sistemas para la captura de imágenes y que presenten un alto rendimiento. (Menéndez, 2012)

- Sistema PASCO ROADRECON

Desde los años 60, PASCO Corporation ha venido trabajando en la implementación de un vehículo que consta de un aparato que realizará una grabación continua de todo el recorrido del pavimento; en caso que el trabajo se realice de noche, cuenta con un ángulo y control de la cantidad de iluminación; va a presentar un sistema óptico que brinda una referencia lineal que servirá para evaluar y medir la profundidad de un ahuellamiento. La evaluación del pavimento requerirá solo la interpretación visual de las fotografías tomadas por el equipo. (Menéndez, 2012)

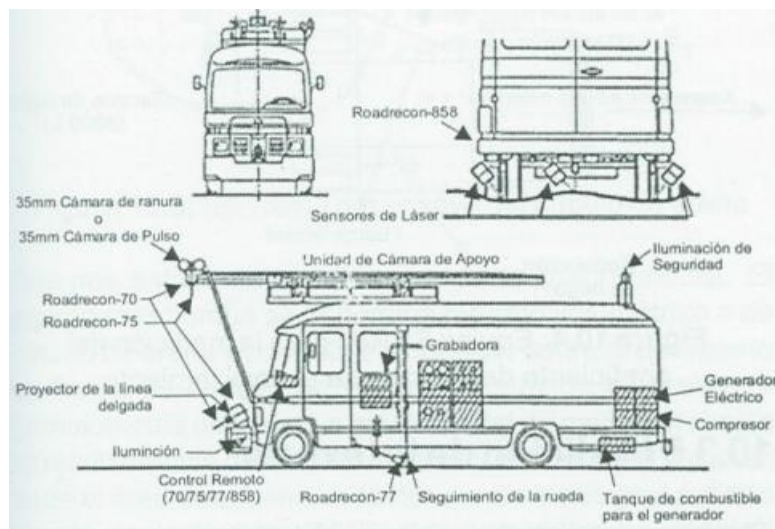


Figura 14. Sistema Paco Roadrecon

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

- Sistema GERPHO

El GERPHO es un equipo usado comúnmente en Francia; es capaz de archivar en una lámina de 35 mm, toda una representación o imagen continua del

pavimento evaluado; consta de una iluminación artificial que servirá para operar en la noche. Toda la información obtenida de la falla se extrae y se monta sobre una mesa especial para realiza el debido estudio. (Menéndez, 2012)

- **Laser ROAD SURFACE TESTER (RST)**

Este equipo fue implementado en Suecia; emplea una tecnología que consta de un láser que sirve para medir la profundidad y anchura de la grieta, al mismo tiempo mide la longitud del tramo recorrido. Consta de una microcomputadora que entrega en tiempo real los datos de los diferentes tramos estudiados. (Menéndez, 2012)

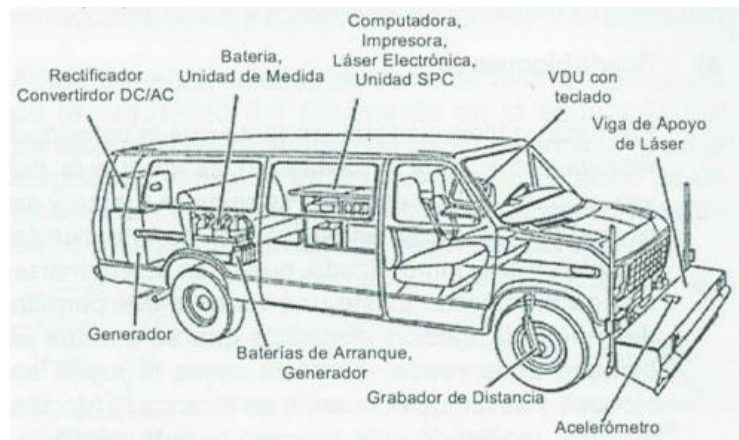


Figura 15. Representación esquemática de los instrumentos utilizados en el Laser Road Surface Tester (RST)

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

c. Resistencia al deslizamiento

Debemos de tener en cuenta a la fricción que va a ser generada por el contacto entre el neumático y el pavimento, lo cual es un factor muy importante que mantiene la seguridad de circulación de vehículos. Gracias a la presencia de la fricción el vehículo podrá ponerse en marcha, con un adecuado control y así el usuario podrá realizar las diferentes maniobras al momento de conducir. Se pueden presentar pavimentos con microtextura y macrotextura lisa, agregados pulidos y diferentes irregularidades que provocarán la retención y acumulación de

agua, debido a la presencia de lluvias que provocarán accidentes por fallas o deficiencias en la resistencia al deslizamiento. Por todo lo mencionado de han desarrollado equipos que van a ser capaces de determinar la resistencia al deslizamiento en superficies secas o mojadas que será provocada por un dispositivo que derramará agua por delante de la rueda del vehículo. (Menéndez, 2012)

- **Medición de la textura**

La medición de la macrotextura sirve para evaluar la resistencia al deslizamiento, ya que el agua que se encuentra en la superficie va a poder ser drenada por medio ésta. El equipo que comúnmente se emplea para medir la macrotextura se conoce como circulo de arena o método volumétrico; va a consistir en contar con arena con una granulometría definida y un volumen conocido, la cual será extendida en la superficie del pavimento dándole una forma de circulo. Al conocer el área del circulo y dividiéndolo entre su volumen se puede obtener un factor que se llamará profundidad media de la textura. (Menéndez, 2012)

2.1.1.2. Condición estructural

Existen dos tipos de métodos que servirán para el estudio de la estructura del pavimento; estos serán métodos no destructivos y destructivos; todo dependerá de la magnitud de alteración física que recibirán los materiales en los procesos que se llevarán a cabo durante su evaluación. Para el primer caso se puede realizar una medición de deflexión superficial, forma de la cuenca de las deformaciones y también radio de curvatura. Mientras que un método destructivo conducirá a la perforación del pavimento, en el cual se podrá determinar el espesor de las capas que componen este paquete estructural; así mismo se observar el estado actual que presente como por ejemplo agrietamientos, segregación, humedad, densidad; y el material extraído se podrá llevar a un laboratorio para realizar los determinados ensayos. En este método también se puede realizar una excavación para poder realizar algún otro tipo de prueba por ejemplo CBR, peso volumétrico, etc. (Menéndez, 2012)

a. Dispositivos estáticos

Podemos encontrar las pruebas de placa y la Viga Benkelman, los cuales, empleando una carga estática o con un movimiento lento, se utilizan para determinar la deflexión que va a presentar el punto estudiado. Las pruebas de placa nos ayudan para poder determinar las deflexiones a nivel de capa de rodadura, también en la subrasante su módulo de reacción; una desventaja que puede presentar es el tiempo que demora la prueba; así como también, al ser un equipo muy pesado dificulta su transporte al sitio de ensayo. La Viga Benkelman se usa para medir las deflexiones bajo un vehículo; siendo un dispositivo de la primera generación, su uso fue de forma general, pero en la actualidad se va dejando de lado ya que van apareciendo dispositivos con tecnología más avanzada. (Menéndez, 2012)

- Pruebas de placa de apoyo

Se emplea los métodos de prueba ASTM D1195 y ASTM D1196, en las cuales nos indica cómo se deben de emplear las cargas estáticas en pruebas repetitivas y no repetitivas; teniendo en cuenta que estos métodos tienen un alto grado de dificultad al momento de realizarlos. Debemos de tener en cuenta que el tiempo que se emplea para realizar la operación es algo extenso el cual va a ser una limitación para esta prueba, en especial en vías que presenten un alto volumen de tráfico. (Menéndez, 2012)

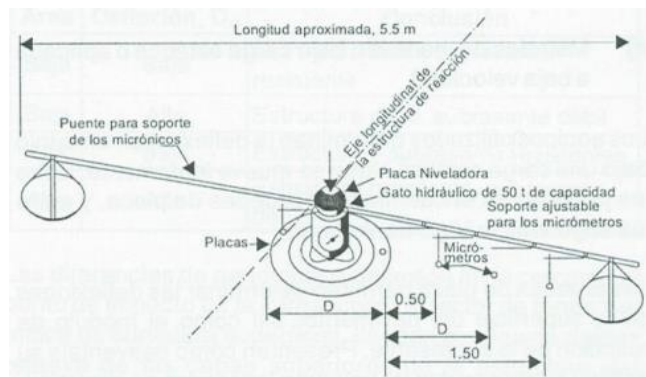


Figura 16. Arreglo del dispositivo para la ejecución de pruebas de placa

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

- Viga Benkelman

Este equipo fue desarrollado en el Washo Road Test y ha sido usado en todo el mundo por todos los organismos viales debido a que es un dispositivo barato, sencillo y de fácil empleo. Este dispositivo consta de un brazo de palanca en el cual se aplicará una carga por eje de 18kips (80 kN) y medirá deflexiones en mm la cual se ubicará en la siguiente figura: (Menéndez, 2012)

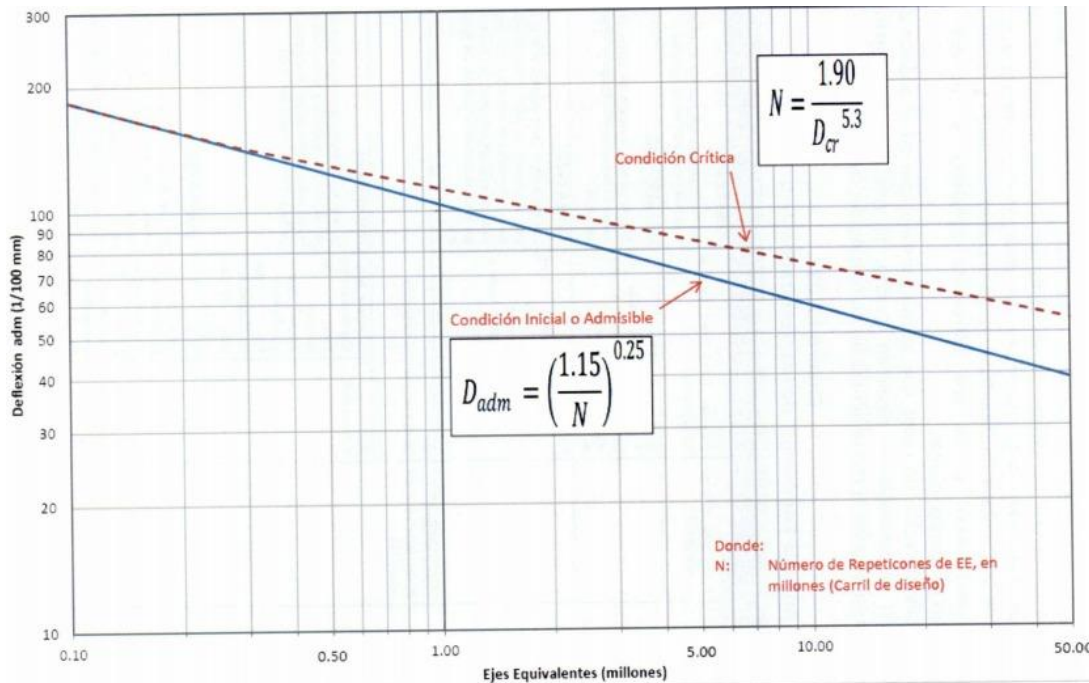


Figura 17. Gráfico de deflexiones admisibles

Fuente: Manual de carreteras, suelos y pavimentos.

2.1.1.2.1. Índice de Rugosidad

Es un factor que se debe de tener en cuenta para brindar una adecuada comodidad, seguridad para el usuario. La rugosidad está unida con la serviciabilidad del pavimento, la cual es una característica muy importante y es de mayor interés para los usuarios que van a buscar en el pavimento, un recorrido que sea suave y que brinde una máxima comodidad. No debemos dejar de lado o perder de vista, que tanto influencia la rugosidad en el tema económico, que implica un transporte en su costo de operación. (Menéndez, 2012)

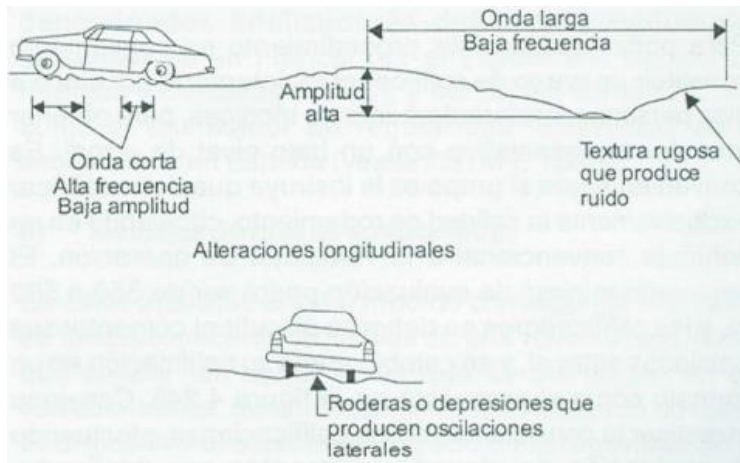


Figura 18. Diferentes tipos de rugosidad, por alteraciones de los perfiles longitudinales y transversales

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

Podemos tener en cuenta tres componentes de la rugosidad, la primera es la irregularidad longitudinal la cual es la más importante, luego tenemos a las irregularidades transversales y por último se presentan las variaciones horizontales del alineamiento que presenta el pavimento. Al variar cualquiera de los componentes mencionados provocará una modificación de la sensación durante el desplazamiento del usuario; se debe de tener en cuenta que, a mayor velocidad ejercida por un vehículo, las irregularidades de mayor longitud de onda afectarán más; por lo cual provocará que el conductor cambie la velocidad para que las sensaciones sean lo menos molestas posibles. Existen diferentes procedimientos para determinar la serviciabilidad o calidad de rodamiento, que puede ser una evaluación y calificación subjetiva por un grupo de personas; como también, el empleo de diferentes dispositivos que presenten un alto rendimiento, que presenten una alta tecnología electrónica. (Menéndez, 2012)

Dicho índice se ubica en la siguiente figura:

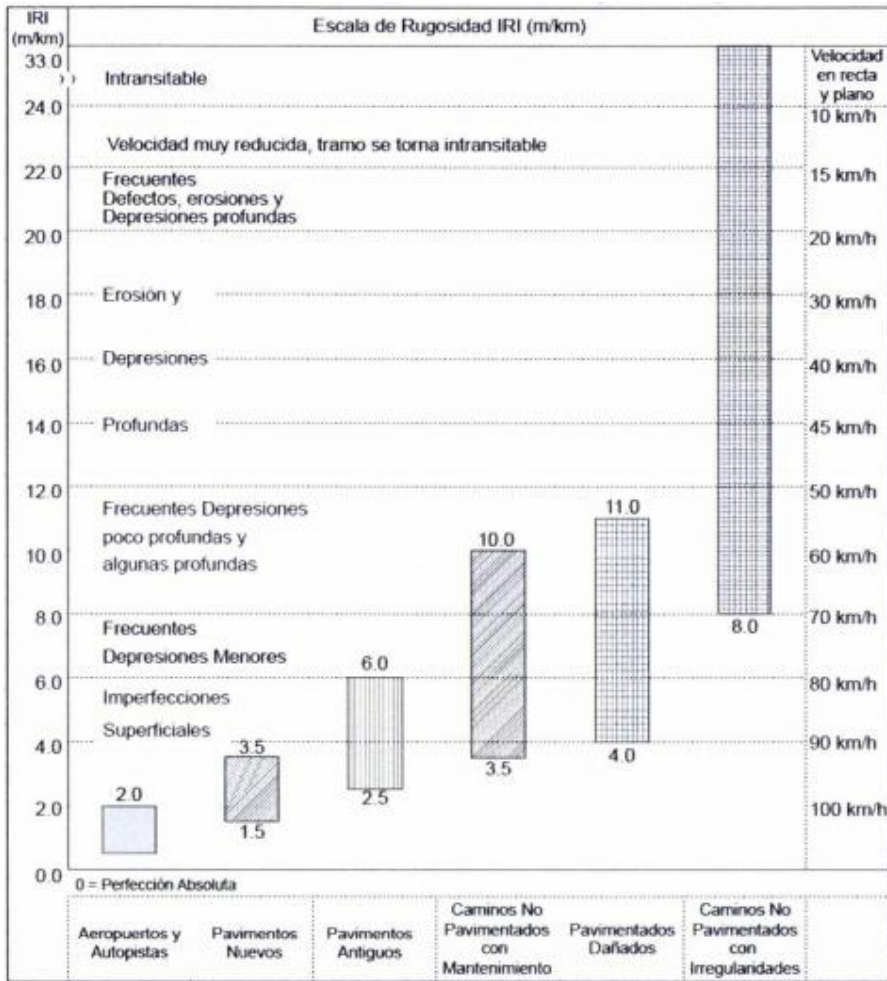


Figura 19. Escala de rugosidad
Fuente: Manual de carreteras, suelos y pavimentos.

- **Método de referencia geométrica**

En este método encontraremos a los levantamientos topográficos de precisión, con lo cual podremos comparar los datos obtenidos con el perfil real. Otro método que es bastante utilizado durante la construcción de un pavimento, especialmente en el control de calidad que sirven para detectar irregularidades que se deben ir corrigiendo; es en el que se usa una regla de 3 metros de largo, la cual sirve para medir la distancia vertical máxima que presenta la regla con la superficie del pavimento; especialmente para realizar esta medición, se debe colocar en dirección transversal y longitudinal, para realizar un adecuado control; siempre teniendo en cuenta el procedimiento que ha sido establecido. También podemos

encontrar reglas móviles o rodantes, que serán guiadas por un operador a una velocidad máxima de 5 km/h. Este sistema tendrá integrado una rueda central que irá conectada a un dispositivo que servirá para detectar todas las irregularidades presentes en un pavimento. (Menéndez, 2012)

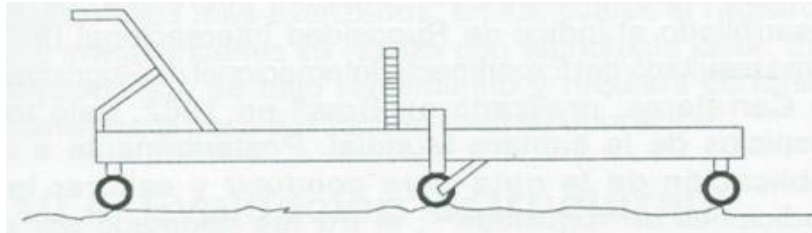


Figura 20. Esquema de un perfilógrafo de regla móvil.

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

También se emplea un sistema conocido como Dipstick el cual es un perfilómetro digital que cuenta con un dispositivo electrónico que nos permite realizar una medición con un error de 0.038 mm; cuenta con un micro ordenador que va a ir grabando la variación de las cotas, incluido la posición donde se encuentre el fallo; pero se debe de tener en cuenta que, tiene un rendimiento de un kilómetro por día, el cual lo convierte en un sistema muy lento. (Menéndez, 2012)



Figura 21. Equipo Dipstick y forma de medición.

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

Por último, podemos encontrar a los perfilógrafos, que van a ser estructuras de 3 a 10 m de longitud hechas de aluminio, las cuales para realizar su desplazamiento van a ir sobre trenes de ruedas; en la parte media de este sistema irá colocada una rueda central que va a ir registrando los desplazamientos que se puedan presentar en toda la longitud del pavimento. (Menéndez, 2012)

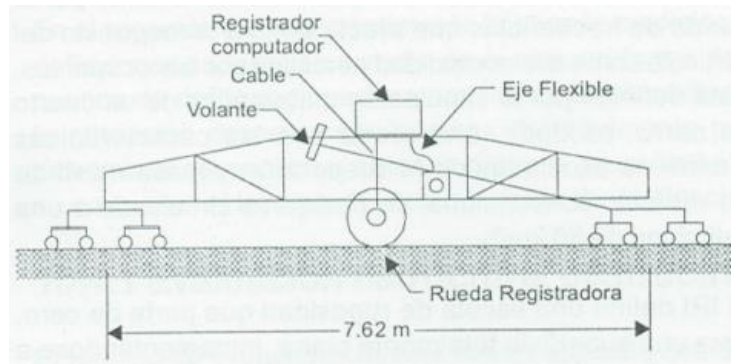


Figura 22. Esquema de perfilógrafo tipo California.

Fuente: Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación.

- Método de acelerómetro y referencia inercial

Desde los años 80 se viene desarrollando equipos con un alto rendimiento, que se basarán en el empleo de acelerómetros, medidores de distancias longitudinales y desplazamientos verticales. (Menéndez, 2012)

2.1.2. Diseño de rehabilitación de pavimentos

2.1.2.1. Rehabilitación superficial

a. Recapeo asfáltico

Es la solución más simple; viene a ser la construcción de recapado con un espesor de (4.0 – 5.0 cm), se empleará una mezcla asfáltica en caliente y se colocará sobre la superficie existente. En algunas ocasiones se utilizan asfaltos modificados, mejorando así su comportamiento y extendiendo así, la vida útil del recapado. (Menéndez, 2012).

b. Fresar y reemplazar

Es un método rápido, debido a que los equipos que se emplean, presentaran un alto rendimiento. Este proceso consiste en remover la capa deteriorada que presenta grietas, luego se procede a reemplazar, en su mayoría por un asfalto modificado. Logrando así eliminar el problema y la cota del pavimento se mantendrá. (Menéndez, 2012).

c. Reciclado de capa delgada de material asfáltico

Es un proceso que se realiza en el lugar donde se efectúa la obra, consiste en remezclar el material que será extraído del pavimento existente, como una aplicación en caliente; teniendo en cuenta el espesor que será extraído y que podrá ser modificado adicionando nuevos cementos asfáltico o en todo caso nuevos materiales. (Menéndez, 2012).

2.1.2.2. Rehabilitación estructural

a. Reconstrucción total

Este tipo de reconstrucción consiste en eliminar el material existente y así poder realizar una construcción nueva. Esta rehabilitación es una opción muy buena ya que se busca añadir un mejoramiento de estándares que provocaran cambios muy significativos e importantes. Se debe de tener en cuenta construir desvíos para no causar problemas del tráfico. (Menéndez, 2012).

b. Construcción de capas adicionales

Este proceso involucra al material granular como también al material asfáltico y que se colocará sobre la superficie existente. Será un recapado que tendrá un gran espesor; se deberá tener en cuenta que, al añadir una nueva capa, provocará un aumento en la cota de toda la superficie, lo cual podría traer problemas de acceso, así como también de drenaje. (Menéndez, 2012).

c. Reciclado profundo

Se debe de tener en cuenta la profundidad desde donde se encuentre el problema dentro del pavimento, lo cual llevará un proceso de reciclado; por

consiguiente, se creará una capa homogénea, que con la ayuda de agentes estabilizadores se podrá reforzar. Por otro lado, se debe tener en cuenta el uso de agentes estabilizadores para el material que se les está haciendo el proceso, especialmente donde haya presentado problemas más serios. (Menéndez, 2012).

d. Combinar dos métodos de reciclado

Se puede combinar el método de reciclado in – situ con el reciclado en planta. Se deberá remover tan solo una parte del material superficial, el cual será transportado a un acopio. A continuación, el material subyacente será reciclado y estabilizado en el propio lugar donde se desarrolla la rehabilitación. Luego con el material que fue transportado y tratado se coloca sobre el material in – situ. De esta manera se mantendrá una misma cota inicial en la superficie, logrando una mejor capacidad estructural. (Menéndez, 2012).

2.1.2.3. Rehabilitación Método AASHTO

Se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento:

Obtener toda la información posible de la subrasante y determinar así los espesores de las capas existentes.

- Realizar los ensayos de laboratorio.
- Medición de deflexión en pavimentos mediante el deflectómetro de impacto (FWD).
- Correlaciones con el California Bearing Ratio (CBR).
- Estudio de Tráfico de la fecha actual y también para el periodo de diseño estimado.
- Evaluación del estado del pavimento y los deterioros presentes.
- Calicatas, para realizar la debida extracción de testigos de la carpeta estructural.
- Cálculo del número estructural efectivo.
- Cálculo del número estructural a futuro.
- Cálculo del número estructural de recapeo.
- Cálculo de los espesores requeridos de las capas.

En la figura siguiente se puede observar el efecto que va a presentar el tráfico

sobre la serviciabilidad para los usuarios y también la capacidad estructural del pavimento, y también se puede visualizar como van a variar las características mencionadas al realizar un debido recapeo o refuerzo. (Menéndez, 2012).

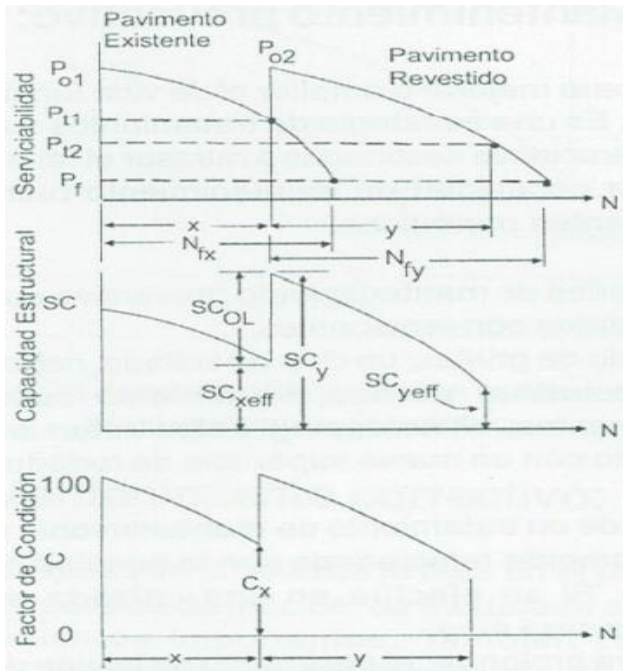


Figura 23. Efecto del tráfico en la serviciabilidad y la capacidad estructural.

Fuente. Ingeniería de pavimentos – Materiales, diseño y conservación

En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen de las ecuaciones que se pueden aplicar para determinar el requerido número estructural que se empleará en el recapado.

Tabla 10. Ecuaciones de diseño específicas para cuatro tipos de revestimiento

| Tipo de | Tipo existente | Ecuación específica | | Condición/Comentarios |
|---------------|----------------|---|--|--|
| Revestimiento | de Pavimento | | | |
| Flexible | Flexible | $SN_{OL}=SN_Y - F_{RL}SN_{xeff}$ | | SC = SN; n = 1.0 |
| Flexible | Rígido | $SN_{OL}=SN_Y - F_{RL}SN_{xeff}$ | | SC = SN; n = 1.0 |
| rígido | Flexible | DOL=DY (Ver Comentarios) | | El análisis de revestimiento |
| | | | | Tratado como un nuevo diseño de pavimento flexible existente como nueva fundación (subrasante) |
| | | | | |
| | | | | |
| rígido | rígido | $D_{OL}=D_Y - F_{RL}(D_{xeff})$ | | SC = D; n = 1.0 (Revestimiento Amarrado) |
| | | $D_{OL}=(D_Y)^{1.4} - F_{RL}(D_{xeff})^{1.4}$ | | SC = D; n = 1.4 (Revestimiento Parcialmente Vinculado) |
| | | $D_{OL}=(D_Y)^2 - F_{RL}(D_{xeff})^2$ | | SC = D; n = 2.0 (Revestimiento de bonos no adherentes) |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos – Materiales, Diseño y Conservación

Debemos de tener en cuenta que la Guía AASHTO toma el concepto de capacidad estructural en el diseño de recapeo, el cual va a ser cuantificado por el número estructural. La dimensión del espesor que va a tener un recubrimiento requerido vendrá a ser la cantidad que aumentará el número estructural efectivo, teniendo en cuenta el tráfico proyectado y a los demás parámetros. (Menéndez, 2012)

$$SN_{ol} = a_{ol}D_{ol} = SN_f - SN_{eff}$$

Donde:

SN_{ol} : Número estructural que aporta el recapeo

A_{ol} : Coeficiente estructural del recapeo

D_{ol} : Espesor de recubrimiento requerido en pulgadas

SN_f : Número estructural requerido para la demanda de tráfico en el futuro.

SN_{eff} : Número estructural efectivo del pavimento existente.

a. Determinación del número estructural efectivo del pavimento existente (S_{Neff})

El SN_{eff} que va a presentar un pavimento, se determina empleando los resultados obtenidos al realizar los ensayos no destructivos basados en las deflexiones estudiadas, también se tendrá en cuenta los resultados de la condición del pavimento al haber realizado su evaluación y por último la vida remanente. (Menéndez, 2012)

- Determinación de S_{Neff} mediante ensayos no destructivos

Para determinar el SN_{eff} , la guía AASHTO nos indica que la capacidad estructural que puede presentar el pavimento, se encontrará en función de su espesor total y la rigidez general. A continuación, se presenta la relación que existe entre estos parámetros mencionados. (Menéndez, 2012)

$$SN_{eff} = 0.045D^3\sqrt{E_p}$$

Dónde:

D : Espesor total de todas las capas del paquete estructural, por arriba de la subrasante en pulgadas.

E_p : Módulo efectivo de las capas de pavimento por arriba de la subrasante.

E_p se determina siguiendo los siguientes pasos:

Se debe realizar el ensayo de deflectometría de impacto (FWD) sobre el pavimento evaluado, utilizando una carga de 40 kN. Midiendo las deflexiones que se pueden presentar en el centro donde se está aplicando la carga. (Menéndez, 2012)

$$M_{R (psi)} = \frac{0.24P}{d_r r}$$

Dónde:

P : Carga aplicada FWD en libras

D_r : FWD la deflexión a una distancia r del centro de la carga en pulgadas

r : Distancia del centro de la carga de tracción delantera en pulgadas.

2.1.3. Reciclaje de pavimentos

Debemos entender por reciclaje al reusó de un material que es extraído del propio pavimento, el cual, ya cumplió con la finalidad proyectada, generalmente este material deberá pasar por un adecuado tratamiento. Puede emplearse en la construcción de refuerzos para la misma vía, como también en una capa nueva de la calzada. Existen factores que han influenciado en el empleo de estas técnicas. (Menéndez, 2012).

- Crisis energética existente, la cual es causa en el aumento de los precios en los productos que vienen a ser derivados del petróleo.
- El constante agotamiento de todas las fuentes que sirven para la obtención de los agregados
- La necesidad e importancia de preservar el medio ambiente y todos los aspectos ecológicos que involucran.

2.1.3.1. Tipos de reciclaje

a. Reciclaje superficial

Va a consistir en el tratamiento que se va a realizar a la superficie del pavimento, los espesores no van a exceder a los 2.5 centímetros, pero teniendo en cuenta que los deterioros que van a presentar estos pavimentos no van a ser debido a las deficiencias estructurales. Va a incluir a todos los procedimientos que pueden ser; superficie cepillada o escarificada, triturada y adicionada, en el cual se podrán incorporar porcentajes pequeños de materiales vírgenes y puede realizarse en un proceso frío como también en caliente. (Menéndez, 2012).

b. Reciclaje en el lugar (in – situ)

Se le conoce como un reciclaje en frío, se puede ver involucrado el material que existe en la subbase, por el cual se puede rehabilitar pavimentos flexibles con profundidades mayores a los 2.5 centímetros. El espesor será escarificado y lo extraído será triturado hasta obtener el tamaño que se espera. Las adiciones más empleadas son emulsiones asfálticas, mezcla de cal, cemento portland y también las cenizas volantes. (Menéndez, 2012).

c. Reciclaje en planta

Se le conoce como un reciclaje en caliente, el espesor será escarificado y el material extraído se transportará a una planta en la cual seguirá un proceso de trituración y de clasificación de granulometría. La mezcla obtenida se llevará al sitio donde se va a realizar la colocación en el cual se va a distribuir y compactar. (Menéndez, 2012).

2.1.3.2. Ventajas de las técnicas de reciclado

Tabla 11. Principales ventajas de las técnicas de reciclado

| Técnica de reciclado | Ventajas |
|-----------------------------|---|
| Reciclado superficial | -Mejora la propiedad de resistencia al deslizamiento. |
| | -Corrige las deficiencias de origen superficial. |
| | -Mejora el perfil geométrico de la calzada. |
| | -Permite eliminar la capa de restitución de gálibo en refuerzos del pavimento. |
| Reciclado "IN SITU" | -Mejora la resistencia al deslizamiento. |
| | -Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural. |
| | -Permite elevar en forma limitada la resistencia estructural del pavimento. |
| | -Elimina temporalmente las fisuras reflejas. |
| | -Permite corregir las propiedades de las mezclas asfálticas superficiales (6 a 7 cm) con deformaciones plásticas. |
| | -Mejora el perfil geométrico de la calzada. |
| Reciclado en planta | -Refuerza estructuralmente al pavimento de acuerdo con las necesidades del proyecto. |
| | -Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural. |
| | -Produce mezclas asfálticas de mejor calidad. |
| | -Permite eliminar o corregir las capas intermedias de deficiente comportamiento. |
| | -Elimina las fisuras reflejas. |
| | -Mejora la resistencia al deslizamiento. |
| | -Corrige el perfil geométrico de la calzada. |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras

a. Reciclaje superficial

Va a ser parte de una solución en los casos que existan fallas como deslizamientos, entre otros tipos de falla en la superficie, como degradación de la carpeta; en el cual se podrá aplicar a espesores del pavimento que son delgados; ya que eliminando un espesor superficial que sea muy débil, da la opción a regenerar aquellas características importantes que brinda el pavimento, como es, la resistencia al deslizamiento. (Montejo, 2002)

- Fresado en frío

Va a ser un proceso controlado automáticamente, que consistirá en un molido en frío de toda la capa superficial del pavimento, y así poder restaurar todas las ondulaciones e imperfecciones, corrigiendo las fallas que esta capa pueda presentar; las maquinas que se emplean para realizar estas labores se llaman fresadoras, y serán perfectas para dejar una superficie con una textura optima que será capaz de resistir al deslizamiento y al hidropelaje. (Montejo, 2002)

- Cepillado

Serán necesarias unas máquinas que reciben el nombre de cepilladoras o también conocidas como rascadoras, su trabajo lo realizarán empleando cuchillas que solo se podrán usar en levantamientos de capas con pequeños espesores sobre un pavimento que deberá recibir un previo calentamiento antes de proceder con el trabajo. (Montejo, 2002)

- Termo – reperfilado

Seguirá una secuencia de operaciones; en primer lugar, se realizará un calentamiento previo calentamiento con rayos infrarrojos al pavimento, a continuación, se realiza el escarificado de todo el espesor del pavimento, teniendo en cuenta no exceder los 25 mm; luego se procede a homogenizar todo el material que ha sido escarificado. Por último se realiza la debida compactación hasta alcanzar la densidad deseada. Debemos de tener en cuenta que en este proceso no se emplea mezclas bituminosas nuevas (Montejo, 2002)

- Termo – regeneración

Este proceso presenta una similaridad con el proceso anterior, lo que lo hace variar es que se incluirá una mezcla nueva, la cual se va a colocar sobre la carpeta

que ha sido escarificada y mejorada o no con un agente rejuvenecedor, luego se procederá a una compactación de estas capas sin que sean mezcladas. (Montejo, 2002)

b. Reciclaje en el lugar

Es un proceso de pulverización de la capa superficial existente, mezclándola con el material que será extraído de la base; hasta alcanzar la resistencia deseada, que será suficiente para soportar de manera adecuada todas las cargas que pueden ejercer el tránsito futuro; para esta mezcla se añadirá un aditivo apropiado que va a depender de diferentes factores como, la resistencia requerida, el uso proyectado y el costo de este aditivo. Podemos encontrar entre los más usados para este proceso al cemento asfáltico, emulsiones, cal y cemento portland. Para obtener un buen resultado debemos de proteger con otra capa de rodadura a la capa que ha sido estabilizada, protegiéndola de los efectos dañinos y abrasivo externos. (Montejo, 2002)

c. Reciclaje en planta (En caliente)

Consiste en la combinación de materiales que van a ser recuperados de la capa superficial y de la capa de base granular, y añadiéndoles nuevos materiales como asfalto y agregados; todo este proceso se llevará a cabo en una planta central, produciendo así una mezcla de pavimentación en caliente que va a cumplir con los requisitos y especificaciones deseadas. Debemos de tener en cuenta que para lograr la recuperación de las propiedades del asfalto se busca la ayuda de rejuvenecedores; cuando se observa en el pavimento fenómenos como el desprendimiento de agregados o fisuramientos, es un indicador del endurecimiento del asfalto debido a un proceso físico-químico que conlleva a un envejecimiento del asfalto por reacciones de evaporación y oxidación. Los agentes que serán parte del reciclaje deben cumplir las siguientes funciones (Montejo, 2002):

- Rejuvenecer la estructura del asfalto fisicoquímicamente para hacerlo durable.

- Buscar una óptima trabajabilidad de la mezcla nueva, restaurando el nivel de consistencia del asfalto.

Para que se cumpla las funciones indicadas, estos agentes que en su mayoría son derivados del petróleo, dichos agentes deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Alto punto de inflamación
- Alta viscosidad
- Alto contenido de hidrocarburos aromáticos
- Resistencia al endurecimiento
- Compatibilidad total

2.1.3.3. Diseño de mezclas asfálticas recicladas en frío (Método del Instituto del asfalto)

Se mezcla los agregados naturales con los agregados de la mezcla que ha sido recuperada, obteniendo así los requerimientos indicados en la tabla siguiente. Luego, se realiza la elección y determinación de la cantidad del asfalto que será apropiada para la mezcla. (Montejo, 2002).

Tabla 12. Gradaciones sugeridas para el reciclaje en frío.

| Tamiz | | Porcentaje que pasa | | | | | | |
|-------|-------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | Gradación abierta | | | Gradación densa | | | |
| m.m. | Pg. | A | B | C | D | E | F | G |
| 28.1 | 1 1/2 | 100.0 | | | 100.0 | | | |
| 25.0 | 1 | 95-100 | 100.0 | | 80-100 | | | |
| 19.0 | 3/4 | | 90-100 | | | | | |
| 12.5 | 1/2 | 25-60 | | 100.0 | | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 9.5 | 3/8 | | 20-55 | 85-100 | | | | |
| 4.5 | No. 4 | 0-10 | 0-10 | | 25-85 | 75-100 | 75-100 | 75-100 |

| | | | | | | | | |
|------|---------|-----|-----|-----|---------|------|-------|---------|
| 2.36 | No. 8 | 0-5 | 0-5 | | | | | |
| 1.18 | No. 16 | | | 0-5 | | | | |
| 0.3 | No. 50 | | | | | | 15-30 | |
| 0.2 | No. 100 | | | | | | | 15-65 |
| 0.08 | No. 200 | 0-2 | 0-2 | 0-2 | 42064.0 | 0-12 | 44170 | 44166.0 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras

a. Combinación de agregados

Se combinará el agregado nuevo, el agregado recuperado de la mezcla asfáltica y si en caso se presente, el de la base granular; debe cumplir con la granulometría indicada en la tabla anterior. Los agregados del pavimento deben estar sujetos a los siguientes requisitos, al menos uno (Montejo, 2002):

- IP x % que pasa el tamiz de 75 μm < 72
- Equivalente de arena > 30

b. Selección del nuevo asfalto

Se necesita contar con experiencias previas, conocer los diferentes tipos de asfaltos que están disponibles, emplear los equipos adecuados y conocer las condiciones ambientales del lugar; ya que es muy importante realizar una adecuada selección del grado y tipo del asfalto. Debemos de utilizar un asfalto mucho más pesado como regla general. (Montejo, 2002)

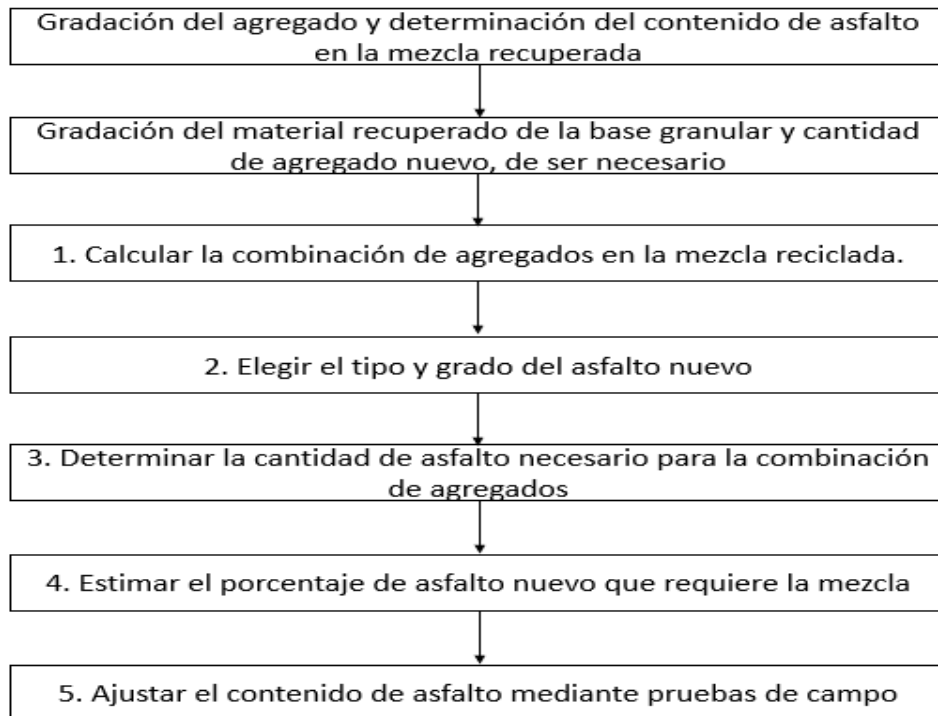


Figura 24. Diagrama de flujo para el diseño de mezclas asfálticas recicladas en frío.

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras.

Tabla 13. Gradaciones sugeridas para el reciclaje en frío

| Tipo de mezcla | Gradaciones sugeridas (Tabla 8) | Aniónicas | | | Catiónicas | | |
|-------------------|---------------------------------|-----------|-------|--------|------------|-------|--------|
| | | ARM | ARL-I | ARL-Ih | CRM | CRL-I | CRL-Ih |
| En planta: | | | | | | | |
| Abierta | A, B, C | X | | | X | | |
| Densa | D | | X | X | | X | X |
| Arena - emulsión | e, f | | X | X | | X | X |
| En vía | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------|--|---------|---|---|---|---|---|---|
| Abierta | | A, B, C | X | | | X | | |
| Densa | | D | | X | X | | X | X |
| Arena - emulsión | | E, F | | X | X | | X | X |
| Suelo - emulsión | | G | | X | X | | X | X |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras.

c. Determinación de la cantidad necesaria de asfalto para la combinación de agregados

Se emplea la siguiente fórmula:

$$PC = \frac{0.035a + 0.045b + Kc + F}{R}$$

Dónde:

- Pc:** Porcentaje del asfalto en peso de la mezcla total.
- a:** Porcentaje de material mayor a 2.36 mm (Tamiz No. 8).
- b:** Porcentaje de partículas entre 2.36 mm y 75 µm (No. 8 a No. 200).
- c:** Porcentaje de partículas menores a 75 µm (No. 200).
- k:** 0.15 si el porcentaje inferior a 75 µm está entre 11 y 15; 0.18 si está entre 6 y 10; 0.20 si es menor o igual a 5.
- F:** Varía entre 0 y 2% de acuerdo con la absorción del agregado. La fórmula se basa en un material pétreo con peso específico de 2.6 a 2.7. Si no dispone de información, puede adoptarse un valor entre 0.7 y 1.0
- R:** Concentración del producto asfáltico (1.0 para cemento asfáltico y suele variar entre 0.60 a 0.65 en emulsiones asfálticas)

d. Porcentaje de asfalto nuevo por añadir

Es la diferencia que presenta la demanda de todo el asfalto y la porción del pavimento que ha sido recuperado. (Montejo, 2002).

$$Pr = Pc \cdot \frac{Pa \times \frac{Pp}{100}}{R}$$

Dónde:

Pr: Porcentaje de asfalto nuevo en la mezcla reciclada.

Pc: Porcentaje de asfalto por peso de la mezcla total (Paso 3).

Pa: Porcentaje de asfalto en la mezcla recuperada del pavimento.

Pp: Porcentaje en que interviene el pavimento asfáltico nuevo como porcentaje.

Para poder expresar como porcentaje la cantidad del nuevo asfalto que se necesita en relación con el peso de los componentes pétreos, se necesita la siguiente expresión:

$$Pd = \frac{100Pr}{100 - Pr}$$

e. Prueba de campo para ajuste de la dosificación

Viene a ser el último paso a realizar; se debe determinar los ajustes que son necesarios para para la producción de una mezcla resistente al realizar una prueba a escala natural, esta mezcla debe presentar una alta resistencia a las deformaciones y al agrietamiento. (Montejo, 2002).

f. Diseño de espesores

El Instituto del Asfalto tiene como base el empleo de emulsiones asfálticas para poder realizar un diseño adecuado con capas recicladas en frío. Se debe de tener como dato al tránsito, el cual es determinado como número acumulado de EE de 8.2 ton (80 kN = 18 kips); otros puntos a tener en cuenta es el soporte de la subrasante, el tipo de mezcla a emplear. Es recomendable la protección de las mezclas densas en frío hasta que curen completamente, ya que van a presentar una resistencia muy baja a los desprendimientos. (Montejo, 2002).

Tabla 14. *Espesores mínimos de capa superficial sobre una base reciclada en frío.*

| Número de ejes equivalentes de 80 kN | Espesor mínimo (mm) |
|---|----------------------------|
| <10 ⁴ | Tratamiento superficial |
| 10 ⁴ | 50 |
| 10 ⁵ | 50 |
| 10 ⁶ | 75 |
| 10 ⁷ | 100 |
| >10 ⁷ | 130 |

Fuente. *Ingeniería de Pavimentos para carreteras*

2.1.3.4. Diseño de mezclas asfálticas recicladas en caliente (Método del Instituto del asfalto)

Para diseñar este tipo de mezcla se puede realizar con la ayuda de método Hveem como con el Método Marshall. Para poder tener una granulometría que pueda cumplir con los requerimientos se debe realizar una buena combinación de los materiales granulares extraídos del pavimento asfáltico recuperado con los agregados nuevos. Luego de haber determinado las proporciones se procede a calcular la cantidad necesaria y la clase del asfalto nuevo. Se brindan fórmulas para poder realizar el respectivo diseño de la mezcla reciclada en caliente. (Montejo, 2002)

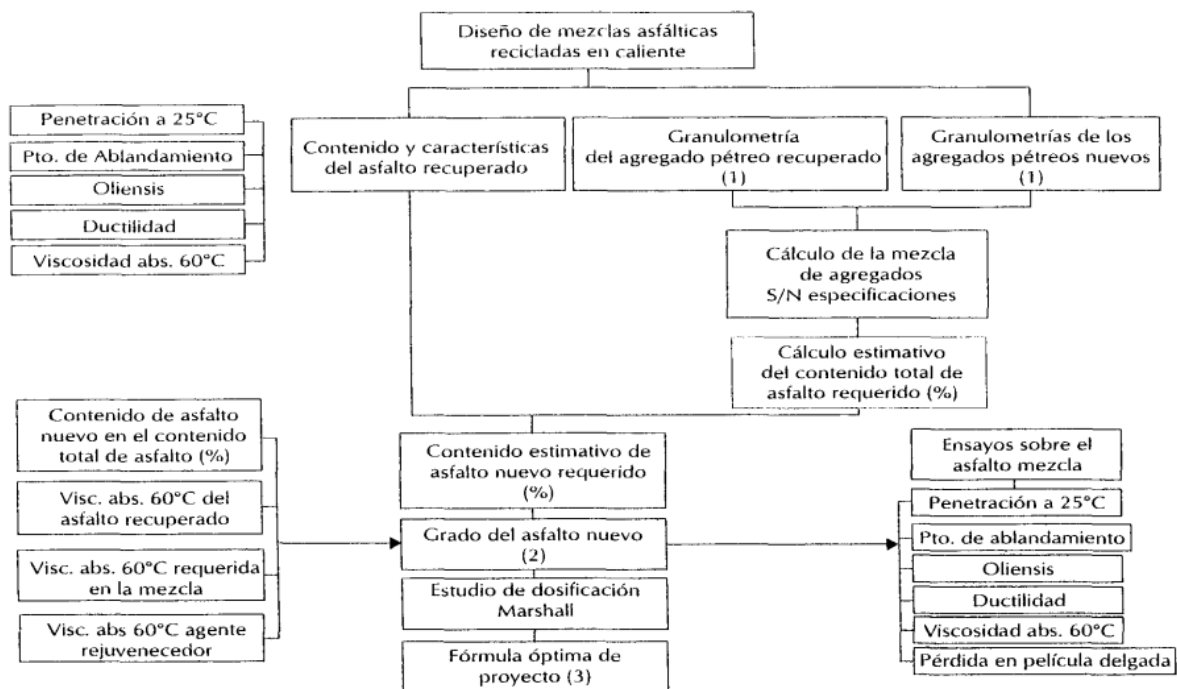


Figura 25. Diagrama de flujo para el diseño de mezclas asfálticas recicladas en caliente.

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras.

a. Agregados combinados en la mezcla reciclada

Se debe calcular la granulometría combinada, la cual va a reunir los requisitos deseados en las especificaciones técnicas, esto se logrará usando una adecuada gradación de los agregados extraídos del pavimento asfáltico. (Montejo, 2002)

b. Demanda de asfalto para la combinación de agregados

$$P_c = 0.035a + 0.045b + Kc + F$$

Siendo:

Pc: Porcentaje de asfalto por eso de la mezcla total.

a: Porcentaje de agregado, mayor a 2.36 mm (No. 8).

b: Porcentaje de material entre 2.36 mm y 75 µm (No. 8 y No. 200).

c: Porcentaje de partículas menores a 75 µm (No. 200).

K: 0.15Nsi el porcentaje inferior a 75 µm está entre 11 y 15; 0.18 su porcentaje está entre 6 y 10; 0.20 si es menor o igual a 5.

F: De acuerdo a la absorción del agregado varía entre 0 y 2.0%

c. Porcentaje de asfalto nuevo en la mezcla

$$Pr = Pc - Pa \times \frac{Pp}{100}$$

Siendo:

Pr: % de asfalto nuevo en la mezcla reciclada

Pc: % de asfalto por peso de la mezcla total.

Pa: % de asfalto en la mezcla recuperada del pavimento

Pp: % en que interviene el pavimento asfáltico recuperado dentro de la mezcla reciclada.

Para poder expresar como porcentaje la cantidad del nuevo asfalto con respecto al peso de los agregados. (Montejo, 2002)

$$Pa = \frac{100Pr}{100 - Pr}$$

d. Selección del grado del asfalto nuevo

Con la ayuda de la siguiente figura se puede elegir la viscosidad a la que se quiere alcanzar al combinar los asfaltos, escogiendo una viscosidad parecida a la del asfalto AC-20, que va a presentar una viscosidad de 2000 Poises. Se debe de tener en cuenta que, en la figura 37, el trazo vertical va a representar al asfalto nuevo de la mezcla en porcentaje y el trazo horizontal la viscosidad pretendida, y la intersección de estas dos líneas la denominaremos, punto A; a continuación, en el eje vertical que se encuentra al lado izquierdo se gráfica la viscosidad del asfalto viejo que ha sido recuperado del pavimento, y lo nombramos como punto B. Como paso final, con una recta unimos ambos puntos, hasta hacerla llegar al eje que se encuentra en el lado derecho. Si el punto interceptado señala un asfalto con un grado inferior al rango del AC-2.5, se deberá reducir la porción de pavimento reciclado o en última instancia agregar un agente de reciclaje. (Montejo, 2002).

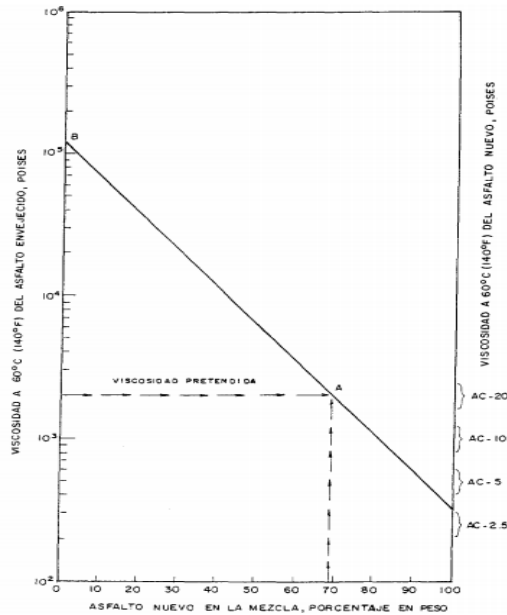


Figura 26. Diagrama para la combinación de pavimento recuperado y pavimento nuevo

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras

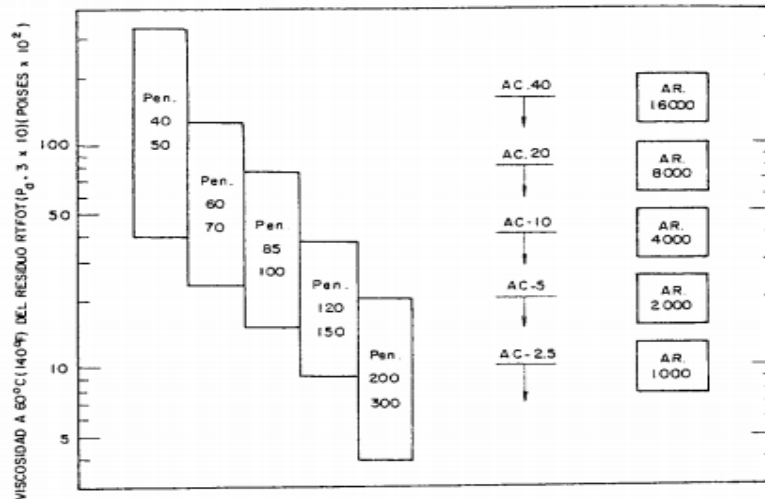


Figura 27. Comparación de grados de penetración y grados de viscosidad de pavimentos flexibles (Basados en el residuo RTFOT, para los grados AR y los grados de penetración; y en el residuo TFOT para los grados AC).

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras.

e. Tanteo de diseño de mezcla y selección de la fórmula de trabajo

Usando el método Marshall o el Hveem se debe realizar los respectivos tanteos, el cual para llegar a alcanzar una mezcla que cumpla con lo requerido, se puede ir ajustando la cantidad del nuevo asfalto que se desea emplear en la combinación. (Montejo, 2002).

Tabla 15. Combinación de agregados para la mezcla reciclada

| | 30% agregado de la capa de rodadura + | 60% agregado de la base granular + | 10% agregado nuevo = | Agregados Combinados |
|----------------------|--|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Tamiz | % pasa | % pasa | % pasa | % pasa |
| 25.0 mm (1 pulg) | $100 \times 0.3 = 30.0 +$ | $100 \times 0.6 = 60.0 +$ | $100 \times 0.1 = 10.0 =$ | 100.0 |
| 19.0 mm (3/4 pulg) | $98 \times 0.3 = 29.4 +$ | $92 \times 0.6 = 55.2 +$ | $100 \times 0.1 = 10.0 =$ | 94.6 |
| 9.5 mm (3/8 pulg) | $85 \times 0.3 = 25.5 +$ | $45 \times 0.6 = 27.0 +$ | $100 \times 0.1 = 10.0 =$ | 62.5 |
| 4.75 mm (No. 4) | $65 \times 0.3 = 19.5 +$ | $19 \times 0.6 = 11.4 +$ | $94 \times 0.1 = 9.4 =$ | 40.3 |
| 2.36 mm (No. 8) | $52 \times 0.3 = 15.6 +$ | $5 \times 0.6 = 3.0 +$ | $85 \times 0.1 = 8.5 =$ | 27.1 |
| 300 μ m (No. 50) | $22 \times 0.3 = 6.6 +$ | $1 \times 0.6 = 0.6 +$ | $26 \times 0.1 = 2.6 =$ | 9.8 |
| 75 μ m (No. 200) | $8 \times 0.3 = 2.4 +$ | $1 \times 0.6 = 0 +$ | $6 \times 0.1 = 0.6 =$ | 3 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras

Tabla 16. Especificaciones de obra ASTM D 3515

| Tamiz | Límites % pasa | Agregados combinados % pasa |
|---------------------|---------------------------|--|
| 25.0 mm (1 pulg.) | 100 | 100 |
| 19.0 mm. (3/4 pulg) | 95 - 100 | 94.6 |
| 9.5 mm. (3/8 pulg) | 56 - 80 | 62.5 |
| 4.75 mm. (No. 4) | 35 - 65 | 40.3 |
| 2.36 mm. (No. 8) | 23 - 49 | 27.1 |
| 300 μm (No. 50) | 5 - 19. | 9.8 |
| 75 μm (No. 200) | 2 - 6. | 3 |

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras

f. Diseño de espesores

Se puede aplicar el mismo diseño que se aplica para estructuras nuevas; pero, teniendo en cuenta siempre el aumento del tránsito pesado con respecto a su magnitud y a su frecuencia, lo cual provoca que se necesite una mayor resistencia del pavimento que el anterior. En la siguiente figura se puede observar un diagrama de flujo de las principales evaluaciones que se deben realizar para poder hacer una correcta evaluación del pavimento con respecto a un proyecto de refuerzo en el cual se emplea mezcla asfáltica reciclada en caliente. (Montejo, 2002).

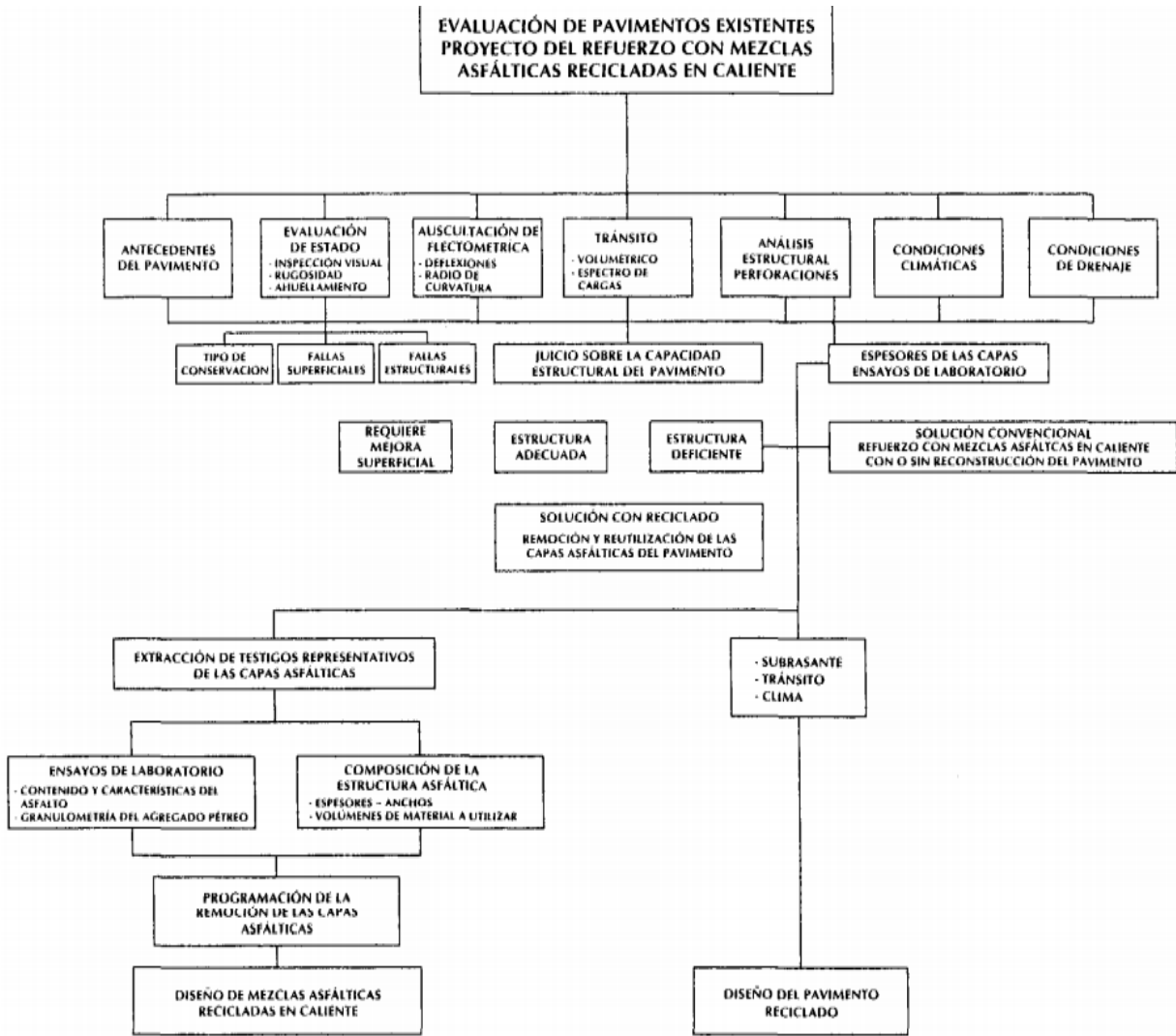


Figura 28. Evaluación del pavimento existente y proyecto del refuerzo con mezclas asfálticas recicladas en caliente.

Fuente. Ingeniería de Pavimentos para carreteras.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de enfoque y diseño de investigación

3.1.1 Enfoque de investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo porque se fundamenta en la realidad de manera externa y objetiva asimismo el resultado y las dimensiones de la variable se medirá de una forma numérica y se realiza con un método deductivo. (Monje, 2011)

3.1.2 Tipo de investigación

3.1.2.1 Tipo de investigación por el propósito

La investigación según su propósito es aplicada, pues para el estudio se utilizarán teorías y conceptos ya establecidos en el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos versión 1993, esta metodología provee los parámetros para el diseño de pavimentos flexibles con el fin de obtener los espesores del mismo.

3.1.2.2 Tipo de investigación por el diseño

La investigación por su diseño es de tipo no experimental, porque no existe manipulación de la variable, además es descriptiva por lo que solo el investigador realizará el mejoramiento del pavimento flexible de la avenida Eguren en Trujillo.

3.1.2.3 Tipo de investigación por el nivel

La presente investigación es de nivel descriptiva porque se realizará un mejoramiento del pavimento flexible de la avenida Eguren en Trujillo, describiendo el estado actual para luego proponer una rediseño del mismo.

3.1.3 Diseño de investigación:

El diseño de investigación es de tipo no experimental, porque no se realizará el control de la variable, también es transversal pues el estudio y recolección de datos de la variable se hará en un único periodo de tiempo, asimismo descriptivo porque se evaluará la vulnerabilidad sísmica y si el comportamiento de las estructuras es la adecuada.

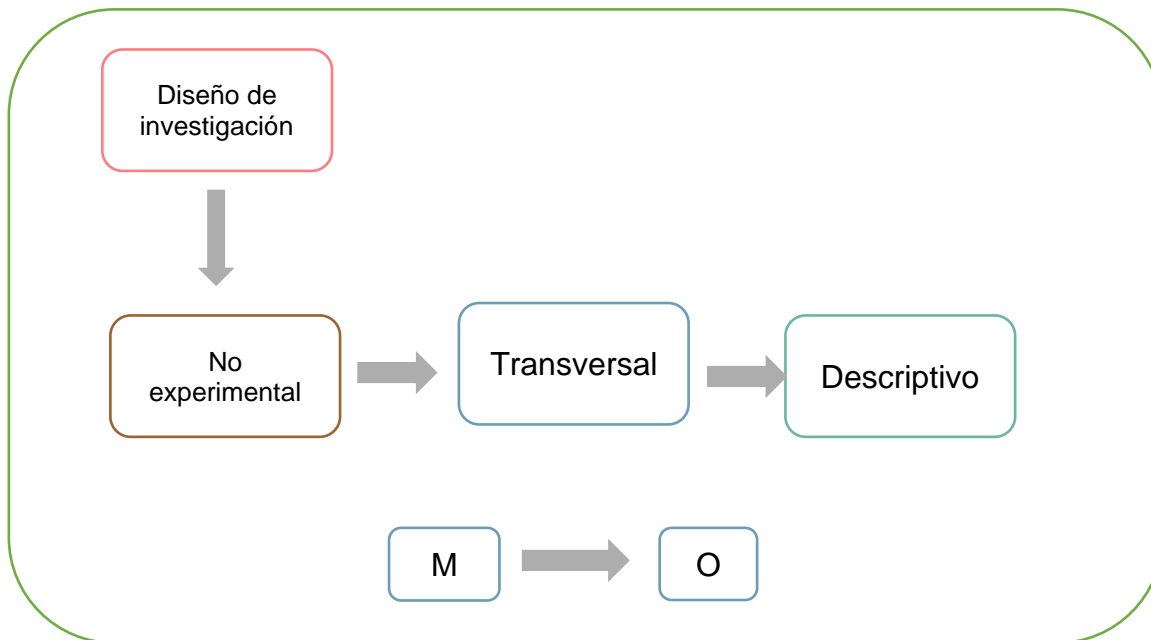


Figura 41. Diagrama del diseño de investigación

Tabla 117. Esquema del diseño transversal

| Estudio | T |
|---------|---|
| M | O |

Dónde:

M: Pavimento flexible de la avenida Eguren.

O: Mejoramiento.

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Variables

Mejoramiento

Es el proceso a través del cual la estructura del pavimento, es mejorada o restaurada a su condición inicial de soporte. Se lleva a cabo con la

recuperación ya sea con o sin estabilización del pavimento deteriorado en combinación con material de aporte si fuese necesario (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002).

3.2.1.1 Clasificación de variables

Tabla 118. Matriz de clasificación de variables

| CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Variable | Relación | Naturaleza | Escala de medición | Dimensión | Forma de medición |
| Mejoramiento | Independiente | Cuantitativo Continua | Razón | Multi- dimensional | Indirecta |

3.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 119. Matriz de operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidades | Escala de Medición |
|-------------------------|--|--|---------------------------------|---|----------------|--------------------|
| Mejoramiento | Es el proceso por medio del cual la estructura del pavimento, es restaurada a su condición original de soporte. Se obtiene de la recuperación con o sin estabilización, del pavimento existente en combinación con material de aporte si es necesario (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002) | Se hará un monitoreo del estado actual de los pavimentos flexibles y a partir de ello recomendar una adecuada técnica de solución, para mejorar las características superficiales o estructurales de estos pavimentos. | Recolección de información base | Longitud | km | Razón |
| | | | | Topografía | Adimensional | Razón |
| | | | | Ancho de calzada | m | Razón |
| | | | | Número de carriles | Unidades | Razón |
| | | | | Ancho de vereda | m | Razón |
| | | | | Velocidad directriz | km/h | Razón |
| | | | | Espesor de pavimento | pulgadas | Razón |
| | | | | Tipo de pavimento | Adimensional | Razón |
| | | | Condición superficial | Índice de Condición del Pavimento (PCI) | Adimensional | Razón |
| | | | | Índice de Regularidad Internacional (IRI) | m/km | |
| | | | | Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) | Adimensional | |
| | | | Condición Estructural | Deflexiones | mm | Razón |
| | | | | Espesores de capas | m | |
| | | | Estudios topográficos | Distancia | m | Razón |
| | | | | Área de estudio | m ² | |
| | | | | Ángulos | (°, ', ") | |
| | | | | Elevación | (msnm) | |
| | | | Estudio Geotécnico | Contenido de Humedad | % | Razón |
| Análisis granulométrico | Adimensional | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|----------------------|---|-------------------------------------|-------|
| | | | | Límites de Atterbergg | Adimensional | |
| | | | | Peso específico | kg/cm ³ | |
| | | | | CBR | % | |
| | | | Estudio hidrológico | Precipitación media anual | mm/año | Razón |
| | | | Estudio de tráfico | IMDA | veh/año | Razón |
| | | | | Tasa de crecimiento | % | |
| | | | | Número de repeticiones de ejes equivalentes | Adimensional | |
| | | | Parámetros de diseño | Período de diseño | años | Razón |
| | | | | Confiabilidad | % | |
| | | | | Serviciabilidad | Adimensional | |
| | | | | Desviación estándar total So | Adimensional | |
| | | | | Módulo resiliente | KSI | |
| | | | Diseño estructural | Número estructural | Adimensional | Razón |
| | | | | Coficiente estructural de capa | 1/cm | |
| | | | | Coficiente de drenaje de capa | Adimensional | |
| | | | | Espesor de capa | pulgadas | |
| | | | Estudio de Costos | Metrados | m ³ , m ² , m | Razón |
| | | | | analisis de costos unitarios | soles | |
| | | | | Presupuesto | soles | |

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1 Población

Los pavimentos flexibles de Trujillo en el 2021.

3.3.1.1 Criterios de inclusión

- Se escogerá una avenida de la ciudad de Trujillo que presente los siguientes criterios:
- Conformada con pavimento flexible en frío con un espesor de 2" como mínimo.
- Presente dos calzadas, con un ancho aproximado de 6 metros.
- Presente un separador central mayor a 1.0 m.
- Paquete estructural conformado sobre una subrasante con CBR mayor a 6%.
- Elevado flujo vehicular mayor a 1500 veh/día, de los cuales posean un tráfico pesado mayor a 5%.
- Antigüedad de conformado mayor a 10 años.

3.3.1.2 Población objetivo

El pavimento flexible de la avenida José María Eguren de la ciudad de Trujillo, 2021.

3.3.2 Muestra

720 m de pavimento flexible de la avenida José María Eguren de la ciudad de Trujillo.

3.3.3 Unidad de análisis

720 m de pavimento flexible de la avenida José María Eguren de la ciudad de Trujillo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Para el presente trabajo de estudio se recurrirá al uso de técnicas de observación y análisis documental, la primera porque se analizará el estado actual del pavimento, como también de las propiedades de las capas interiores del paquete estructural; y el análisis documental ya que

se hará uso de normas, manuales, documentos guía para el desarrollo del diseño del mejoramiento de los pavimentos flexibles.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizará la guía de observación, ya que se utilizará formatos como el que nos brinda la ASTM D6433 para la inspección del pavimento, como también el formato de conteo vehicular para calcular el volumen de tráfico.

También se utilizará la ficha de resumen, en este caso se hará uso de documentos como: Manual PCI - ASTM D6433, norma AASHTO 93, Manual DG – 2018, entre otros; los cuales serán guía para el adecuado seguimiento de los procesos para determinar el diseño de la rehabilitación de pavimentos.

Tabla 19. Instrumentos de recolección de datos

| VARIABLE | DIMENSIONES | INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Mejoramiento | Recolección de información base | Guía de observación 01 (Anexo 01) |
| | Condición superficial | Guía de observación 02 (Anexo 02) |
| | | Ficha de resumen 01 (Anexo 03) |
| | | Ficha de resumen 02 (Anexo 04) |
| | | Guía de observación 03 (Anexo 05) |
| | Condición Estructural | Guía de observación 04 (Anexo 06) |
| | | Guía de observación 05 (Anexo 07) |
| | | Guía de observación 06 (Anexo 08) |
| | Estudios topográficos | Guía de observación 07 (Anexo 09) |
| | Estudio Geotécnico | Guía de observación 08 (Anexo 10) |
| | | Guía de observación 09 (Anexo 11) |
| | | Ficha de resumen 03 (Anexo 12) |
| | | Ficha de resumen 04 (Anexo 13) |
| | | Guía de observación 10 (Anexo 14) |
| | | Guía de observación 11 (Anexo 15) |
| Estudio hidrológico | Guía de observación 12 (Anexo 16) | |

| | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| | Estudio de tráfico | Guía de observación 13 (Anexo 17) | |
| | | Ficha de resumen 05 (Anexo 18) | |
| | Parámetros de diseño | Ficha de resumen 06 (Anexo 19) | |
| | | Ficha de resumen 07 (Anexo 20) | |
| | Diseño estructural | Ficha de resumen 08 (Anexo 21) | |
| | | Ficha de resumen 09 (Anexo 22) | |
| Estudio de Costos | Guía de observación 14 (Anexo 23) | | |
| | Guía de observación 15 (Anexo 24) | | |
| | Guía de observación 16 (Anexo 25) | | |

3.5. Procedimientos

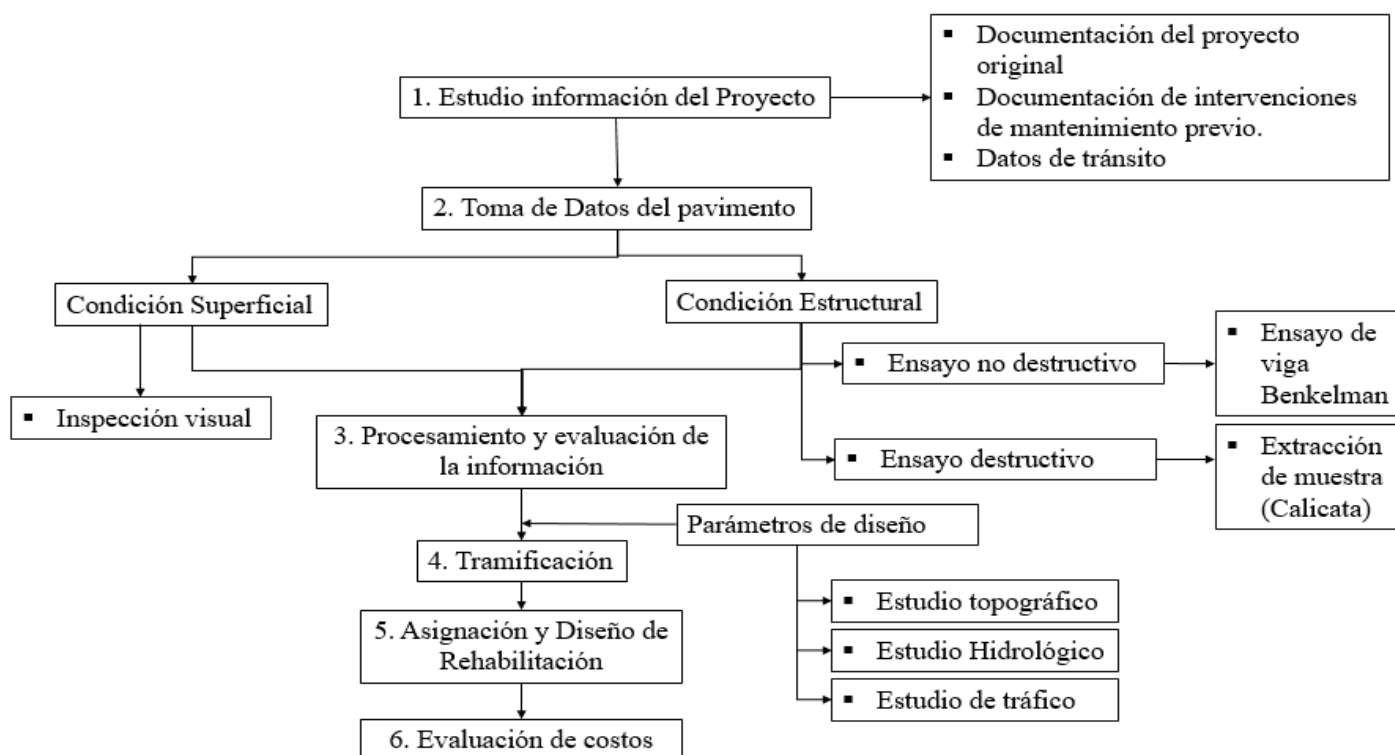


Figura 42. Procedimiento de la tesis.

3.5.1. Recolección de información base

Según el Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos, nos indica que previamente al diseño de la rehabilitación se debe recopilar toda la documentación del pavimento existente; lo principal con lo que se debe de contar es con: (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

- Tipo de material.
- Espesores de cada capa del paquete estructural.
- Data de la subrasante.

Según el Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos, nos indica que previamente al diseño de la rehabilitación se debe recopilar toda la documentación del pavimento existente; lo principal con lo que se debe de contar es con: (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

- Tipo de material.
- Espesores de cada capa del paquete estructural.
- Data de la subrasante.

3.5.2. Evaluación Superficial

a. Evaluación de la condición del pavimento – PCI

El primer paso a realizar para determinar el PCI es el trabajo de campo el cual consta en inspeccionar de manera visual y tomar medida de las fallas presentes en cada unidad de muestra a evaluar, tomando nota de las medidas de cada falla, identificándolas según el tipo de falla que se presentan en el formato de registro de PCI, y el segundo paso es el trabajo de gabinete, en el cual se procede a calcular el la densidad porcentual y posterior a ello el valor de reducción con los ábacos que se muestran en el anexo 03. (ASTM D5340).

| ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------|--------------|----------------|
| PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA. | | | | | | |
| EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO | | | | | ESQUEMA | |
| ZONA | ABSCISA INICIAL | UNIDAD DE MUESTREO | | | | |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | | | |
| CÓDIGO VÍA | ABSCISA FINAL | ÁREA MUESTREO (m ²) | | | | |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | | | |
| INSPECCIONADA POR | | | FECHA | | | |
| <input type="text"/> | | | <input type="text"/> | | | |
| No. | Daño | No. | Daño | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo. | 11 | Parqueo. | | | |
| 2 | Exudación. | 12 | Pulimento de agregados. | | | |
| 3 | Agrietamiento en bloque. | 13 | Huecos. | | | |
| 4 | Abultamientos y hundimientos. | 14 | Cruce de vía férrea. | | | |
| 5 | Corrugación. | 15 | Ahuellamiento. | | | |
| 6 | Depresión. | 16 | Desplazamiento. | | | |
| 7 | Grieta de borde. | 17 | Grieta parabólica (slippage) | | | |
| 8 | Grieta de reflexión de junta. | 18 | Hinchamiento. | | | |
| 9 | Desnivel carril / berma. | 19 | Desprendimiento de agregados. | | | |
| 10 | Grietas long y transversal. | | | | | |
| Daño | Severidad | Cantidades parciales | | Total | Densidad (%) | Valor deducido |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Figura 43. Formato de hoja de registro para pavimento asfáltico.

Fuente: ASTM D5340

- **Unidades de muestreo**

La unidad de muestreo es un tramo o sección del pavimento a evaluar, el cual tiene un tamaño estandarizado para cada tipo de estudio, dicho tramo o unidad de muestreo se toma para calcular el objetivo planteado. (ASTM D5340).

- **Evaluación de la condición**

Proceso mediante el cual se determina el estado superficial del pavimento, en el cual se determinan los tipos de daños teniendo presente su severidad y extensión de estos; determinando la condición actual del pavimento. (Menéndez, 2012).

Dicho índice se comparará en la siguiente tabla, estimando la condición del pavimento:

b. Índice de Serviciabilidad – PSI

El índice de serviciabilidad es un resultado mediante el cual se podrá determinar la condición actual del pavimento o carpeta de rodadura, cuyo valor está comprendido entre 0 (muy malo) y 5 (muy bueno).

Para determinar este valor se realiza una correlación con el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual se mide empleando el equipo llamado Rugosímetro de Merlin. La correlación se lleva a cabo mediante la siguiente formula:

$$PSI=5*e^{(-0.0041*IRI)}$$

c. Índice de Regularidad – IRI

Rugosímetro de Merlin

|Instrumento multifuncional, económico y simple, diseñado especialmente para ser utilizado en países en desarrollo; para la realización de la prueba es necesario el trabajo de dos personas para trabajar juntas, un operador y un asistente, que son los responsables de conducir el equipo y realizar las lecturas. El tramo seleccionado debe contar con 400 metros de longitud en una determinada carretera; se toma las medidas/huellas externas de tráfico.

Se debe realizar 200 observaciones; cada una de estas debe ser percibida por el patín móvil del rugosímetro; asimismo la lectura a tomar en cuenta será tomada a escala del tablero. Para la determinación del valor de rugosidad se debe tomar lectura en

paradas distantes cada 2 metros, dichas lecturas oscilan entre 1 y 50, y esto se irá registrando en un formato de campo (Anexo 05)

La medición debe realizarse de manera continua y con una velocidad media de 2 km/h. (Manual del usuario Merliner, metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos, 2012)

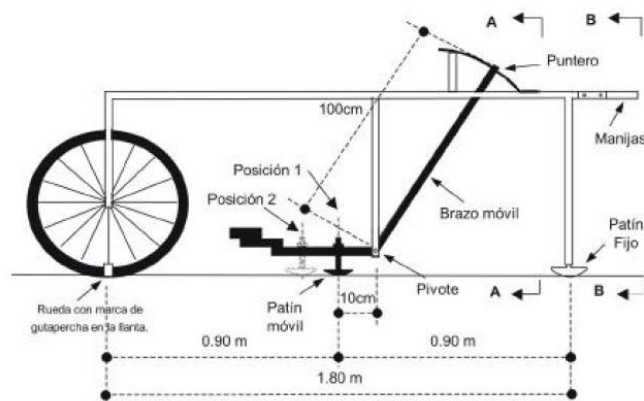


Figura 44. Rugosímetro de Merlín

Fuente. Manual del usuario Merliner, metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos, 2012

3.5.3. Evaluación estructural

a. Ensayos no destructivos

- Deflexiones – Viga Benkelman

La viga Benkelman se usa para determinar aquella deformación elástica producida por la carga estática, que en este caso se utiliza un camión con carga de 8.2 toneladas con medidas y características estandarizadas especificadas en la norma MTC E 1002, características como los neumáticos deben tener una presión de inflado de 80 libras / pulg².

La viga debe ser colocada en la acera detrás del camión, perpendicular al eje de carga para que la punta de prueba se ajuste con el punto de ensayo, para que los vástagos presenten un trayecto libre entre 4 y 6 mm.

A continuación, el camión debe avanzar de una manera lenta para poder tomar lectura de los diales cada 60 segundos, estas lecturas serán registradas en un informe donde también se incluirán radio de curvatura, la deflexión producida, progresivas, estado superficial, espesores y temperaturas del pavimento. (MTC E 1002)

b. Ensayos destructivos

- Espesores de capas

Se realizará la contrastación de los espesores existentes en las capas de la estructura del pavimento, se deben extraer especímenes cada 350 m². Puede emplearse una regla o juego de calibradores, también podría usarse una grúa que pueda medir espesores. Debemos de tener en cuenta que las muestras no deben de presentar distorsiones o agrietamientos. Se medirán las muestras de manera perpendicular a las caras superior e inferior del espécimen; se efectuará cuatro mediciones y el espesor de la capa medida será el promedio de las cuatro mediciones. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

3.5.4. Estudios topográficos

Al realizar el levantamiento topográfico se deberá elegir el equipo más adecuado para este tipo de trabajos, se debe de tener en cuenta que en el plano ira completamente especificada todos los detalles de construcción que se han realizado en el pavimento, también tener en cuenta las obras de protección existentes. Debe detallar los espesores de las capas, juntas en planta, y las obras que pueden existir en todo el tramo. El plano incluirá las especificaciones técnicas de la sub rasante, además precisar en caso exista geosintéticos, fibras, aditivos, entre otros. (Norma Técnica CE. 010, 2010)

a. Procedimiento experimental del estudio topográfico

Se empleará un equipo de levantamiento topográfico, en el cual incluirá la estación total, prisma reflector. Se debe de realizar una previa preparación; se nivelará e instalará el instrumento; se ubica el trípode, extendiendo las patas con la longitud deseada, luego se realiza una nivelación mediante el nivel circular girando los tornillos nivelantes. A continuación, se enciende el equipo, verificando la carga de la batería y que se encuentre totalmente nivelado. Como siguiente paso, realizamos la programación en la pantalla del equipo en caso se quiera obtener datos de los ángulos horizontales tanto como verticales, las distancias y el estacado. Luego para poder realizar la medición de las coordenadas se introduce las alturas del instrumento y del prisma, y los datos del equipo GPS. Debemos realizar un seccionamiento cada 20 metros dependiendo de las especificaciones técnicas. Se continuará con el levantamiento de los datos que puede presentar todo el tramo dentro del derecho de vía, en los cuales se debe de tener cuenta puntos principales, como, muros, viviendas

cajas de agua, desagüe, buzones, postes, veredas, árboles y entre otros. Toda esta información ira detallado en una libreta de campo en la cual irá codificada de manera correcta, se debe incluir rotulación y esquema del tramo levantado. (Manual para revisión estudios topográficos, 2010)

El siguiente paso será una revisión y la contrastación de gabinete; luego de haber concluido el levantamiento topográfico, se extraerá los datos originales obtenidos sin procesar del equipo electrónico y se detallará en archivo txt. Por último, toda la información se presentará plasmado en archivos CAD o también pueden ir impreso en planos, en los cuales irán los puntos tomados de manera detallada; los cuales serán contratados con los apuntes de la libreta de campo. (Manual para revisión estudios topográficos, 2010)

3.5.5 Estudios geotécnicos

Las propiedades que va a presentar el suelo sobre el cual ira la carpeta de rodadura, van a ser las más importantes en el diseño de la estructura del pavimento. Tener en cuenta que estas propiedades físicas que van a presentar los suelos son invariables. Para poder obtener los resultados que van las propiedades del suelo, será imprescindible realizar el desarrollo de ensayos de humedad, relación de valor de soporte de california, Proctor, Limites de Atterberg. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad estará basado en la norma ASTM D2216, se empezará pesando una parte de la muestra extraída a la cuál llamaremos “muestra húmeda”, en un contenedor al que llamaremos “tara”, el cual debe estar seco y totalmente limpio; posterior a ello, se llevará la misma muestra a un horno o estufa para eliminar las partículas de agua contenidas en ella por un periodo de 24 horas a una temperatura aproximada de 110°C, pasada las 24 horas, se procederá a realizar el pesaje de la muestra que obtenemos y que llamaremos “muestra seca” para posteriormente, mediante la fórmula de contenido de humedad, se obtenga dicha propiedad.

$$\text{Contenido de Humedad} = (B-C) / (C-A)$$

Donde:

A: Peso de la tara (g)

B: Peso de la tara más la muestra húmeda (g)

C: Peso de la tara más la muestra seca (g)

- **Análisis granulométrico**

Se realizará el estudio granulométrico mediante la norma ASTM D422, la cual consiste en realizar el tamizado de la extracción de muestra de suelo, se empezará pesando una parte de la muestra así como de los tamices y la bandeja ciega que se utilizarán, posterior a obtener el peso de la muestra de suelo y tamices se empezará a realizar el tamizado, empezando por el tamiz de 2" hasta llegar al fondo de la bandeja que se encuentra debajo al tamiz N° 200 (obteniendo los porcentajes que van pasando de tamiz a tamiz) para así obtener la curva granulométrica. Se empleará la tabla indicada en el Anexo N° 11 para el registro del ensayo.

- **Límites de Atterberg**

El ensayo de límites de Atterberg se realizará mediante la norma ASTM D423. El ensayo permite obtener un límite líquido y un límite plástico. Para ambos ensayos se empezará preparando el material, el cual consiste en elegir el material que pasa el tamiz N°40 e ir agregándole agua si es necesario para obtener una pasta semi-líquida homogénea. Para el límite líquido se necesitará una máquina de Casagrande, en la cual se desmontará nuestra muestra humedecida, se realizará de 3 a 4 veces este ensayo en donde se procederá a dar golpes a la muestra mediante la máquina, la primera dando aproximadamente 40 golpes y obteniendo un contenido de humedad a esa muestra, la segunda dando golpes entre un rango de 25 a 40 golpes, y las otras en un rango entre 10 a 20 golpes y tomando apunte de los contenidos de humedad. Se empleará la que se detalla en el Anexo N° 13 para el registro del ensayo.

Posterior a obtener el contenido de humedad de los ensayos, se construirá una curva de flujo en el cual el eje vertical estará estipulada por el Contenido de humedad (%) y en el eje horizontal irán los números de golpes (en escala logarítmica), en dónde se fijará un punto en el eje horizontal (25 golpes) y se trazará una recta perpendicular a su eje que cortará a la curva de flujo en un punto, este punto se proyectará al eje vertical de contenido de humedad y el cual nos dará el Límite líquido.

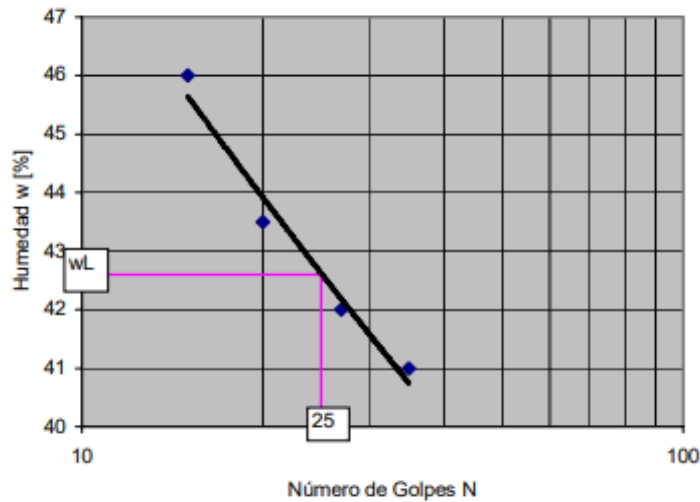


Figura 45. Curva de flujo

Fuente: ASTM D423

Para el límite plástico, se tomará una pequeña muestra de unos 20 gramos aproximadamente y se le irá agregando agua, se la amasará y formará una esfera de la que extraeremos una parte de la esfera para formar cilindros de 3.2 mm en la palma de nuestras manos, si esta no se desmorona al formar el cilindro, se procederá agregar un poco más de agua hasta que la muestra se desmorone al forma el cilindro, en ese preciso momento se tomará apunte del contenido de humedad de la muestra y ese será el límite plástico.

- **Peso específico**

Según la norma ASTM D-1557, se debe escoger el molde a utilizar según el método con el que se va a trabajar, ensamblar con la base y el collar y luego pesarlo, revisando que el ensamblado esté en buenas condiciones. Secar la muestra al aire o con un horno y luego tamizar. Determinar el contenido de Humedad de la muestra. Añadirle agua a 4 o 5 especímenes de modo que el contenido de agua sea aproximado al óptimo.

Compactar la muestra en 5 capas, con 25 golpes cada una, con el mismo espesor aproximadamente. El suelo debe ser esparcido de manera uniforme y apisonado de manera que no esté suelto o esponjoso. La quinta capa no debe exceder en 6 mm la parte superior del molde, si lo hace deberá ser descartada. La relación de los golpes debe ser de 25 golpes/minuto.

Enrasar la muestra en la parte inferior y superior del molde hasta tener una superficie

plana, determinar la masa de la muestra. Finalmente remover la muestra del molde y obtener el contenido de humedad.

Calcular el Contenido de Agua, w.

Para el Peso unitario Seco, se debe calcular la densidad húmeda y la densidad seca, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\rho_d = 1000 \times \frac{M_t - M_{md}}{V}$$

Dónde:

ρ_m = Densidad Húmeda de la muestra compactada (Md/m³)

M_t = Masa de la muestra húmeda y molde (Kg)

M_{md} = Masa del molde de compactación (Kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³)

$$\rho_d = \frac{\rho_d}{1 + \frac{w}{100}}$$

Dónde:

ρ_d = Densidad seca de la muestra compactada (Md/m³)

W = Contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62.43 \text{ pd en lbf/pie}^3$$

$$\gamma_d = 9.807 \text{ pd en kN/m}^3$$

Dónde:

γ_d = peso unitario seco de la muestra compactada.

Se debe realizar y plotear la curva de 100% saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, según:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Dónde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%)

y_w = Peso unitario del agua 9,807 kN/m³ (62.43 lbd/pie³)

y_s = Peso unitario del agua 9,807 kN/m³ (62.43 lbd/pie³)

G_s = Gravedad específica del suelo.

Valor Soporte California (CBR)

Se medirá la resistencia que presentará el suelo al presentarse una penetración del pistón empleado en el ensayo. Este pistón debe de tener un área de 3 pulg², la muestra del suelo extraído debe de tener seis pulgadas de diámetro y cinco pulgadas de altura. Se deberá medir la fuerza alcanzada para lograr la penetración del pistón al interior de la muestra. Las muestras de suelo serán compactadas con diversos contenidos de humedad, los cuales pueden ubicarse por encima o por debajo de la óptima humedad. Con el fin de imitar las condiciones de saturación a las que se verá sometida el suelo que será parte de la subrasante, se sumergirá la muestra en agua por un periodo de 94 horas, de esta manera se podrá obtener el CBR de estas muestras expuestas a condiciones muy críticas. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

3.5.6. Estudios hidrológicos

Es necesario conocer las precipitaciones de lluvias, las cuales van a afectar de manera crítica lo requerido para realizar el diseño de las capas de sub base y base de la estructura de un pavimento, ya que estas capas pueden estar en contacto directo con la superficie, como también se pueden ver afectadas por percolación, ya que la presencia de agua se puede llevar a cabo por encontrarse cerca a lagunas o corrientes de aguas tanto superficiales, como subterráneas, influenciando drásticamente en las propiedades técnicas del suelo, para obtener estos datos es necesario un proceso largo en el cual se empleará métodos estadísticos, de acuerdo a las distintas épocas del año. (Manual de suelos y pavimentos, 2014)

3.5.7. Estudio de tráfico

Se necesita la carga por eje, la configuración del vehículo de prueba, incluyendo también la cantidad de aplicaciones del eje que pasará por encima de la superficie del pavimento diseñado. Debemos de tener en cuenta que tránsito estudiado será mixto, los cuales estarán compuestos por vehículos que van a presentar diferentes características como, peso, número de ejes; para lo cual se convertirán a un número

de ejes equivalentes de 18 kips².

Para realizar los cálculos será necesario determinar la cantidad de vehículos que van a pasar por la vía de estudio, mediante un conteo o censo del tránsito en el lugar donde se llevará a cabo el estudio; en los cuales también se debe de incluir la evaluación del número de accidentes. Con estos resultados se podrán clasificar los caminos, se podrá realizar una proyección de sistemas de control de tránsito, y empleando algunas fórmulas se determinará de tránsito a futuro. En el estudio de tránsito a realizar es necesario priorizar en los valores de tránsito medio diario general y, además, el tránsito medio diario de camiones. Se debe de tener en cuenta que la cantidad de transito va a ir variando dependiendo del día, del mes, de la época en la que se encuentre; para esto se debe de contar con estadísticas de periodos largos; además es fundamental obtener las tasas de crecimiento anual del tránsito, distribuciones por dirección y por sentido. Finalmente, mediante un proceso de hojas de cálculo de podrá llegar a transformar el número de tránsito a número de ejes equivalente a través de los Factores equivalentes de carga. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

3.5.8. Parámetros de diseño

Se tendrá en cuenta los resultados de la evaluación superficial y estructural realizados al tramo estudiado; además se debe de tener en cuenta los factores y parámetros de diseño. Para realizar una rehabilitación existen diferentes propuestas entre las cuales pueden ser: escarificado, reconformación, imprimación, reciclaje y recuperación, recapeo. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

Es necesario tener a la mano la información de todos los parámetros que se emplean en el diseño por método AASHTO. Estos son: Confiabilidad, índice de serviciabilidad inicial y final, desviación estándar, coeficiente estructural de la mezcla asfáltica, número acumulado de ejes equivalentes. Por último, determinado el número estructural efectivo y empleando la siguiente formula, se podrá calcular el espesor requerido. (Guía para formación de estrategias de rehabilitación, 2008)

$$D_{ref} = (SN_{fut} - SN_{eff})/a_{eff}$$

Donde:

Dref: Espesor de refuerzo

SNfut: Numero estructural total que se requiere para el tránsito futuro

SNeff: Numero estructural efectivo

areff: Coeficiente estructural de la capa asfáltica de refuerzo.

3.5.9. Diseño estructural

a. Número estructural

Este factor se determina con la ayuda de la ecuación AASHTO presentada a continuación, con la finalidad de calcular espesores de capas que soporten as cargas ejercida por los vehículos que transitaran por dicha carretera. (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos).

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.36(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(MR) - 8.07$$

b. Coeficiente estructural de capa

Son coeficientes propuestos por el manual del MTC, característicos de cada tipo de pavimento, los cuales son empleados para determinar el número estructural del mismo, dichos coeficientes están indicados en la tabla del manual que se muestra en el Anexo 21. (Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos)

c. Coeficiente de drenaje de capa

Estos coeficientes propios de la base y subbase granular son determinados con la finalidad de saber que tanta influencia tienen en el drenaje del paquete estructural, dichos valores de coeficientes nos brindan Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos, la tabla de valores se detallan en el Anexo 22.

d. Espesor de capa

Se determinan los espesores de capa con la finalidad de que al momento que se aplique una carga vertical, estas capas resistan estas cargas, y no se produzcan deformaciones permanentes. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002).

3.5.10. Estudio de costos

Se debe de realizar una minuciosa evaluación tanto en los costos de rehabilitación como en los costos para los usuarios, para poder realizar una adecuada comparación económica. Se tendrá en cuenta tres grandes grupos de costos; el primero será costo para la entidad, en el cual se incluye: costos del proyecto de rehabilitación, costos de mantenimiento, gastos financieros; el segundo grupo es de costos para los usuarios: costos de los vehículos como combustibles, mantenimiento de neumáticos, tripulación; gastos de tiempo de viaje. El tercer grupo son costos extras en los cuales se hace mención a los gastos por accidentes de tránsito, impactos ambientes, comercio, actividad productiva. (Guía para formación de estrategias de rehabilitación, 2008)

3.6 Desarrollo de tesis

3.6.1. Recolección de información base

Se solicitó en el área de la sub gerencia de transporte y tránsito de la municipalidad Provincial de Trujillo, el expediente técnico original de la avenida en estudio que constituye los antecedentes de partida, para post a ello armar un inventario que incluya:

- Documentación del proyecto de ingeniería; en particular datos de cálculo del proyecto original.
- Documentación del proyecto de construcción.
- Documentación de intervenciones de mantenimiento previo en lo posible con monografías pre-intervención.
- Mediciones realizadas en distintos períodos.
- Datos de tránsito.

Cuyos datos se encuentran en el Anexo 01.

También se realizó una visita técnica a la avenida José María Eguren, con el fin de hacer una pre evaluación; se llevó a cabo una inspección visual del estado físico y de los diferentes aspectos y externalidades que presenta la vía estudiada, y así poder hacer un diagnóstico inicial. Todo esto, se tendrá en cuenta para poder definir con mayor detalle el programa de estudio a seguir y poder hacer un buen manejo de los equipos con los que se desea trabajar; los aspectos a tener en cuenta son:

- Descripción de la calle
- Características
- Fotografías que ayuden a la identificación de las fallas

3.6.2. Condición superficial

a. Evaluación de la condición del pavimento – PCI

Se procedió al reconocimiento y toma de datos, de manera visual, donde se registró el estado actual del pavimento, tomando medidas con el odómetro, reglas y cintas métricas; identificando los daños presentes en estos, clasificándolos según su severidad, tipo y extensión de los mismos; para ello se tuvo claro los conceptos y procedimientos de la identificación de daños, estos datos fueron registrados en los formatos PCI mostrados en el Anexo 02.

-Unidades de muestreo

Según la norma ASTM D6433, indica que el área en estudio debe estar en el rango de 225 ± 90 m² lo que conlleva a estudiar un área que se encuentre en dicho intervalo (315 m² – 135 m²), posterior a ello se calcula el número total de muestras como se indica en la siguiente expresión:

$$N = \frac{L_T}{L_M}$$

$$N = \frac{680}{40}$$

$$N = 17$$

Para la desviación estándar, la norma ASTM D6433 indica que se debe tomar un valor igual a 10 para pavimentos asfálticos y el error aceptable debería ser igual al 5%. Por lo tanto, para determinar la cantidad de muestras a evaluar se debe resolver la siguiente ecuación:

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

$$n = \frac{16 * 10^2}{\frac{0.05^2}{4} * (17 - 1) + 10^2}$$

$$n = 8$$

Cuando se obtiene un número de unidades de muestras a ser evaluadas (n) menor a 5, se debe evaluar todas las unidades.

- Selección de unidades de muestreo

Se calcula el espaciamiento de las muestras, cerciorándose que las muestras a evaluar estén igualmente espaciadas; dicho espaciamiento o intervalo de muestreo

(i), se calcula con la siguiente expresión:

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

$$i = \frac{17}{8}$$

$$i = 2$$

- Cálculo de valores deducidos

- a) Sumar las cantidades parciales de cada tipo de daño y registrar ese valor en la columna de TOTAL, ubicada en el Anexo 02.
- b) Se calcula la densidad, dividiendo el valor total obtenido de cada tipo de daño entre el área o longitud total, según sea el caso, de la muestra.
- c) El valor deducido en cada clase de falla y su nivel de severidad, se obtienen mediante las curvas denominadas Valor Deducido del Daño como se aprecia en las siguientes figuras, dichas curvas se encuentran adjuntas en el Anexo 03.

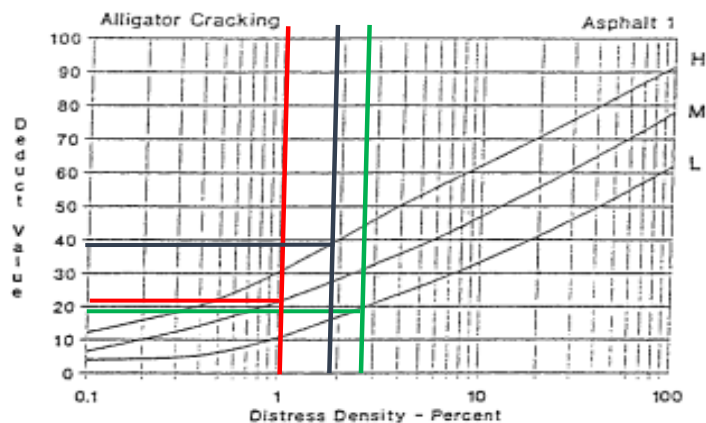


Figura 46. Curva de valor deducido para el tipo de Falla piel de cocodrilo.

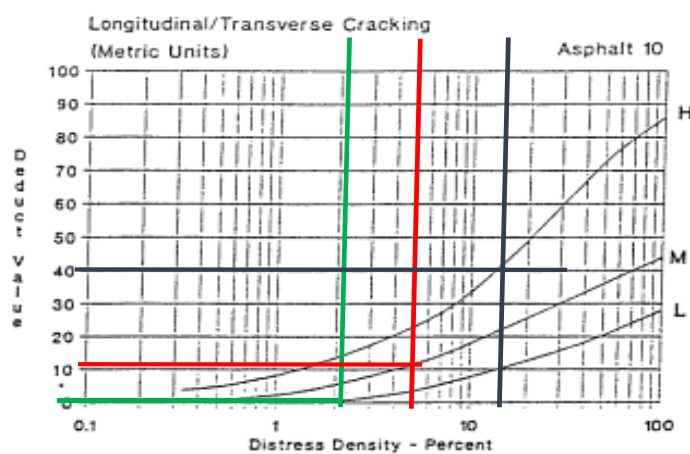


Figura 47. Curva de valor deducido para el tipo de Fala Grietas longitudinales y transversales

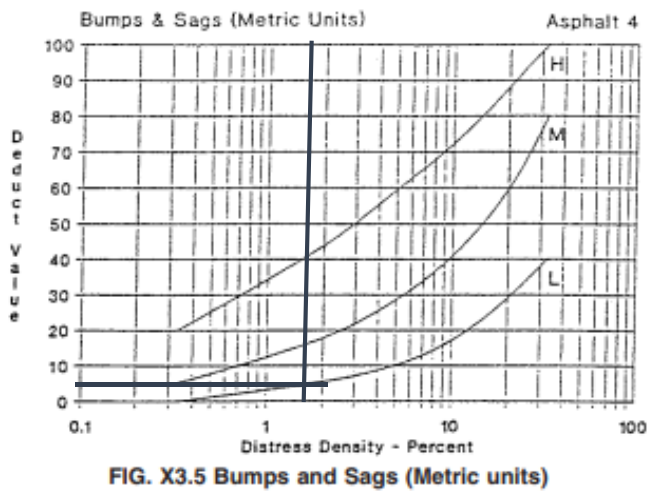


Figura 48. Curva de valor deducido para el tipo de Falla ahuellamientos y hundimientos

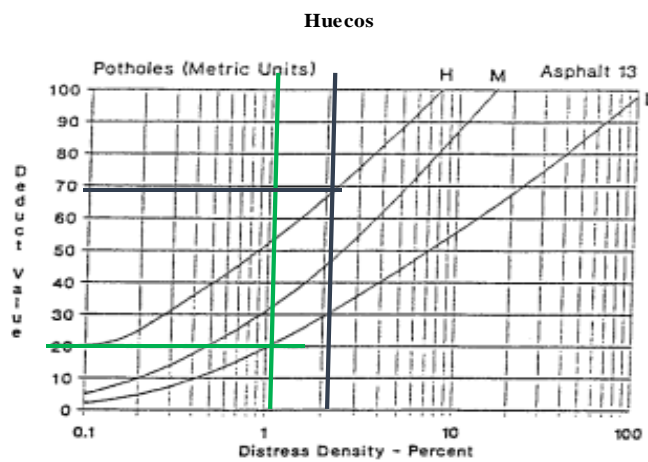


Figura 49. Curva de valor deducido para el tipo de Falla huecos

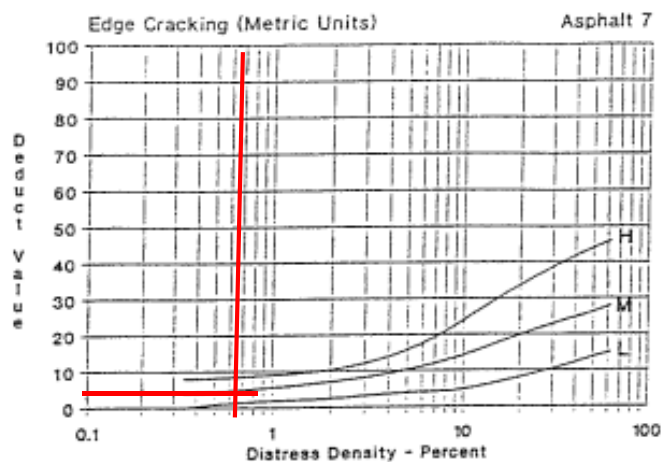


Figura 50. Curva de valor deducido para el tipo de Falla grieta de borde

- Número Máximo de Valores Deducidos

De los valores deducidos se deberá ordenar de manera decreciente y enumerándolos decrecientemente hasta la unidad, no considerando los valores menores a 2, debido a su insignificancia, de ellos seleccionar al mayor el cual se empleará para determinar el número máximo de valores deducidos, mediante la siguiente expresión:

$$m_i = 1.0 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

mi: Número máximo admisible de “valores deducidos”.

HDVi: Valor deducido más elevado.

- Máximo Valor Deducido Corregido, CDV

a) Completar la columna donde se encuentra el valor máximo de valores deducidos y completarlo con el mismo valor hasta una cantidad igual al número de valores deducidos mayores que 2, así mismo cada uno de los valores deducidos, completarlos en ese orden decreciente con el mismo valor deducido, hasta una cantidad N-1, N-2, N-3,..., hasta el último valor deducido (siendo N: número de valores deducidos), completando los espacios libres con el número 2. (Anexo 04)

b) Sumar valores deducidos en cada fila, y ordenar de manera descendente (N, N-1, N-2,..., 2, 1).

c) Obtener los valores deducidos corregidos totales de cada fila desde el ábaco de valores deducidos corregido, si es necesario su interpolación para el propósito.

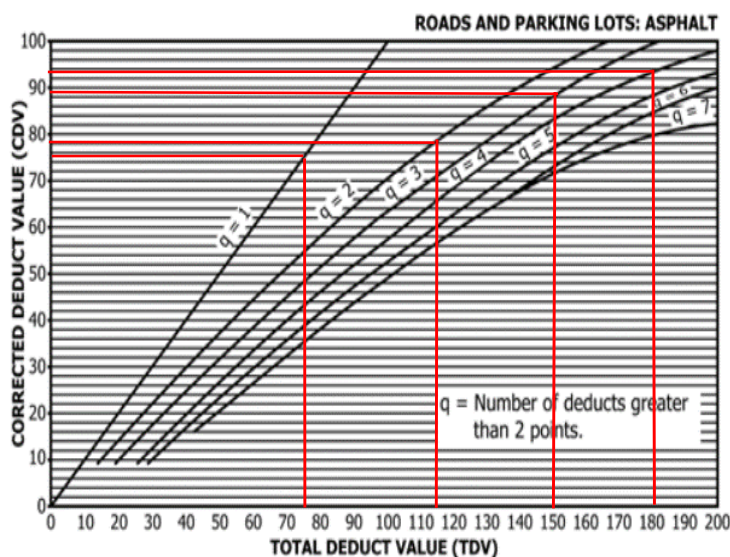


Figura 51. obtención de los valores deducidos corregidos

d) El máximo Valor deducido corregido será el mayor valor obtenido del ábaco.

- Cálculo del Índice de Condición del Pavimento.

Se calcula el índice PCI restando de 100 el máximo valor reducido como se muestra en la siguiente expresión, y se detalla el cálculo en el formato Excel en el Anexo 51.

$$PCI = 100 - (\text{Máx. VDC})$$

Tabla 20. Rangos de clasificación del PCI

| Rango | Clasificación |
|--------------|----------------------|
| 100-85 | Excelente |
| 85-70 | Muy bueno |
| 70-55 | Bueno |
| 55-40 | Regular |
| 40-25 | Malo |
| 25-10 | Muy malo |
| 10-0 | Fallado |

Fuente. PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras

b. Índice de Regularidad Internacional – IRI

- Perfilómetro Merlín

El trabajo en campo fue realizado por dos personas con el rugosímetro de Merlín que fue calibrado en laboratorio, a continuación, se tomaron las muestras en un tramo de 400 metros, a cada 1.8 metros, de la cual se extrajeron 200 muestras, y cada muestra fue tomada en la huella que dejan los vehículos, para conocer la distancia se tomó como referencia el pitón de la rueda ya que, al dar una vuelta, esta recorre 1.8 metros; los datos obtenidos irán detallados en el Anexo 52 y Anexo 53.

Teniendo en cuenta que se realizó la evaluación en ambos sentidos, pasamos a un trabajo en gabinete, el cual con los datos obtenidos se realizará un Hidrograma de frecuencia (carril: derecha). Se debe tener en cuenta los siguientes valores:

N: Número de muestras (Derecha) = 200

Vmax: Valor máximo de las doscientas muestras (Derecha) = 50

Vmin: Valor mínimo de las doscientas muestras (Derecha) = 1

$$\text{Rango (Derecha)} = V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}}$$

$$\text{Rango (Derecha)} = 50 - 1$$

$$\text{Rango (Derecha)} = 49$$

$$\text{Intervalo de clase (Derecha)} = 1 + 3.322 \times \log N$$

$$\text{Intervalo de clase (Derecha)} = 1 + 3.322 \times \log 200$$

$$\text{Intervalo de clase (Derecha)} = 9$$

$$\text{Amplitud de clase: Amplitud de clase (Derecha)} = \frac{\text{Rango}}{\text{Intervalo de clase}}$$

$$\text{Amplitud de clase (Derecha)} = \frac{49}{9}$$

$$\text{Amplitud de clase (Derecha)} = 5.44$$

Con estos datos obtenidos hallamos los valores de clase y frecuencia. En el cual tomamos como dato inicial el valor inicial = 1 y lo escribimos al inicio de la columna de límite inferior y para los siguientes límites inferiores, tomaremos el dato que sigue de límite superior e iremos sumando 0.1. Para el valor de límite superior añadiremos a cada uno de los límites inferiores el valor que nos da la amplitud de clase.

Para hallar la clase en $i = 1$

$$\text{Clase (Derecha)} = \frac{\text{Lim. Inferior} + \text{Lim. Superior}}{2}$$

$$\text{Clase} = \frac{1 + 5.44}{2}$$

$$\text{Clase (Derecha)} = 3.72$$

Como siguiente paso con la ayuda de Excel calculamos la frecuencia, frecuencia relativa y la frecuencia acumulada para $i = 1, 2, 3, \dots, 9$, así como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 211. Valores de clase, frecuencia y frecuencia acumulada para el sentido derecha

| i | Intervalo de clase | | Clase | Frecuencia | Frecuencia relativa | Frecuencia acumulada |
|---|--------------------|---------------|--------|------------|---------------------|----------------------|
| | Lim. Inferior | Lim. Superior | | | | |
| 1 | 1.000 | 6.444 | 3.722 | 8.000 | 0.040 | 0.040 |
| 2 | 6.544 | 11.989 | 9.267 | 10.000 | 0.050 | 0.090 |
| 3 | 12.089 | 17.533 | 14.811 | 15.000 | 0.075 | 0.165 |
| 4 | 17.633 | 23.078 | 20.356 | 59.000 | 0.295 | 0.460 |
| 5 | 23.178 | 28.622 | 25.900 | 63.000 | 0.315 | 0.775 |
| 6 | 28.722 | 34.167 | 31.444 | 29.000 | 0.145 | 0.920 |
| 7 | 34.267 | 39.711 | 36.989 | 7.000 | 0.035 | 0.955 |
| 8 | 39.811 | 45.256 | 42.533 | 3.000 | 0.015 | 0.970 |
| 9 | 45.356 | 50.800 | 48.078 | 6.000 | 0.030 | 1.000 |

Con los datos de clase y frecuencia podemos realizar el histograma que se presenta en la siguiente figura:

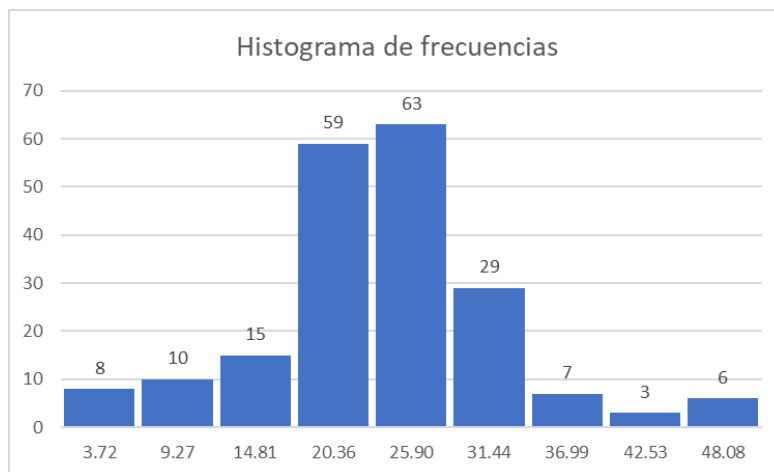


Figura 52. Histograma de frecuencias del carril derecho

Luego hallamos el ancho del histograma y el valor D como se indica en el Manual del usuario Merliner. Para el carril derecho

$$\text{Ancho de histograma} = 28 + 0.5$$

$$\text{Ancho de histograma} = 28.5$$

$$D = \text{Ancho de histograma} \times 5$$

$$D = 142.5\text{mm}$$

Por último, calculamos el Índice de regularidad internacional para el carril derecha de la siguiente manera:

$$IRI (Derecha) = 0.593 + 0.0471 \times D$$

Luego realizamos los mismos cálculos para el carril izquierdo, el cual con los datos obtenidos se realizará un Hidrograma de frecuencia (carril: Izquierdo). Se debe de tener en cuenta los siguientes valores:

N: Número de muestras (Izquierdo) = 200

Vmax: Valor máximo de las doscientas muestras (Izquierdo)= 50

Vmin: Valor mínimo de las doscientas muestras (Izquierdo) = 1

Rango:

$$Rango (Izquierdo) = Vmáx - Vmín$$

$$Rango (Izquierdo) = 50 - 1$$

$$Rango (Izquierdo) = 49$$

Intervalo de clase: $Intervalo\ de\ clase\ (Izquierdo) = 1 + 3.322 \times \log N$

$$Intervalo\ de\ clase\ (Izquierdo) = 1 + 3.322 \times \log 200$$

$$Intervalo\ de\ clase\ (Izquierdo) = 9$$

Amplitud de clase: $Amplitud\ de\ clase\ (Izquierdo) = \frac{Rango}{Intervalo\ de\ clase}$

$$Amplitud\ de\ clase\ (Izquierdo) = \frac{49}{9}$$

$$Amplitud\ de\ clase\ (Izquierdo) = 5.44$$

Con estos datos obtenidos hallamos los valores de clase y frecuencia. En el cual tomamos como dato inicial el valor inicial = 1 y lo escribimos al inicio de la columna de límite inferior y para los siguientes límites inferiores, tomaremos el dato que sigue de límite superior e iremos sumando 0.1. Para el valor de límite superior añadiremos a cada uno de los límites inferiores el valor que nos da la amplitud de clase.

Para hallar la clase en $i = 1$

$$Clase\ (Izquierdo) = \frac{Lim.\ Inferior + Lim.\ Superior}{2}$$

$$Clase = \frac{1 + 5.44}{2}$$

$$Clase \text{ (Izquierdo)} = 3.72$$

De la misma manera desarrollaremos los cálculos para el carril izquierdo, calculamos la frecuencia, frecuencia relativa y la frecuencia acumulada para $i = 1, 2, 3, \dots, 9$, así como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 22. Valores de clase, frecuencia y frecuencia acumulada para el sentido Izquierda

| i | Intervalo de clase | | Clase | Frecuencia | Frecuencia relativa | Frecuencia acumulada |
|---|--------------------|---------------|-------|------------|---------------------|----------------------|
| | Lim. Inferior | Lim. Superior | | | | |
| 1 | 1 | 6.44 | 3.72 | 3.72 | 14 | 0.07 |
| 2 | 6.54 | 11.99 | 9.27 | 9.27 | 14 | 0.07 |
| 3 | 12.09 | 17.53 | 14.81 | 14.81 | 24 | 0.12 |
| 4 | 17.63 | 23.08 | 20.36 | 20.36 | 43 | 0.22 |
| 5 | 23.18 | 28.62 | 25.90 | 25.90 | 42 | 0.21 |
| 6 | 28.72 | 34.17 | 31.44 | 31.44 | 35 | 0.18 |
| 7 | 34.27 | 39.71 | 36.99 | 36.99 | 12 | 0.06 |
| 8 | 39.81 | 45.26 | 42.53 | 42.53 | 10 | 0.05 |
| 9 | 45.36 | 50.80 | 48.08 | 48.08 | 6 | 0.03 |

Con los datos de clase y frecuencia podemos realizar el histograma que se presenta en la siguiente figura:

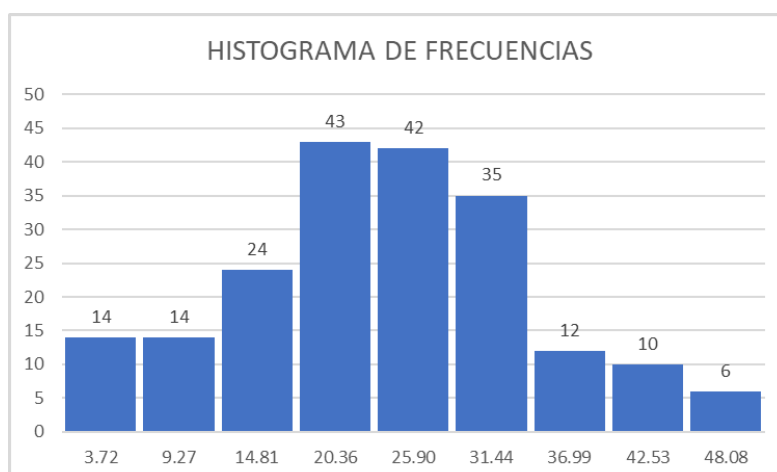


Figura 53. Histograma de frecuencias del carril izquierdo

Luego hallamos el ancho del histograma y el valor D como se indica en el Manual del usuario Merliner. Para el carril izquierdo.

$$\text{Ancho de histograma} = 37 + 0.33$$

$$\text{Ancho de histograma} = 37.333$$

$$D = \text{Ancho de histograma} \times 5$$

$$D = 186.665 \text{ mm}$$

Por último, calculamos el Índice de regularidad internacional para el carril izquierdo de la siguiente manera:

$$IRI (\text{Izquierdo}) = 0.593 + 0.0471 \times D$$

c. Índice de Serviciabilidad – PSI

Para hallar el índice de serviciabilidad empleamos 3 fórmulas que van a correlacionar con el índice de rugosidad internacional, hallamos esos valores primero para el carril derecho y luego el izquierdo para al final promediarlos y hallar un Índice de serviciabilidad promedio.

Cálculos realizados para el carril derecho.

$$PSI 1 (\text{Derecho}) = \frac{5}{e^{5.5 \times IRI}}$$

$$PSI 2 (\text{Derecho}) = 5.85 - 1.68 (IRI)^{0.5}$$

$$PSI 2 (\text{Derecho}) = 4.182 - 0.455 (IRI)$$

Y finalmente se promedia con la siguiente expresión:

$$PSI \text{ Promedio} (\text{Derecho}) = \frac{PSI 1 (\text{Derecho}) + SPI 1 (\text{Derecho}) + PSI 1 (\text{Derecho})}{3}$$

De la misma manera se procede con el cálculo del PSI del carril izquierdo como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 233. Cálculo del PSI por carril

| CARRIL | IRI | PSI (1) | PSI (2) | PSI (3) | PSI Prom |
|------------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Av. José María Eguren | | | | | |
| Carril Izquierdo | 9.38492 | 0.90764 | 0.70335 | -0.08814 | |
| IRI Promedio | 9.38492 | 0.90764 | 0.70335 | -0.08814 | 0.50762 |
| | | | | | |
| Carril Derecho | 7.30475 | 1.32485 | 1.30941 | 0.85834 | |
| IRI Promedio | 7.30475 | 1.32485 | 1.30941 | 0.85834 | 1.16420 |

Con los valores obtenidos se obtiene un promedio final, siendo este el PSI característico del pavimento.

3.6.3. Condición estructural

a. Ensayos no destructivos

- Viga Benkelman

Para el siguiente ensayo se utilizó equipos y materiales como la viga Benkelman, reglas, un volquete con un peso de 8.2 toneladas y un par de neumáticos con una presión de 75 – 80 psi (pesado en una balanza electrónica, donde se controla el peso de 8.2 ton pesando solo 2/3 del camión).

- a) Se marcó una línea paralela al extremo del pavimento, la cual sirvió de eje para los puntos de ensayos, esta línea pasa aproximadamente por el eje vertical del centro de gravedad de los neumáticos del vehículo, con una tolerancia igual a 3 pulgadas; esta línea se encuentra ubicada a la mitad externa de un carril, según la siguiente figura:

Tabla 244. Distancia del punto de ensayo

| Ancho del carril | Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento |
|-------------------------|---|
| 2.70 m | 0.45 m |
| 3.00 m | 0.60 m |
| 3.30 m | 0.75 m |
| 3.60 m o más | 0.90 m |

Fuente. *Manual de Carreteras: Ensayo de materiales. (MTC, 2016)*

b) En la línea paralela se marcaron los puntos de ensayo, donde se tomó lectura de los diales de la viga, los cuales indican las deflexiones del pavimento por el paso de la carga; los puntos para tomar lectura de los diales fueron a 0 y 0.25 m, en estos puntos es donde los neumáticos del volquete se detienen para tomar lectura de los diales.

c) Se realiza el mismo procedimiento en todos los puntos de ensayo, para este caso se tomaron 15 puntos por sentido de cada calzada (desde la progresiva km0+000 hasta la progresiva km0+700), distanciados a cada 50 metros y cada medida fue registrada en el formato de deflexiones del Anexo 06.

d) Con las lecturas tomadas de los diales, luego del ensayo se procede al cálculo de las deflexiones del pavimento, las cuales se obtienen con la siguiente fórmula:

$$D = LD * RB$$

Dónde:

D: Deflexión expresada en 0.01 mm.

LD: Lectura del dial.

RB: Relación de brazos de la viga (en nuestro caso 1:4)

e) Una vez calculadas las deflexiones procedimos a hacer las correcciones por temperatura y estacionaria, obteniendo así deflexiones corregidas, para luego obtener una deflexión promedio y calcular la desviación estándar de las mismas mediante las siguientes fórmulas.

$$D_m = \sum \frac{D_i}{n}$$

Dónde:

D_m: Deflexión media.

D_i: Deflexión individual.

n: Número de lecturas

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - D_m)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

σ: Desviación estándar.

f) Con los cálculos obtenidos en el paso anterior se procedió al cálculo del coeficiente de variación (C_v) y la deflexión característica (D_c), la cual es la deflexión representativa del tramo de la avenida, con las siguientes expresiones:

- Coeficiente de variación:

$$C_v = \frac{\sigma}{D_m}$$

Con este coeficiente se podrá determinar la condición del pavimento con los rangos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 255. Coeficiente de variación

| CONDICIÓN | COEFICIENTE DE VARIACIÓN C _v |
|-----------|--|
| Excelente | <10 |
| Bueno | <15 |
| Regular | >20 |
| Malo | >25 |

Deflexión característica (D_c):

$$D_c = D_m + t * \sigma$$

g) El siguiente paso es determinar la deflexión admisible (D_a) del pavimento que según el Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos se puede analizar en una gráfica donde limita las deflexiones admisibles de las críticas,

la cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{0.25}$$

Dónde:

N: Número de repeticiones de EE, expresados en millones.

Con los cálculos obtenidos en el paso f y g se realiza una comparación de

| PRIMER PASO | SEGUNDO PASO | TERCER PASO | CUARTO PASO | Casos |
|---|--|---|--|--|
| 1ª La deflexión característica resulta: | SUPERIOR 2ª Hay fallas de origen estructural? | NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto | | PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto |
| | | SI: 3ª Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas? | NO: Las fallas se deben a otra causas | SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias |
| | | | SI: Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80m) | TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil. |
| | IGUAL O INFERIOR 2ª Hay fallas de origen estructural? | NO: Corregir fallas de origen superficial | | |
| | | SI: 3ª De qué tipo? | Fallas por fatiga (piel de cocodrilo) Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas | TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles. |
| | | | Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahueamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc | CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahueamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes. |

anual

Figura 54. Análisis combinado de los resultados de la evaluación

h) Se procede al cálculo del radio de curvatura con la siguiente expresión matemática:

$$RC = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})}$$

Dónde:

RC: Radio de curvatura, en m.

D0: Deflexión máxima.

D25: Deflexión a los 0.25 m.

Todos los datos y cálculos obtenidos se detallan en el Anexo 54.

b. Ensayos destructivos

- Espesores de capa

Para determinar los espesores actuales de las capas del pavimento se llevó a cabo la realización de 3 calicatas en la avenida José María Eguren, donde con el apoyo de un personal se realizó este ensayo y así medimos los espesores de cada una de las capas del paquete estructural, como también obtuvimos las muestras del suelo para poder realizar los estudios de suelos, registrando los datos en el la guía de observación 06, en el Anexo 07.



Figura 295. Calicata C-5

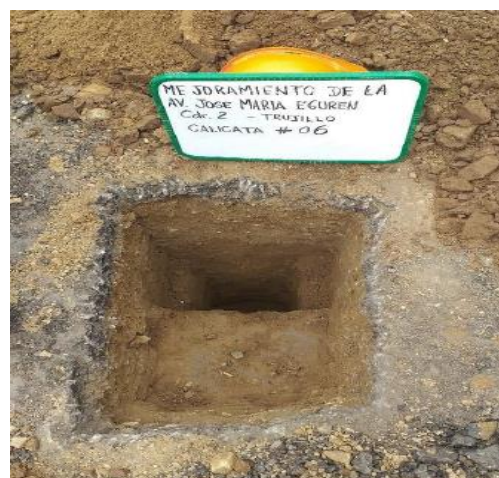


Figura 56. Calicata C-6



Figura 57. Calicata C-7

3.6.4. Estudios topográficos

a. Procedimiento experimental del estudio topográfico

Se realizó la verificación del funcionamiento de todos los instrumentos y accesorios que se utilizaron, como son Estación total, Radio GPS. En primera instancia, se hizo la georreferenciación, se estacionó y niveló la estación total para la post toma de puntos topográficos. A continuación, se verificó las condiciones climatológicas que podrían intervenir a la hora de la toma de datos, estas condiciones son: estado de tiempo, temperatura, presión promedio de las inmediaciones de la zona de trabajo.

Se colocó un punto de inicio referencial o vértice de la poligonal, en el cual se tomó en cuenta la configuración y orientación de la Estación total, luego de haber colocado la estación se ingresaron las medidas y nivel, como también con la ayuda del GPS se ingresó las coordenadas.

- Levantamiento topográfico de detalles

Una vez ingresados los datos se procedió a hacer el levantamiento de datos teniendo en cuenta los elementos presentes en la avenida como son: Límites de calles, límites de propiedad, postes de luz, postes de teléfono, buzones de alcantarillado sanitario, nivel de pavimento, y todos los puntos que nos permitan una adecuada identificación del relieve del terreno. La guía de observación 8 que se utilizará para la ubicación de los diferentes puntos la encontramos en el Anexo 09.

Toda la información tomada se almacenó en un dispositivo USB para luego proceder al trabajo de gabinete.

- **Procedimiento de datos y trabajo de gabinete**

Se utilizó el software CIVL 3D con el cual se trazaron los perímetros de las calles, veredas, límites de propiedad, con sus respectivos detalles. Luego se trazó el eje de la avenida estudiada, generando información de triangulación de interpolación (TIN); terminando de realizar esta triangulación se pasó a generar las curvas de nivel existentes, teniendo en cuenta que puede haber curvas que están mal interpoladas y corregirlas.

Realizados los pasos anteriores se procede a la elaboración de perfiles y planos, con sus respectivas tablas donde se aprecia las longitudes, coordenadas, áreas y ángulos trazados en la sección de estudio.

3.6.5. Estudios geotécnicos

El estudio geotécnico, se desarrolló de acuerdo a la Norma Técnica CE. 010 de Pavimentos urbanos, que indica los requerimientos que son necesarios para la realización de los estudios geotécnicos. Los estudios que se realizaron para esta investigación fueron:

- **MTC E 101:** Muestreo de suelos y rocas. Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
- **NTP 339.127:** SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
- **NTP 339.145:** SUELOS. Determinación del CBR (California Bearing Ratio – Valor Soporte de California) medido en muestras compactadas en laboratorio.

- **Muestreo de suelos**

Se realizó la extracción de muestras y datos del suelo mediante la realización de calicatas que se realizaron a cielo abierto, hasta la profundidad de 1.50 metros, en el cual se apreciaron las diferentes capas pertenecientes a la carpeta de rodadura del pavimento, teniendo como finalidad lograr establecer las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la cual se está apoyando toda la estructura del pavimento nuevo que se desea colocar.

Se respetó cada uno de los criterios para la realización del ensayo para evitar el desprendiendo del material que se encuentra en las paredes de la calicata y puedan provocar un accidente sobre la persona que está realizando la excavación y por otro lado contaminar la muestra que se desea extraer. La guía de observación 6 que se utilizó para detallar la información de las calicatas realizadas la encontramos en el Anexo 07. En la cual los registraron datos

como ubicación, Fecha de excavación, Profundidad, entre otros datos (MTC 101).

- **Contenido de humedad**

Se extrajeron 2 muestras por calicata con humedad natural del suelo de fundación y de la subrasante, en ciertas cantidades. Y se llevaron al laboratorio GEOCONS SRL, donde harán el ensayo que se describirá a continuación:

Teniendo en cuenta que debe contar con una balanza calibrada de precisión a 0.01 gr., recipientes o taras de metal codificadas para cada tipo de muestras de suelo, horno para una temperatura de 110 +/- 5°C, guantes. A continuación, se menciona los pasos a seguir. (NTP 339.127)

- Pesar las taras de metal a utilizar en una balanza eléctrica, que nos darán datos más precisos.
- Llenar hasta $\frac{3}{4}$ de las taras con cada parte de la muestra, luego se pasará a pesar la tara junto con la muestra húmeda.
- Colocar las taras con las muestras tomadas en el horno 110°C por un periodo de 24 horas.
- Luego de haber pasado el tiempo establecido en el punto anterior, retiramos las muestras secas del horno y se deja enfriar a temperatura de ambiente.
- Se pesa la muestra después de ser extraída del horno más la tara.
- Seguido a esto se realiza el cálculo del peso del suelo seco, del agua y obtener el contenido de humedad de cada muestra y el promedio que representa el estado final.

Una vez ya obtenidos los valores de las muestras húmeda y seca. Se calculará el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula.

$$W\% = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso seco}} \times 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Dónde:

W%: Contenido de humedad del suelo

Wh: Peso de la muestra húmeda

Ws: Peso de la muestra seca

Todos estos datos obtenidos se registrarán en la guía de observación 9, Anexo 10; y para observar los resultados y detalles obtenidos se aprecian en el Anexo 56.

- **Análisis Granulométrico**

De las muestras extraídas se tomó 1kg para someterlas a ensayo de granulometría, para lo cual se colocó cada muestra representativa en una pila de mallas teniendo en la parte superior la malla de 7" y de base la bandeja ciega. Estas muestras fueron puestas en los tamices y con la ayuda de un vibrador mecánico fueron sacudidas un determinado tiempo y posteriormente se pesó cada malla con el material acumulado en cada una de ellas como también en la bandeja ciega.

Luego de pesado cada material de muestra retenida se procede al llenado de valores en el formato de granulometría indicado en el Anexo 11 y así poder determinar la gradación de cada muestra como se detalla en el Anexo 57.

- **Límites de Atterbergg**

El ensayo de límites de Atterberg se realizó mediante la norma ASTM D423. El ensayo permitió obtener un límite líquido, un límite plástico y un índice de plasticidad. Para definir estos ensayos se empezó eligiendo una cantidad de material que pasa el tamiz N°40 luego se le fue agregando agua, así se obtuvo una pasta semilíquida homogénea. Para el límite líquido se utilizó una máquina de Casagrande, en la cual se colocó nuestra muestra humedecida.

Para el límite plástico, se tomó una pequeña muestra de unos 20 gramos aproximadamente y se le fue agregando agua, además se amaso y se formó una esfera de la que extrajimos una parte para formar cilindros de 3.2 mm en la palma de nuestras manos, se procedió agregar un poco más de agua hasta que la muestra se desmoronó al formar el cilindro, en ese preciso momento se tomará apunte del contenido de humedad de la muestra y ese será el límite plástico.

En el caso de Índice de Plasticidad es el resultado de la diferencia entre límite líquido y límite plástico, donde se clasificará al suelo con la ayuda de la carta de plasticidad, indicada en el Anexo 13.

Los datos requeridos para la determinación de los límites de Atterbergg serán registrados en el formato indicado en el anexo 11, y los resultado y gráficas están indicados en el anexo 58.

-**Peso específico**

Este ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca o peso específico

y el porcentaje de humedad óptima de la muestra a estudiar, dicho ensayo se llevó a cabo realizando los siguientes pasos:

- Se seca la muestra a temperatura ambiente. Luego se procede a tamizar por la malla $\frac{1}{4}$ pulg y separamos una porción de 15 a 20 kilogramos; el material extraído se dividirá en partes los cuales se aplicará en ensayo a cada una.
- Tomamos una porción del material, luego agregaremos agua; con la ayuda de un cucharón y de la mano, revolveremos la muestra con el agua, esto se asemejará al trabajo que realiza la motoniveladora en el campo.
- Para Proctor modificado se debe tomar 4 muestras de 3 kg cada una, los cuales se pasarán por el tamiz N° 4 (Para los suelos finos).
- Agregaremos el 4%, 8%, 12% y 16% de agua del total del peso de la muestra, se removerá hasta que la mezcla quede uniformemente húmeda, dando un indicador que está lista para realizar el primer punto de compactación.
- Agregar en el molde una porción de la muestra hasta formar una pequeña capa en el molde, luego aplicar 25 golpes con martillo de manera circular, repitiendo este proceso con 5 capas.
- Sobre la mesa de trabajo se coloca una bolsa de plástico ya que, si usamos de papel, provocará que absorba el agua de la muestra, luego sacamos la corona del molde y con la ayuda de una espátula y una espátula se procederá a enrasar y luego al respectivo pesaje de la muestra.
- Una vez pesado se extrae muestra para hallar el porcentaje de humedad, con este porcentaje de humedad procedemos a determinar la densidad seca a partir de la densidad húmeda, todos los datos tomados se registrarán en la guía de observación para el ensayo Proctor indicada en el Anexo 14, así también se encuentran anexados los resultados y graficas del ensayo en el Anexo 59.

- California Bearing Ratio – CBR

Este ensayo se realiza con la finalidad de evaluar la capacidad de soporte que presenta la subrasante y las demás capas. Se utilizó una muestra de 6 kg, tres moldes de 6 pulgadas de diámetro y con 7 pulgadas de alto, donde se aplicó cierta cantidad de golpes. Los equipos que se usaron son: Máquina de carga que se utilizará para la penetración del pistón sobre el espécimen a ensayar, un molde el cual debe de contar con las siguientes características: cilindro metálico con diámetro de 6 pulg y altura de 7 pulg, con un collarín metálico,

una placa con 28 agujeros de diámetro de 1/16 pulg, como se indica en la siguiente figura; otros equipos que se utilizaron fueron: un apisonador, deformímetro, pesas con una más total de 4.54 kg, dial de penetración. (NTP 339.145). los datos se registrarán en el formato para el ensayo CBR, detallado en el Anexo 15, y las gráficas de penetración se especifican el anexo 60.

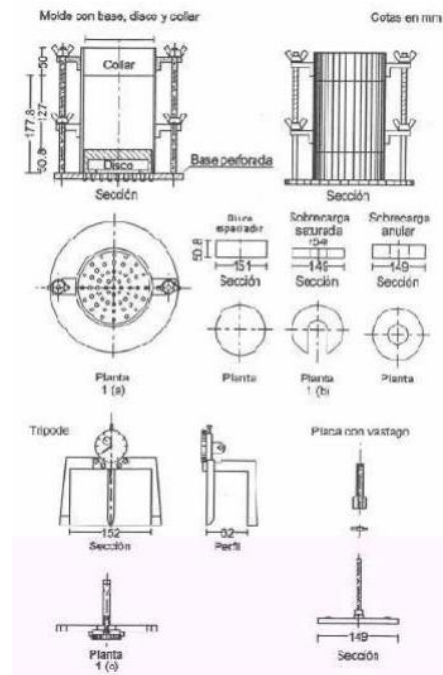


Figura 58. Secciones equipo de CBR

Fuente. Valle rodas

- **Módulo resiliente**

Los datos obtenidos de los diferentes valores de CBR de las muestras evaluadas, servirán para el cálculo de los módulos de resiliencia utilizando la siguiente ecuación. Los valores del módulo de resiliencia van a ser la medida de las propiedades elásticas del suelo.

$$MR = 2555 \times CBR^{0.64}$$

3.6.6. Estudios hidrológicos

Se tomará como base el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (M-HHD) que nos brinda el Ministerio de transporte y comunicaciones del Perú. Como primer paso se obtendrán datos sobre las precipitaciones de cada mes a lo

largo de los 15 últimos años de la Provincia de Trujillo, estos datos lo obtendremos del Servicio Nacional de Meteorología del Perú (SENAMHI), con los cuales se calculará la precipitación máxima por hora (P_{máx}) (Guía de observación 13 Anexo 16).

Se calculará la intensidad de precipitación máxima, que se halla multiplicando la precipitación máxima en un periodo de 24 horas por un coeficiente de duración. Este cálculo se realiza de esta manera, ya que, se cuenta con escasa información pluviográfica.

A continuación, se utiliza el software QGIS y el mapa cartográfico de todas las cuencas del Perú, para determinar la zona de ubicación de la zona estudiada. En gabinete se determinará las vertientes agua en esta avenida.

Los demás parámetros de diseño que son necesarios para el diseño, como: confiabilidad, serviciabilidad, desviaciones estándar; lo obtendremos del Manual de Carreteras - Suelos, Geología y Pavimentos.

3.6.7. Estudio de tráfico

Ubicación de estación de conteo vehicular; los datos fueron tomados en la Av. José María Eguren, desde Av. España hasta la Av. América Sur.

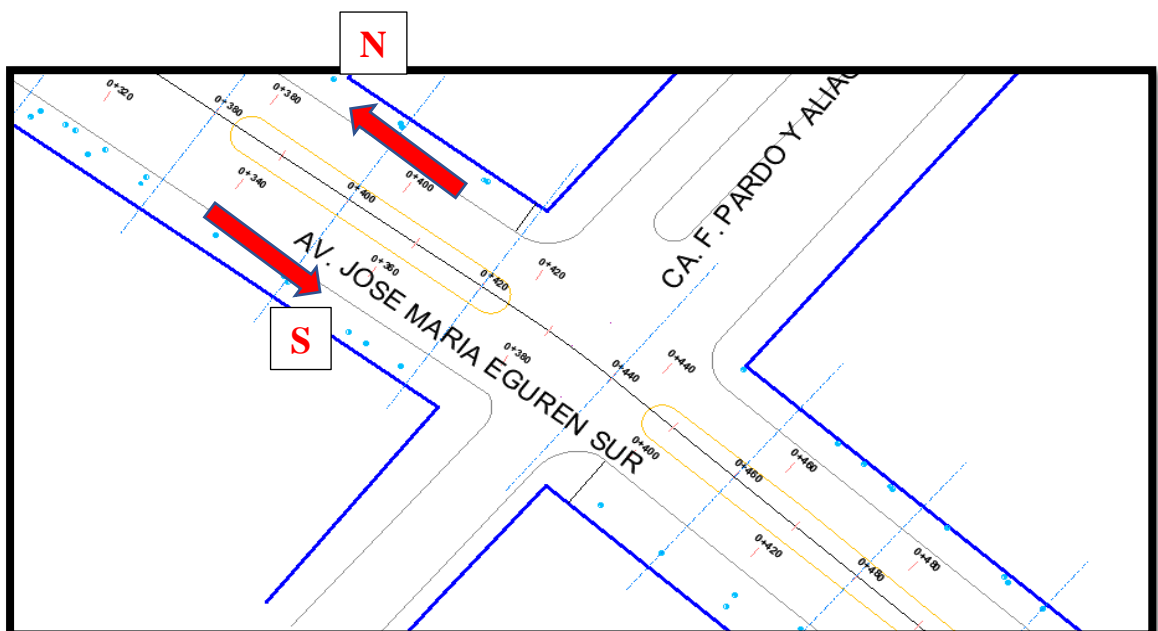


Figura 59. Estación de conteo.

Como primer paso se realizó un trabajo de campo que estuvo a cargo de dos personas, las cuales se encargaron del levantamiento de información por un periodo de 7 días, 19 horas por día. Esta información recabada se realizó con el fin de conocer la saturación de la avenida estudiada; los datos obtenidos por día irán especificados en el Anexo 17.

- Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Como segundo paso se revisó y digitó la información recopilada en el paso anterior; con el fin de calcular el IMDA; se hace un resumen del conteo recabado, indicando el conteo vehicular de la semana en el anexo 61.

Tabla 26. Resumen de conteo realizado de lunes a domingo durando 16 horas por día, por cada tipo de vehículo.

| | Hora | Sentido | AUTO | ST. WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | |
|-----------|-------|---------|------|--------------|------------|-------|-------|-------|--------|-----|-----|
| | | | | | PICK UP | PANEL | Combi | | 2 E | 3 E | 4 E |
| Lunes | 05:00 | N | 2284 | 869 | 276 | 122 | 323 | 50 | 97 | 24 | 4 |
| | 19:00 | S | 2281 | 1039 | 300 | 147 | 105 | 0 | 82 | 0 | 0 |
| | | Total | 4565 | 1908 | 576 | 269 | 428 | 50 | 179 | 24 | 4 |
| Martes | 05:00 | N | 2251 | 1010 | 332 | 146 | 327 | 50 | 104 | 30 | 5 |
| | 19:00 | S | 2301 | 1106 | 323 | 180 | 111 | 0 | 97 | 7 | 1 |
| | | Total | 4552 | 2116 | 655 | 326 | 438 | 50 | 201 | 37 | 6 |
| Miércoles | 05:00 | N | 2359 | 889 | 302 | 147 | 319 | 50 | 104 | 30 | 6 |
| | 19:00 | S | 2381 | 1076 | 319 | 181 | 128 | 0 | 91 | 6 | 1 |
| | | Total | 4740 | 1965 | 621 | 328 | 447 | 50 | 195 | 36 | 7 |
| Jueves | 05:00 | N | 2274 | 893 | 284 | 134 | 317 | 50 | 110 | 24 | 4 |
| | 19:00 | S | 2330 | 1053 | 304 | 151 | 133 | 0 | 92 | 4 | 0 |
| | | Total | 4604 | 1946 | 588 | 285 | 450 | 50 | 202 | 28 | 4 |
| Viernes | 05:00 | N | 2334 | 899 | 292 | 133 | 317 | 49 | 97 | 28 | 4 |
| | 19:00 | S | 2352 | 1062 | 310 | 155 | 119 | 0 | 82 | 8 | 2 |
| | | Total | 4686 | 1961 | 602 | 288 | 436 | 49 | 179 | 36 | 6 |
| Sábado | 05:00 | N | 2402 | 912 | 285 | 123 | 321 | 53 | 99 | 24 | 3 |
| | 19:00 | S | 2403 | 1074 | 310 | 154 | 126 | 0 | 88 | 4 | 0 |
| | | Total | 4805 | 1986 | 595 | 277 | 447 | 53 | 187 | 28 | 3 |
| Domingo | 05:00 | N | 2279 | 882 | 264 | 115 | 266 | 43 | 91 | 10 | 2 |
| | 19:00 | S | 2257 | 1019 | 297 | 144 | 112 | 0 | 79 | 0 | 0 |
| | | Total | 4536 | 1901 | 561 | 259 | 378 | 43 | 170 | 10 | 2 |

Luego, se procede a calcular el Índice Medio Diario semanal, con la siguiente fórmula; se tomará como ejemplo el conteo de los autos en el sentido norte.

$$IMDs = \frac{Vl + Vm + Vmi + Vj + Vv + Vs + Vd}{7}$$

$$IMDs (Autos) = \frac{2284 + 2251 + 2359 + 2274 + 2334 + 2402 + 2279}{7}$$

$$IMDs (autos) = 2311.8571$$

El cálculo se realizará por sentido y por cada tipo de vehículo; quedando la siguiente tabla:

Tabla 27. Índice medio diario semanal por cada tipo de vehículo.

| | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | |
|-------|---------|----------|---------------|------------|---------|---------|--------|---------|--------|-------|
| | | | | PICK UP | PANEL | COMBI | | 2 E | 3 E | 4 E |
| IMD s | N | 2311.857 | 907.714 | 290.714 | 131.429 | 312.857 | 49.286 | 100.286 | 24.286 | 4.000 |
| | S | 2329.286 | 1061.286 | 309.000 | 158.857 | 119.143 | 0.000 | 87.286 | 4.143 | 0.571 |
| | Total | 4641.143 | 1969.000 | 599.714 | 290.286 | 432.000 | 49.286 | 187.571 | 28.429 | 4.571 |

Con el índice medio diario semanal calculado, proseguimos al cálculo del IMDA, para lo cual se debe de tener en cuenta la siguiente formula

$$IMDA = IMDs \times FCE \text{ febrero}$$

Debemos de tener en claro cuáles son los vehículos ligeros y vehículos pesados ya que en cada caso van a tener un factor de corrección diferente. Estos valores son extraídos de la ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas, esta información registrada tiene carácter de Declaración Jurada – D.S. N° 027-2019-EF, los cuales nos brinda los datos de todos los peajes del Perú. Se tomó como referencia la unidad de peaje de Virú.

Se tomará como ejemplo el cálculo del IMDA de los autos como vehículo ligero y de los camiones de 2 ejes como vehículo pesado en el sentido norte.

$$IMDA \text{ autos} = IMDs (\text{autos}) \times FCE \text{ febrero vehiculo ligero}$$

$$IMDA \text{ autos} = 2311.8571 \times 0.9810$$

$$IMDA \text{ autos} = 2059.8647$$

$$IMDA \text{ camión } 2E = IMDs (\text{camión } 2E) \times FCE \text{ febrero vehículo pesado}$$

$$IMDA \text{ camión } 2E = 2329.2857 \times 1.0102$$

$$IMDA \text{ camión } 2E = 2075.3936$$

El cálculo se realizará por sentido y por cada tipo de vehículo; quedando la siguiente tabla

Tabla 27. Índice medio diario anual por cada tipo de vehículo.

| | SENTIDO | AUTO | ST. WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | |
|-----------|---------|---------|--------------|------------|--------|--------|-------|--------|-------|------|
| | | | | PICK UP | PANEL | COMBI | | 2 E | 3 E | 4 E |
| IMDA | N | 2059.86 | 808.77 | 259.03 | 117.10 | 278.76 | 43.91 | 101.31 | 24.53 | 4.04 |
| | S | 2075.39 | 945.61 | 275.32 | 141.54 | 106.16 | 0.00 | 88.18 | 4.19 | 0.58 |
| | Total | 4135.26 | 1754.38 | 534.35 | 258.64 | 384.91 | 43.91 | 189.48 | 28.72 | 4.62 |
| IMDA 2021 | TOTAL | 4136.00 | 1755.00 | 535.00 | 259.00 | 385.00 | 44.00 | 190.00 | 29.00 | 5.00 |

- Cálculo de la Tasa anual de Crecimiento Vehicular

Estos valores son extraídos de la ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas, esta información registrada tiene carácter de Declaración Jurada – D.S. N° 027-2019-EF, los cuales nos brinda los datos de las tasas de crecimiento de vehículos pesados.

Tabla 29. Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados 2020.

| Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados | |
|--|-------|
| | PBI |
| Amazonas | 3.42% |
| Ancash | 1.05% |
| Apurímac | 6.65% |
| Arequipa. | 3.37% |
| Ayacucho | 3.60% |
| Cajamarca. | 1.29% |
| Cusco. | 4.43% |
| Huancavelica. | 2.33% |
| Huánuco. | 3.85% |
| Ica. | 3.54% |
| Junín. | 3.90% |
| La Libertad | 2.83% |
| Lambayeque. | 3.45% |
| Callao | 3.41% |

Fuente. Ministerio de transportes y comunicaciones

- **Cálculo de Número de repeticiones de Ejes Equivalentes**

Clasificamos por vehículo, cantidad de ejes y su peso en toneladas de cada eje, especificados en el Anexo 18. Luego se calcularon los Ejes equivalentes realizando los siguientes cálculos con las fórmulas que nos brinda el Manual de Carreteras. Y estos serán multiplicados por el número de IMDA de cada tipo de vehículo los cuales irán detallados en la siguiente tabla.

$$\text{Eje Simple de ruedas simples (EEs1)} = \left[\frac{P}{6.6} \right]^{4.0}$$

$$\text{Eje Simple de ruedas simples (EEs1)} = \left[\frac{1}{6.6} \right]^{4.0}$$

$$\text{Eje Simple de ruedas simples (EEs1)} = 0.000527$$

$$\text{Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)} = \left[\frac{P}{8.2} \right]^{4.0}$$

$$\text{Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)} = \left[\frac{7}{8.2} \right]^{4.0}$$

$$\text{Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)} = 3.2382$$

$$\text{Eje Tridem (EEtr2)} = \left[\frac{P}{21.8} \right]^{3.9}$$

$$\text{Eje Tridem (EEtr2)} = \left[\frac{23}{21.8} \right]^{3.9}$$

$$\text{Eje Tridem (EEtr2)} = 1.2324$$

Tabla 30. Cálculo de Factor de IMDA.

| Tipo de vehículo | | IMDA 2021 | TIPO DE EJE | NÚMERO LLANTAS | CARGA EJE TON. | Fp FLEXIBLE | F. IMDA FLEXIBLE |
|------------------|----------|-----------|-------------|----------------|----------------|-------------|------------------|
| Vehículo Ligero | Auto | 4136 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 2.179740 |
| | | 4136 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 2.179740 |
| | S. Wagon | 1755 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.924914 |
| | | 1755 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.924914 |
| | Pick Up | 535 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.281954 |
| | | 535 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.281954 |
| | Panel | 259 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.136497 |
| | | 259 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.136497 |
| | Combi | 385 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.202901 |
| | | 385 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.202901 |

| | | | | | | | |
|------------------------|--------------|-----|--------|----|----|----------|------------|
| | Micro | 44 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.023189 |
| | | 44 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.023189 |
| Vehículo Pesado | 2E | 190 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 240.419682 |
| | | 190 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.238287 | 615.274523 |
| | 3E | 29 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 36.695636 |
| | | 29 | TANDEM | 8 | 18 | 2.019213 | 58.557190 |
| | 4E | 5 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 6.326834 |
| | | 5 | TRIDEM | 10 | 23 | 1.232419 | 6.162093 |

Finalmente hallamos el Número de Ejes Equivalentes.

$$NEE = 365 * (\sum FIMDA) * Fd * Fc * Fca$$

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$Fca = \frac{(1 + 2.83/100)^{10} - 1}{2.83/100}$$

$$Fca = 10.01$$

3.6.8. Parámetros de diseño

- Periodo de diseño

Primero debemos de conocer para que tipo de tráfico se desea realizar el diseño; para esto tomaremos el ESALs calculado, que líneas atrás hemos considerado como Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas y haciendo uso de la siguiente figura que da el Manual de Carreteras, suelos y pavimentos seleccionamos para que tipo de tráfico realizaremos el diseño.

Tabla 281. Clasificación de tráfico según el Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes.

| Tipos de tráfico pesado expresado en EE | Rangos de tráfico pesado expresado en EE |
|---|--|
| TP5 | >1,000,000 EE |
| | ≤1,000,000 EE |
| TP6 | >1,500,000 EE |
| | ≤3,000,000 EE |
| TP7 | >3,000,000 EE |
| | ≤5,000,000 EE |
| TP8 | >5,000,000 EE |
| | ≤7,500,000 EE |

- Confiabilidad

Tenemos que tener en cuenta para que tipo de tráfico pesado debemos de evaluar la confiabilidad del diseño del pavimento. Ya que a mayor confiabilidad aumentará el espesor de las capas de la estructura del pavimento. Para esto nos ayudamos de la figura que da el Manual de Carreteras, suelos y pavimentos seleccionamos para que tipo de tráfico realizaremos el diseño.

Tabla 292. Valores de nivel de confiabilidad.

| Tipos de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados | | Nivel de confiabilidad (R) |
|------------------|-----------------|------------------------------|-----------|----------------------------|
| | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% |
| Resto de caminos | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% |

- Serviciabilidad

Lo calculamos restando la serviciabilidad final (Pf) a la serviciabilidad inicial (Pi) ya que, al transcurrir el tiempo, la condición del pavimento diseñado tenderá a decrecer. Para obtener los valores de Pf y Pi nos ayudamos de la ficha de resumen 05, especificada en el anexo 19 que nos brinda el Manual de Carreteras, suelos y pavimentos seleccionamos para que tipo de tráfico realizaremos el diseño.

Tabla 303. Índice de serviciabilidad inicial (Pi).

| Tipos de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados | | Índice de serviciabilidad inicial (Pi) |
|------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--|
| | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 4 |
| Resto de caminos | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 4 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 4 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 4 |

Tabla 314. Índice de serviciabilidad final (Pf).

| Tipos de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados | | Índice de serviciabilidad final (Pf) |
|------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 2.5 |
| Resto de caminos | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 2.5 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 2.5 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 2.5 |

- Desviación Estándar

Tenemos que tener en cuenta que el valor que escogemos para la confiabilidad del diseño, no es un parámetro que irá directamente incluido, sino que se utiliza para escoger una correcta desviación normal estándar. Para esto nos ayudaremos de la tabla ubicada en el Anexo 20 que nos brinda el Manual de Carreteras, suelos y pavimentos seleccionamos para que tipo de tráfico realizaremos el diseño.

Tabla 325. Desviación estándar para una sola etapa de 20 años teniendo en cuenta la confiabilidad.

| Tipos de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados | | Nivel de confiabilidad (R) | Desviación estándar normal (Zr) |
|------------------|---------|------------------------------|-----------|----------------------------|---------------------------------|
| | | | | | |
| | TP5 | 1,000,001 | 1,500,000 | 85% | -1.036 |
| Resto de caminos | TP6 | 1,500,001 | 3,000,000 | 85% | -1.036 |
| | TP7 | 3,000,001 | 5,000,000 | 85% | -1.036 |
| | TP8 | 5,000,001 | 7,500,000 | 90% | -1.282 |

- Módulo resiliente

Teniendo los datos de CBR obtenidos de las muestras extraídas de las 3 calicatas, se promedian y mediante la fórmula que correlaciona el CBR se halla el valor del módulo resiliente, como se indica en la expresión siguiente:

C.B.R. Muestra 1 (100%) = 10.9%

C.B.R. Muestra 2 (100%) = 10.9%

C.B.R. Muestra 3 (100%) = 12.3%

$$C.B.R. \text{ promedio} = \frac{10.9 + 10.9 + 12.3}{3}$$

$$C.B.R. \text{ promedio} = 11.36\%$$

$$Mr = 2555x (11.36)^{0.64}$$

$$Mr = 12101.33 \text{ KSI}$$

3.6.9. Diseño estructural

- Número estructural

Teniendo los parámetros de diseños ya determinados, hacemos cálculo del número estructural total de la carpeta de rodadura empleando la siguiente formula.

$$\text{Log}_{10}W_{8.2} = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32x \text{Log}_{10}(Mr) - 8.07$$

$$\text{Log}_{10}2842763.499 = 85x0.45 + 9.36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{1.5}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32x \text{Log}_{10}(12105.87) - 8.07$$

Despejamos SN, calculando el siguiente valor:

SN = 2.99 pulg

Para verificar este valor tenemos dos opciones, la primera es utilizando el ábaco que nos da el Manual de carreteras, suelos y pavimentos y la segunda opción es utilizando un software que contiene la ecuación AASHTO 93.

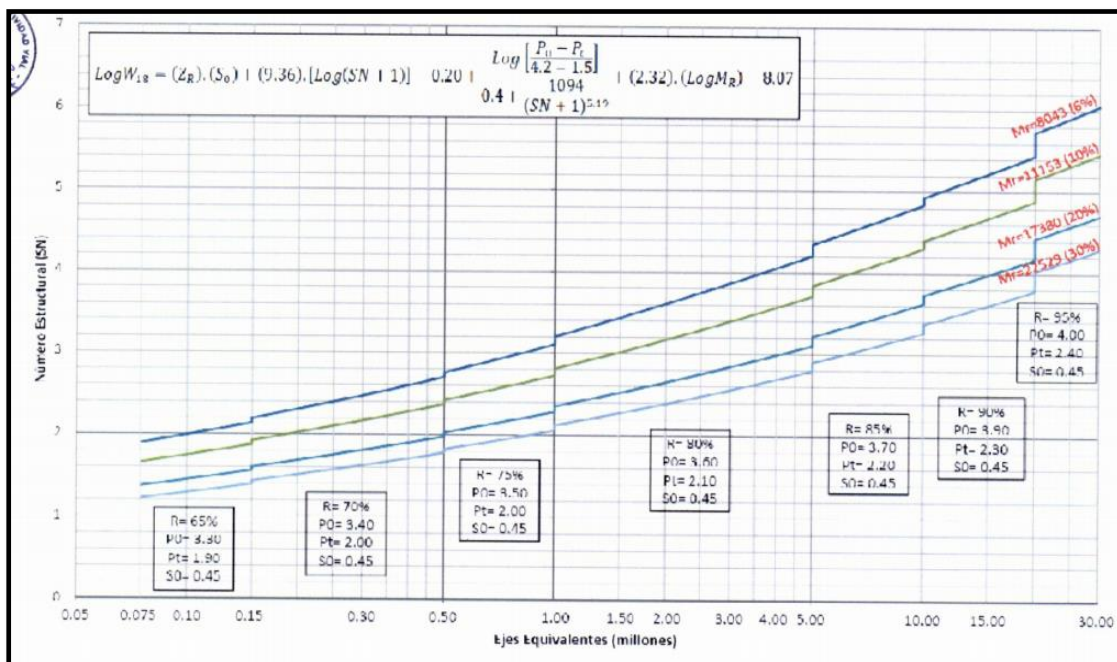


Figura 60. Ábaco para el cálculo del número estructural.

Figura 61. Software de la Ecuación AASHTO 93

- Coeficiente estructural de capa

Se determinó el valor del coeficiente estructural para la capa superficial, capa base y capa subbase de acuerdo a las características deseadas para el diseño del pavimento. Los valores para cada capa se seleccionarán de la tabla que te brinda el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos, especificada en el Anexo 21.

- Coeficiente de drenaje de capa

Se tomó uno de los valores recomendados también en el manual de carreteras, suelos y pavimentos, este valor será para las capas granulares de base y subbase, el cual se indica en el Anexo 22.

- Espesor de capa

Para este caso el espesor de capa lo determinamos mediante tanteo, el cual se buscó igualar el Número estructural requerido y Número estructural resultante con la ayuda de la plantilla Excel indicada en el Anexo 62.

3.6.10 Estudio de costos

- Metrados

Se realizó con la ayuda del Software AutoCAD, el cual cuenta con los planos existenciales del proyecto, se procederá a medir la longitud de todo el sector de la

avenida a rehabilitar teniendo en cuenta los anchos de ambos carriles y los espesores determinados en el diseño, cuya plantilla para el registro de metrados se encuentra en el Anexo 23.

- **Análisis de costos unitarios**

Estimamos y realizamos un análisis de los costos de cada partida que va a intervenir en la rehabilitación del pavimento de la Av. José María Eguren, en el cual se tuvo en cuenta los materiales, cuadrillas y costos; los cuales fueron detallados en el Anexo 24.

- **Presupuesto**

Como procedimiento final hallamos el presupuesto de la rehabilitación multiplicando en cada partida el costo unitario por el metrados calculado y sumando todos los valores obtenidos para determinar el costo directo, y así llegar hasta nuestro presupuesto final, con ayuda del formato para presupuesto indicado en el Anexo 25, para la determinación de este nos ayudaremos de las siguientes expresiones matemáticas:

$$\text{Gastos Generales (7\%)} = \text{Costo Directo} * 7/100$$

$$\text{Gastos Generales (7\%)} = 781734.02 * 7/100$$

$$\text{Gastos Generales (7\%)} = 54721.38 \text{ Nuevos soles}$$

$$\text{Utilidades (10\%)} = \text{Costo Directo} * 10/100$$

$$\text{Utilidades (10\%)} = 781734.02 * 10/100$$

$$\text{Utilidades (10\%)} = 78173.40 \text{ Nuevos soles}$$

$$\text{Sub Total} = \text{Costo Directo} + \text{Gastos Generales(7\%)} + \text{Utilidades(10\%)}$$

$$\text{Sub Total} = 781734.02 + 54721.38 + 78173.40$$

$$\text{Sub Total} = 914628.81 \text{ Nuevos soles}$$

$$\mathbf{IGV (18\%) = SubTotal * 18/100}$$

$$IGV (18\%) = 914628.81 * 18/100$$

$$IGV (18\%) = 164633.19 \text{ Nuevos soles}$$

Con los resultados obtenidos de las expresiones anteriores, llegamos al presupuesto total con la siguiente fórmula matemática (dicho análisis de presupuesto se detalla en el anexo 63):

$$\mathbf{Total = Sub total + IGV(18\%)}$$

$$Total = 914628.81 + 164633.19$$

$$Total = 1079261.99 \text{ Nuevos soles}$$

IV. RESULTADOS

4.1 Recolección de información base

Data obtenida de la subgerencia de proyectos de la Municipalidad Provincial de Trujillo:

Tabla 36. Información del diseño actual de la avenida José María Eguren

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Longitud (Km) | 0+683,582 |
| Topografía | llana |
| Ancho de calzada (m) | 5.60-6.00 |
| Número de carriles | 4 |
| Ancho de vereda (m) | 3.00-5.00 |
| Velocidad directriz (Km/h) | 30 |
| Espesor del pavimento | 2 pulg. |
| Tipo de pavimento | Asfalto en frío |

Dicha información se encuentra validada en el Anexo 01.

4.2 Condición Superficial

a. Índice de condición del pavimento (PCI)

El pavimento de la avenida José María Eguren presenta un PCI igual a 5, teniendo una condición fallada.

b. Índice de regularidad internacional (IRI)

Se obtuvo el IRI promedio para ambos sentidos, teniendo como resultado 8.3448 m/km.

c. Índice de serviciabilidad presente (PSI)

El índice de serviciabilidad promedio obtenido en ambos sentidos fue 0.8359, siendo una condición muy mala.

4.3 Condición Estructural

a. Deflexiones – Viga Benkelman:

Tabla 337. Deflexión característica de la avenida en estudio

| | Calzada izquierda mm/100 | Calzada derecha mm/100 |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Deflexión característica | 86.8 | 78.3 |

b. Espesores de capa

- Calicata N° 1

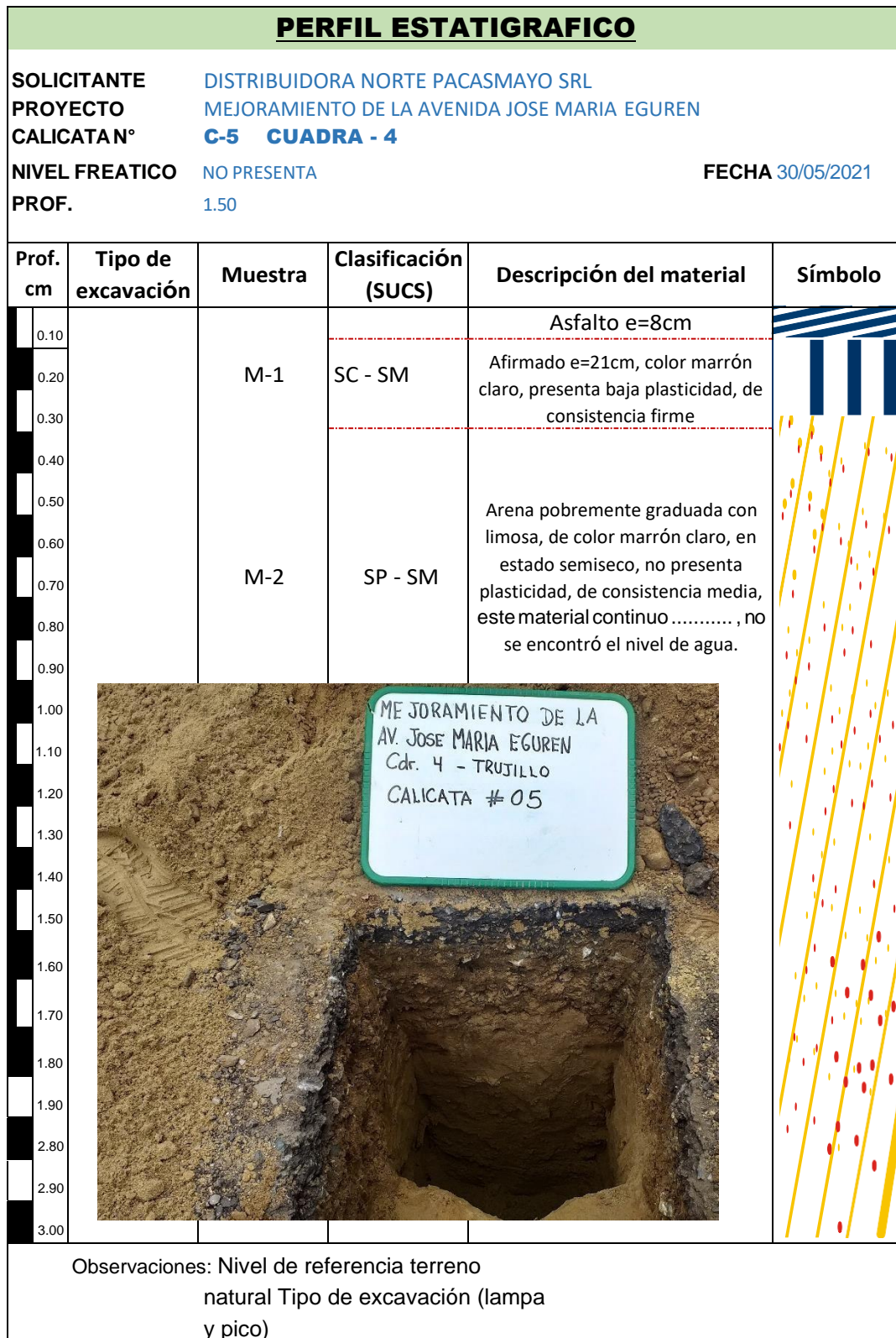


Figura 62. Calicata N° 1, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa

- Calicata N° 2

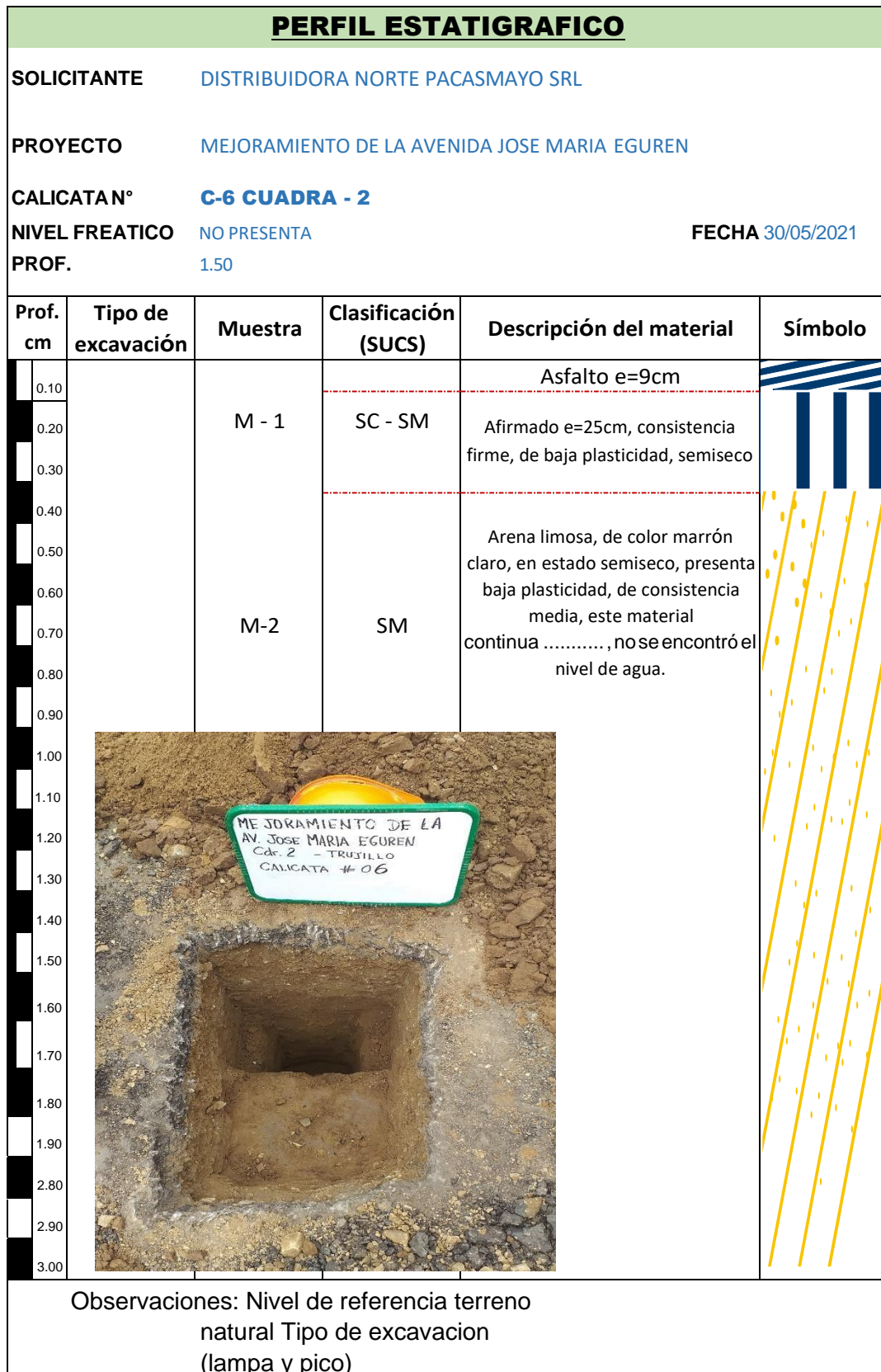


Figura 303. Calicata N° 2, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa

- Calicata N° 3

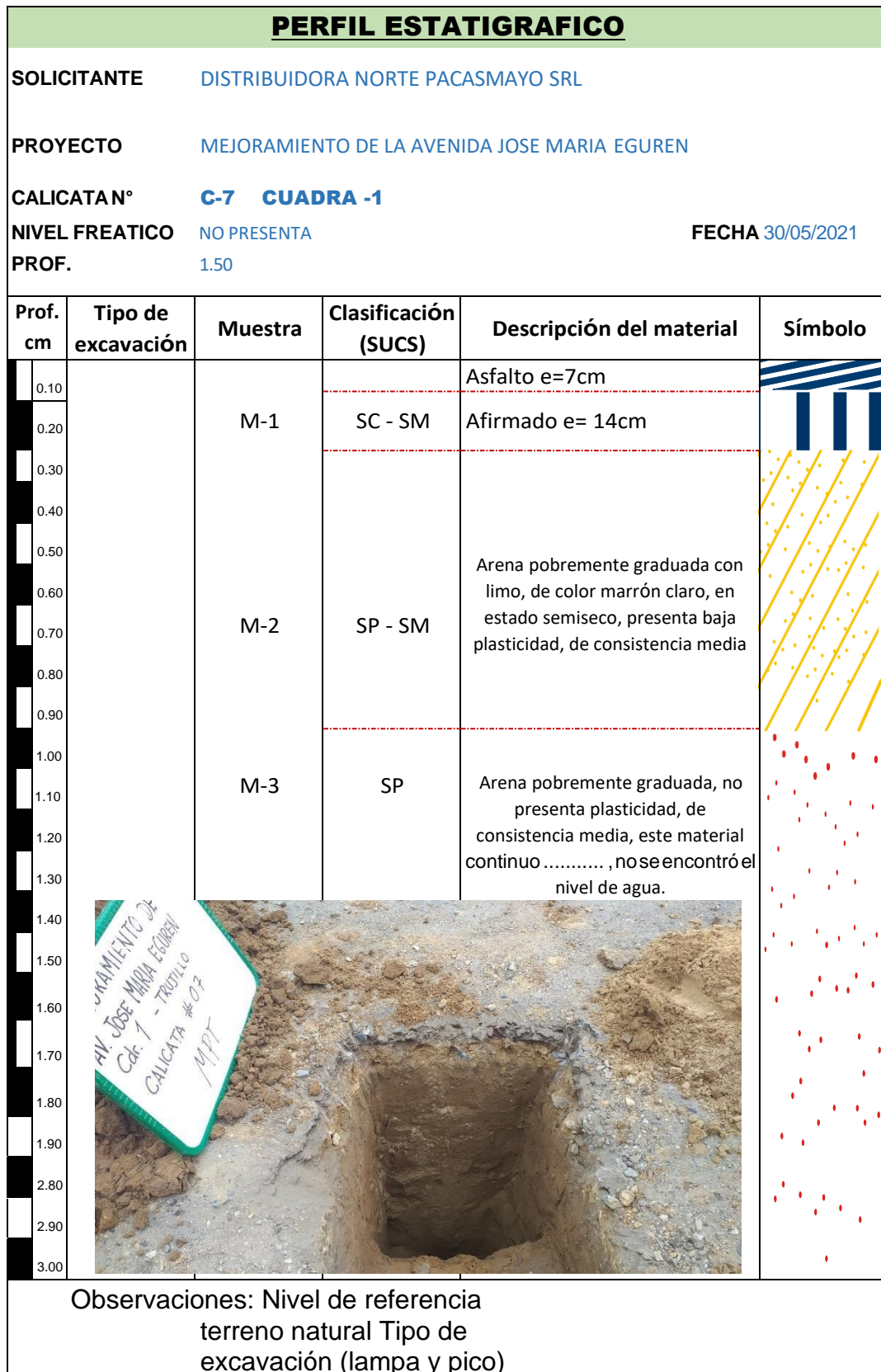


Figura 314. Calicata N° 3, perfil estratigráfico donde se aprecian los espesores de capa

4.4 Estudios topográficos

- Distancia

Tabla 348. Distancias según la progresivas de las 2 calzadas

| | PROGRESIVAS | DISTANCIA (m) |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| CALZADA DERECHA | KM0+000.00 - KM0+680.19 | 680.19 |
| CALZADA IZQUIERDA | KM0+000.00 - KM0+721.45 | 721.45 |

- Área de estudio

-

Tabla 359. Área de la sección de la avenida en estudio

| α CALZADA | ÁREA (m ²) |
|-------------------|------------------------|
| CALZADA DERECHA | 4227.447 |
| CALZADA IZQUIERDA | 3990.273 |

- Ángulos

Tabla 40. Ángulos de los puntos de la curva

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| PI Nº | RADIO | Δ (ÁNGULO DE DEFLEXION) | L LONGITUD DE CURVA | L.C LONGITUD DE CUERDA | T LONGITUD DE SUBTANGENTE | R LONGITUD DE RADIO DE CURVA | M DISTANCIA DE LA ORDENADA MEDIA | E DISTANCIA A EXTERNA |
| PI-1 | 21.944 | 42°14'07" | 16.176 | 15.812 | 8.475 | 21.944 | 1.474 | 1.580 |
| PI-2 | 177.284 | 5°53'43" | 18.241 | 18.233 | 9.128 | 177.284 | 0.235 | 0.235 |
| PI-3 | 73.108 | 12°12'16" | 15.585 | 15.555 | 7.822 | 73.166 | 0.415 | 0.417 |

| E DISTANCIA A EXTERNA | P.C | P.I | P.T | P.I ESTE | P.I NORTE | SENTIDO |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|---------|
| 1.580 | 0+040.967 | 0+049.442 | 0+057.143 | 718180.021 | 9102923.835 | 1 |
| 0.235 | 0+424.413 | 0+433.542 | 0+442.654 | 718473.281 | 9102674.584 | 8 |
| 0.417 | 0+586.416 | 0+594.238 | 0+602.000 | 718584.401 | 9102558.477 | 1 |

REFERENCIAS

- Elevaciones o cotas

Tabla 41. Coordenadas y elevaciones del terreno en estudio.

| COORDENADAS ESTACIONES-UTM WGS84 | | | | COORDENADAS BM - UTM WGS84 | | | |
|----------------------------------|------------|-----------|-------|----------------------------|------------|-----------|-------|
| NOMBRE | NORTE | ESTE | COTA | NOMBRE | NORTE | ESTE | COTA |
| E1 | 9103124.53 | 718043.08 | 40.05 | BM-1 | 9102997.80 | 718179.22 | 38.31 |
| E2 | 9103114.19 | 717994.64 | 39.87 | BM-2 | 9102932.03 | 718178.64 | 37.20 |
| E3 | 9102996.40 | 718174.19 | 38.20 | BM-3 | 9102822.57 | 718300.53 | 36.32 |
| E4 | 9102916.59 | 718171.22 | 36.97 | | | | |
| E5 | 9102863.54 | 718235.62 | 36.48 | | | | |
| E6 | 9102835.43 | 718299.97 | 36.09 | | | | |
| E7 | 9102760.13 | 718380.37 | 35.03 | | | | |
| E8 | 9102717.86 | 718431.25 | 34.21 | | | | |
| E9 | 9102668.24 | 718466.72 | 33.45 | | | | |
| E10 | 9102564.53 | 718587.14 | 32.35 | | | | |
| E11 | 9102466.09 | 718701.82 | 31.03 | | | | |

Tabla 362. Humedades determinadas para cada muestra extraída de cada calicata

| CALICATA | MUESTRA | HUMEDAD (%) |
|----------|-------------------------|-------------|
| C-5 | M-1 AFIRMADO | 4.9 |
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 2.4 |
| C-6 | M-1 MATERIAL AFIRMADO | 4.8 |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 6.7 |
| C-7 | M-1 AFIRMADO | 2 |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 5.2 |

- **Análisis granulométrico**

Tabla 373. Resultados del ensayo de granulometría realizado a cada una de las muestras extraídas de las calicatas

| CALICATA | MUESTRA | % Grava | % Arena | %Fino | Clas. SUCCS |
|----------|-------------------------|---------|---------|-------|-------------|
| C-5 | M-1 AFIRMADO | 2.9 | 72.5 | 24.6 | SC-SM |
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.2 | 88.3 | 11.4 | SP-SM |
| C-6 | M-1 MATERIAL AFIRMADO | 8.9 | 70.6 | 20.5 | SC-SM |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0 | 76.4 | 23.6 | SM |
| C-7 | M-1 AFIRMADO | 10.4 | 64.3 | 25.3 | SC-SM |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0 | 91.3 | 8.7 | SP-SM |

- **Límites de Atterbergg**

Tabla 384. Límites de consistencia de cada muestra ensayada

| CALICATA | MUESTRA | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-----------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| C-5 | M-1 AFIRMADO | 26.6 | 21.6 | 4.6 |
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | N.P | N.P | N.P |
| C-6 | M-1 MATERIAL AFIRMADO | 23.9 | 19.8 | 4.1 |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 22 | 20.4 | 1.6 |
| C-7 | M-1 AFIRMADO | 22.7 | 18.2 | 4.5 |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 18.9 | 16.6 | 2.4 |

- **Peso específico**

Tabla 395. Ensayo de Proctor modificado realizado a la muestra de cada calicata

| CALICATA | MUESTRA | W% ÓPTIMA | MAX. DENS. SECA (g/cm3) |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 7.11 | 2.007 |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 7.33 | 2.041 |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 5.7 | 1.953 |

- **CBR**

Tabla 406. Resultados del ensayo CBR realizado a las 3 muestras extraídas

| CALICATA | MUESTRA | PENETRACIÓN | CBR AL 100% DE M.D.S | CBR AL 95% DE M.D.S |
|-----------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.1" | 10.9 | 8.1 |
| C-5 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.2" | 14.1 | 11.0 |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.1" | 10.9 | 8.3 |
| C-6 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.2" | 14.2 | 11.2 |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.1" | 12.3 | 9.2 |
| C-7 | M-2 MATERIAL SUBRASANTE | 0.2" | 17.8 | 14.9 |

4.6 Estudios hidrológicos

- Precipitación media anual

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 21.4 | 22.4 | 22.2 | 20.9 | 19.6 | 18.5 | 17.9 | 17.5 | 17.6 | 17.9 | 18.6 | 20 |
| Temperatura mín. (°C) | 18.9 | 20.2 | 20.1 | 18.6 | 17.3 | 16.2 | 15.4 | 14.9 | 15 | 15.4 | 15.9 | 17.4 |
| Temperatura máx. (°C) | 24.8 | 25.4 | 25 | 24 | 23 | 21.9 | 21.3 | 21 | 21.2 | 21.6 | 22.3 | 23.6 |
| Precipitación (mm) | 36 | 65 | 78 | 36 | 9 | 4 | 4 | 4 | 6 | 9 | 9 | 15 |
| Humedad(%) | 83% | 84% | 86% | 84% | 83% | 83% | 83% | 83% | 82% | 81% | 81% | 82% |
| Días lluviosos (días) | 7 | 11 | 14 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |

Figura 325. Datos climáticos de Trujillo – La Libertad, 2020

Fuente. Senami.

El porcentaje de tiempo durante el año de exposición del pavimento ante lluvias igual a 12%.

4.7 Estudio de tráfico

- TMDA

Se obtuvo un IMDA igual a 7338 veh/día.

- Tasa de crecimiento

La tasa anual de crecimiento de vehículos pesados en el departamento la Libertad es de 2.83%.

- Número de repeticiones de ejes equivalentes

$$NEE = 1419370.780$$

4.8 Parámetros de diseño

- Periodo de diseño

Con los NEE obtenidos nos ubicamos en un tipo de tráfico pesado Tp5.

Seleccionaremos un periodo de diseño de 10 años, como indica el Manual de Suelos y Carreteras.

Periodo de diseño = 10 años

- Confiabilidad

Según la tabla del manual de Suelos y Carreteras, determinamos una

confiabilidad igual a:

Nivel de confiabilidad (R) = 85%

- **Serviciabilidad**

Con la ayuda del Manual de Suelos y Carreteras se obtuvieron las serviciabilidades iniciales y finales según el tipo de tráfico como se muestran en las tablas del manual de Carreteras, obteniendo así un PSI igual a 1.5.

- **Desviación estándar total**

La desviación estándar según el manual del MTC, nos da un valor igual a -1.036.

- **Módulo resiliente**

El promedio de los CBR de las muestras extraídas tuvo un valor de 1201.33 KSI.

4.9 Diseño estructural

- **Número estructural**

Al despejar la ecuación AASHTO se obtuvo un numero estructural igual a:

SN = 2.99 pulg.

- **Coefficiente estructural de capa**

Tabla 47. Valores de los coeficientes estructurales para cada capa del pavimento

| Capa superficial | Base | SubBase |
|--|---|---|
| a1 | a2 | a3 |
| Carpeta asfáltica en caliente módulo 2,965 Mpa (430,000 PSI) a 20°C (68°F) | Base Granular CBR 80% compactada al 100%de la MDS | Subbase Granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS |
| 0.170/cm | 0.052/cm | 0.047/cm |

Fuente. Manual de Carreteras, suelos y pavimentos.

Estos valores se convertirán a pulgadas, multiplicándolo por 2.54, para así ser empleadas en la formula general de diseño de pavimentos flexibles.

- **Coefficiente de drenaje de capa**

Según el Manual de Carreteras, Suelos y Carreteras se recomienda un valor igual a 1.00.

- **Espesor de capa**

Según la plantilla del método AASHTO indicada en el anexo 62, se obtuvo espesores de capa como: Subbase 15 cm, Base 20 cm y un espesor de pavimento de 7.5 cm.

4.10 Estudios de costos

- **Metrados**

Tabla 418. *Metrados obtenidos de la vía en estudio*

| | Und | Metrados |
|---|-----|----------|
| 01.00 TRABAJOS PROVISIONALES | | |
| 1.01 CARTEL DE OBRA 2.4x3.6M | und | 1 |
| 1.02 SEÑALIZACIÓN Y DESVIO DE TRANSITO | glb | 2 |
| 02.00 TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 2.01 TRAZO NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 8,448.00 |
| 2.02 CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE, PISTAS | m3 | 3,590.40 |
| 2.03 CONFORMACION DE SUBRASANTE, PISTAS | m2 | 8,448.00 |
| 2.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCENDENTE | m3 | 4,488.00 |
| 03.00 PAVIMENTO FLEXIBLE | | |
| 3.01 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR | m2 | 8,448.00 |
| 3.02 CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR | m2 | 8,448.00 |
| 3.03 IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 8,448.00 |
| 3.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE | m2 | 8,448.00 |
| OBRAS | | |
| 04.00 COMPLEMENTARIAS | | |
| 4.01 PINTURA DE TRÁFICO PARA LINEAS DE PASO Y FLECHAS | m2 | 1,000.00 |

- **Análisis de costos unitarios**

El análisis de costos unitarios se indica en la tabla 46 y se detalla en el Anexo 50.

Tabla 429. Análisis de Costos unitarios

| | Und | PU |
|--|-----|---------|
| 01.00 TRABAJOS PROVISIONALES | | |
| 1.01 CARTEL DE OBRA 2.4x3.6M | und | 1123.98 |
| 1.02 SEÑALIZACIÓN Y DESVIO DE TRANSITO | GLB | 1878.50 |
| 02.00 TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 2.01 TRAZO NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 2.49 |
| 2.02 CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE, PISTAS | m3 | 6.27 |
| 2.03 CONFORMACION DE SUBRASANTE, PISTAS | m2 | 3.46 |
| 2.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCENDENTE | m3 | 9.51 |
| 03.00 PAVIMENTO FLEXIBLE | | |
| 3.01 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR | m2 | 12.83 |
| 3.02 CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR | m2 | 9.96 |
| 3.03 IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 4.87 |
| 3.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE | m2 | 52.05 |
| 04.00 OBRAS COMPLEMENTARIAS | | |
| PINTURA DE TRÁFICO PARA LINEAS DE PASO Y | | |
| 4.01 FLECHAS | m2 | 9.15 |

- **Presupuesto**

Se obtuvo un presupuesto total igual a:

Total=1079261.99 Nuevos soles

V. DISCUSION

El mejoramiento de pavimentos flexibles en la avenida Eguren de la ciudad de Trujillo es una rehabilitación estructural de tipo reconstrucción total, el diseño de la estructura de la carpeta contendrá: Subbase granular 15 cm, Base granular 20 cm y la carpeta asfáltica en caliente de 7.5 cm; quedando así validada la hipótesis.

En la tabla 33 denominada como información del diseño actual de la avenida José María Eguren se puede observar la condición inicial del proyecto en la cual fue diseñado el pavimento, esto forma parte de la primera fase del estudio de un pavimento, como se indica en el inciso 2.2.3.9 (Menéndez, 2012), lo cual esta información recabada nos indica que el espesor y tipo de pavimento no es capaz de soportar las cargas actuales a la cual es sometida. Al realizar la evaluación de la condición superficial, observamos que el índice de condición del pavimento tiene un valor de 5, el cual ubicándolo en la tabla 8 del inciso 2.2.3.12, (Manual PCI, 2001) nos indica que el pavimento se encuentra totalmente fallado, de la misma manera al ubicar el valor del índice de rugosidad el cual es 8.3448 m/km en la figura 31, denominada escala de rugosidad, sustentada en la base del inciso 2.2.3.13.1 (Manual de Carreteras, suelos y pavimentos, 2014) en la sección de un pavimento antiguo, observamos que queda fuera del rango limite. Como último indicador de la condición superficial tenemos el índice de serviciabilidad que nos da un valor de 0.8359 el cual ubicándolo en la tabla 6 del inciso 2.2.3.6 (Guía AASHTO, 1993) en el cual nos menciona que el valor más bajo a tolera es de 2.0 y por lo tanto se debe considerar una rehabilitación de dicho pavimento. En la tabla 34 denominada Deflexiones características de la avenida en estudio se muestran los resultados de las deflexiones que presenta el pavimento cuando es sometida a una carga y comparándolas con el valor de condición límite admisible que debe soportar el pavimento en función al tráfico, nos indica que sobrepasa este rango, ubicándola dentro de una condición crítica, tal como se indicó en el inciso 2.2.3.13 (Manual de carreteras, suelos y pavimentos, 2014). En las figuras 61, 62, 63 se muestran los perfiles estratigráficos debidamente acotados no menos a 1.5 m (Norma MTC E 101, 2019) donde se pueden apreciar los espesores de las capas que pertenecen a la estructura del pavimento, en las cuales se observa que este pavimento no presenta uniformidad en el espesor de la capa asfáltica, lo cual no debería de ser así de acuerdo al diseño inicial. La tabla 35, 36, 37 y 38 nos muestra toda la información concerniente a los estudios

topográficos que son fundamentales para conocer los aspectos externos como los tipos de obras que se encuentran alrededor del pavimento, además de sus áreas de sección y elevaciones como se indica en el inciso 3.3.4 (Manual para revisión de estudios topográficos, 2010). En la tabla 39 se muestra los diferentes porcentajes de humedad que presentan los materiales granulares que forman parte de la estructura del pavimento, los que comparando con la humedad óptima resulta casi igual, por lo tanto, se realizará una compactación normal del suelo (Manual de carreteras, suelos y pavimentos, 2014). En la tabla 40 se visualiza un mayor porcentaje de arena mayores a 60%, seguida por la presencia de material fino de acuerdo la clasificación de los agregados en función al tamaño de sus partículas (Manual de Ensayos de Materiales, 2016). En la tabla 41 nos muestra los índices de plasticidad de cada muestra extraída los cuales se encuentran en un rango del 1% al 5%, por lo tanto, presentan una plasticidad baja con presencia de suelos poco arcillosos (Manual de Ensayos de Materiales, 2016). En la tabla 43 denominada resultados de ensayo de CBR se visualiza que todos los valores son mayores al 6% por lo cual no existirá la necesidad de realizar alguna estabilización del material de la subrasante como se sustenta en el inciso 2.2.3.7. (Manual de suelos y pavimentos, 2014). Al calcular el IMDA se puede observar que la avenida presenta una buena cantidad de volumen vehicular, de los cuales se encuentra un porcentaje notable de vehículos pesados; este resultado es fundamental para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes como se indica en el inciso 2.2.3.5.1 (Montejo, 2002). Al realizar el cálculo de número de repeticiones de ejes equivalentes nos da un valor de 1419370.78 ejes equivalentes, lo cual para un pavimento urbano permite clasificarlo como una vía colectora, con un tipo de tráfico según el inciso 3.3.7 (Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, 2002). El periodo de diseño es de 10 años, ya que cuando se trata de un tema de revestimiento o rehabilitación total el periodo para el diseño se encuentra entre un rango de 5 a 10 años (Manual de carreteras, suelos y pavimentos, 2014). La confiabilidad, serviciabilidad y desviación estándar resultantes fueron determinadas dependiendo del rango de número de repeticiones que lo clasifica como un Tp5 como se indica en la tabla 1 denominada número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes que se sustenta en el inciso 2.2.3.5.1 (Manual de carreteras, suelos y pavimentos, 2014). La tabla 44 nos indica los valores de los coeficientes estructurales de las capas del pavimento que van depender del tipo de asfalto, el porcentaje de CBR a la cual serán compactadas la

capa de base y capa de subbase, por lo cual serán empleadas para el diseño estructural del pavimento, según se indica en el inciso 3.3.9 (Guía AASHTO, 1993). El coeficiente de drenaje es un valor evaluado según la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo al cual se ve expuesto a niveles de humedad que se van a aproximar a la saturación durante un año que es de 12%, en todo caso no se cuente con una de estas variables se puede asumir el valor de 1 (Manual de carreteras, suelos y pavimentos, 2014). En la tabla 45 y 46 nos muestra los metrados y análisis de costos de acuerdo a cada partida que forma parte de la reconstrucción total del pavimento tal como se indica en el inciso 3.3.10 (Guía para formación de estrategias de rehabilitación, 2008)

Según Pari, 2017, en su investigación encontró espesores de capa como: carpeta asfáltica 3", base granular 0.20 m y una subbase de 0.20 m; utilizando la metodología indicada en la guía AASHTO 1993, llegando a encontrar los objetivos planteados, determinando así que la metodología AASHTO también empleada en esta investigación fue satisfactoria, ya que llegamos a encontrar todos nuestros objetivos planteados.

Según Alocer, 2018, encontró a través del método Pavement Condition Index un índice de condición promedio igual a 39.5, concluyendo en su investigación que el pavimento se encontró en un estado malo e indicó que es necesario el reemplazo de la carpeta de rodadura; encontrando en nuestra investigación un PCI igual a 5 indicando que el pavimento en estudio está en condición fallada; por lo cual debemos decir que no se presentan los estudios necesarios para determinar el reemplazo de alguna capa del paquete estructural, para lo cual es necesario hacer más ensayos como indica el Manual Centroamericano para diseño de pavimentos.

De la investigación hecha por Méndez & Ramírez, 2017 se determinó con el método Vizir junto con el ensayo de deflectometría Benkelman un estado de pavimento regular, corroborando así que la unión de estas dos metodologías nos lleva a un resultado de objetivos común como es el caso de nuestra metodología empleada, Método PCI con el ensayo de deflectometría Benkelman como indica el Manual Centroamericano para diseño de pavimentos.

Sarfaraz, Vedagiri y KV Krishna, 2017 encontraron la condición superficial del pavimento empleando un instrumento de escáner laser terrestre en el método AHP,

el cual es un instrumento muy eficiente y confiable ya que con ese software se obtiene las características de fallas con mayor exactitud, en nuestro caso se empleó el método PCI el cual es confiable también pero no tan exacto comparado con el escáner laser terrestre (Manual PCI).

Albino & Cisneros, 2017 llegó a determinar los espesores del paquete estructural del pavimento, empleando la metodología AASHTO, como una capa asfáltica de 5 cm, base granular 20 cm y subbase granular de 15 cm, siendo esta metodología también utilizada para logro de nuestra tesis una excelente guía, ayudando a obtener espesores del nuevo diseño de espesores de capas a rehabilitar.

Con lo mencionado por Según Rodríguez & Tamayo, 2019 encontraron en las calles Cesar Abraham y Ricardo palma de la ciudad de Trujillo un IMDA igual 1432 veh/día con un CBR promedio de subrasante de categoría bueno, siendo estos valores representativos de esta zona en estudio ya que nuestra tesis se encuentra muy cerca a esta área, obteniendo un IMDA de 7338 veh/día debido a la intersección de la vía con el mercado mayorista y el suelo de resistencia promedio a presentar un CBR promedio igual a 11.4 % siendo de resistencia media.

Escobar & Huincho, 2017 encontraron un ESAL igual a 709723.31, como nosotros en nuestros cálculos de investigación obtuvimos el valor NEE de 1419370.78 corroborando con el antecedente que la influencia del parámetro de diseño importante es el Número de repeticiones de ejes equivalentes, debido a esto es el deterioro acelerado del pavimento como se recalca en el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos.

De acuerdo con lo mencionado por Ureta & Young, 2018 encontró utilizando el método de retro cálculo Ultra – Thin Whitetopping los espesores para las avenidas en estudio de 5 cm para Arias y Aragüés y 5 cm para Modesto Molina, dicho método realizado en su trabajo de investigación es bastante ventajoso ya que considera la rehabilitación de tipo recapeo con pavimentos de concreto con menores espesores como es el caso de nuestros espesores encontrados (Manual Centroamericano para diseño de pavimentos).

Según Alarcón & Alarcón, 2019 obtuvieron un IMDA igual a 19806 veh/día, realizando un conteo vehicular de 3 días por un tiempo de 24 horas, a lo que nosotros obtuvimos un IMDA igual a 7338 veh/día, contados por 7 días por un periodo de 16 horas diarias,

pudiendo aclarar que la confiabilidad de conteo vehicular como lo indica el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos es realizar un conteo de 24 horas por 7 días obteniendo así un dato confiable de flujo vehicular.

La evaluación del pavimento se realizó en campo, en las horas permitidas ya que lamentablemente existen restricciones y horarios de inmovilización debido a los tiempos de pandemia, provocando una gran limitación al realizar los ensayos de deflexiones, índice de rugosidad ya que en las horas permitidas se encuentra una elevada congestión vehicular, lo cual no permite una recolección total de datos; sin embargo; se pudieron complementar las evaluaciones superficiales con las estructurales pudiendo observar una total coherencia entre resultados. Por otro lado, se debe tener en cuenta el porcentaje de vehículos pesados que transitarán a futuro por la avenida rehabilitada y si dicha avenida se encuentra en zona comercial, como en el caso de la avenida estudiada.

Si bien es cierto se logró ejecutar todos los ensayos planteados en nuestra investigación, se realizaron con un presupuesto mayor a lo estimado, debido a la pandemia que en el presente se está viviendo, por lo cual cabe recalcar que en el caso del valor de TMDA obtenido no es exacto en un mínimo porcentaje ya que por las razones mencionadas de lo que se vive en la actualidad, no todos los usuarios vehiculares están circulando y se puede decir que se obtuvo un flujo vehicular menor en un mínimo porcentaje.

De los resultados obtenidos como es el caso del conteo vehicular TMDA se hace énfasis que según el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos, para obtener un dato preciso de conteo se debe realizar 24 horas por 7 días, en el caso de los espesores de capa una buena metodología a emplear es el método de retro cálculo Ultra – Thin Whitetopping el cual nos ayuda a obtener espesores menores según la rehabilitación que se tenga, y para el indicador de condición superficial del pavimento un instrumento considerable para emplear para la recopilación de datos de falla es el empleo del escáner láser terrestre.

VI. CONCLUSIONES

Se diseñó la rehabilitación del pavimento flexible de la avenida José María Eguren con un tipo de rehabilitación de reconstrucción total con espesores: Subbase 15 cm, Base 20 cm y un espesor de pavimento de 7.5 cm; dicha rehabilitación se determinó de acuerdo a los estudios realizados y dieron como resultado un estado malo del pavimento, lo cual ameritaba ese tipo de rehabilitación.

Se recopiló la información base solicitada a la subgerencia de proyectos de la Municipalidad Provincial de Trujillo, cuya entidad nos brindó la documentación necesaria, de los cuales los datos prioritarios fueron la topografía llana, espesor del pavimento de 2 pulgadas y es un tipo de asfalto en frío.

Se determinó la condición superficial del pavimento, obteniendo como resultados un índice de condición del pavimento igual a 5, siendo este una condición fallada; un Índice de regularidad internacional promedio de 8.3448 km/km y un Índice de serviciabilidad promedio de 0.8359 siendo este un pavimento muy malo, concluyendo de este modo que la condición del pavimento es mala.

Se determinó la condición estructural del pavimento, obteniendo como resultados las deflexiones características en el carril izquierdo 86.8 mm/100 y en el carril derecho 78.3 mm/100 siendo estas deflexiones mayores a la deflexión admisible, por lo que es necesaria una intervención en dicho pavimento.

Se realizó los estudios topográficos de la avenida José María Eguren, siendo esta área de terreno de topografía plana y con la ayuda del software civil 3D se determinó el área de calzadas: calzada derecha 4227.447 m² y la calzada izquierda con un área de 3990.273 m² y una longitud total de 720 metros.

Se realizaron los estudios geotécnicos de la avenida en estudio, teniendo como índice de plasticidad promedio entre el rango 1 – 5% indicando que se trata de

un suelo de baja plasticidad, el valor CBR de la subrasante obtenido fue de 11.4% siendo esta de calidad regular; una densidad máxima seca promedio igual a 6.001 g/cm³.

Se realizó los estudios hidrológicos en el año 2020, los cuales indican la presencia mínima de lluvias en los meses Enero – Abril, siendo Marzo el mes donde se presentaron más días son lluvia (14 días), y en los meses siguientes la presencia de lluvias es casi nula, siendo el porcentaje de tiempo durante el año de exposición del pavimento ante lluvias igual a 12%.

Se calculó el estudio de tráfico, teniendo como resultados un TMDA igual a 7338 veh/día siendo así un elevado flujo vehicular, una tasa de crecimiento de vehículos pesados en La Libertad igual a 2.83% y 1419370.780 número de repeticiones de ejes equivalentes, siendo un porcentaje notable de tráfico pesado.

Se determinó los parámetros de diseño del pavimento teniendo como resultados: Período de diseño de 10 años, confiabilidad 85%, serviciabilidad igual a 1.5, una desviación estándar de -1.036 y un módulo resiliente de 1201.33 KSI.

Se elaboró el diseño estructural del pavimento, resultando un diseño para la rehabilitación de tipo reconstrucción total con espesores de capa igual a: Subbase 15 cm, Base 20 cm y un espesor de pavimento de 7.5 cm.

Se realizó el estudio de costos de la rehabilitación, teniendo como presupuesto final para la ejecución de la rehabilitación del pavimento de la avenida José María Eguren un monto total de 1079261.99 nuevos soles.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a La Municipalidad Distrital de Trujillo, tomar la presente investigación como base para un proyecto de inversión pública, para en un futuro poder desarrollar lo planificado en la realidad y de esta manera proporcionar seguridad y comodidad para sus usuarios.

Se recomienda a las empresas constructoras, así como a las entidades públicas a nivel nacional, deben aplicar una correcta evaluación superficial y estructural de sus redes viales para de esta manera proponer un adecuado tipo de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles.

Se recomienda a los profesionales orientados en la rama de la ingeniería vial deben de proponer otros diseños de rehabilitación de pavimentos, teniendo en cuenta las nuevas metodologías que van surgiendo con el transcurso del tiempo.

Se recomienda a los investigadores realizar las evaluaciones del pavimento empleando otros métodos de evaluación tanto superficiales como estructurales más actualizados, mejorando la obtención de los datos de una manera más simplificada y precisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albino, Cisneros. (2017). Diagnóstico de la transitabilidad vial y propuesta del diseño estructural del pavimento en las calles 5 y 9 del centro poblado Alto Trujillo - Trujillo, La Libertad.
2. Alcocer Gustavo. (2018). Rehabilitación de pavimentos flexibles para la conservación vial empleando mezclas asfálticas en caliente en la carretera Puerto Bermúdez - San Alejandro – 2018.
3. Arhin, Williams, Ribbiso y Anderson. (2015) Predicción del índice de condición del pavimento utilizando International Índice de rugosidad en un área urbana densa.
4. Bohdan, Piotr. (2019). Revisión y evaluación de reciclaje en frío con emulsión bituminosa y cemento para rehabilitación de pavimentos antiguos.
5. Bonett. (2014) Guía de procesos constructivos en una vía en pavimento flexible.
6. Cedeño, Viejó. (2019) Diagnóstico del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI y propuesta de rediseño de la vía baba - Tinoco en el cantón Baba, prov. de Los Ríos.
7. Coronado (2002) Manual centroamericano para diseño de pavimentos, Guatemala.
8. Corros, Urbáez y Corredor. (2009) Manual de evaluación de pavimentos.
9. Crisanto César, Peralta Dante. (2019). Evaluación de la condición del pavimento asfáltico en la avenida los frutales distrito de la Molina – Lima, por medio del método PCI y propuesta de alternativa de rehabilitación.
10. Del Águila (2012) Manual de usuario Merliner, metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos.
11. Di Mascio, Moretti. (2019). Implementation of a pavement management system for maintenance and rehabilitation of airport surfaces.
12. Escobar, Huincho; (2017). Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite, Huancavelica 2017.
13. Instituto Nacional de Vías (2008) Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.
14. Kang-Won, Kathleen & Syed. (2017). Prediction of performance and evaluation of flexible pavement rehabilitation strategies.

15. Macea, Márquez & Morales. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo.
16. MA Karim, Haleem & Abdo. (2016). Evaluación y mantenimiento del índice de condición del pavimento (PCI): un estudio de caso de Yemen.
17. Mendez Alfonso, Ramirez Hernando. (2017). Diseño y rehabilitación de la estructura de pavimento de un tramo de la vía terciaria Coello a la vereda Llano de la virgen, localizada en el municipio de Coello - departamento del Tolima.
18. Menéndez (2009) Ingeniería de pavimentos, materiales, diseño y conservación.
19. Mercedes. (2019). Modelo de gestión para mantenimiento de pavimentos flexibles en vías urbanas del distrito de Chiclayo.
20. Ministerio de transporte e infraestructura de Nicaragua (2008) Manual para la revisión de diseños de pavimentos.
21. Ministerio de Transportes y comunicaciones de Perú. (2013) Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas generales para construcción EG-2013.
22. Ministerio de Transportes y comunicaciones de Perú. (2016) Manual de ensayo de materiales.
23. Ministerio de Transportes y comunicaciones de Perú. (2014) Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
24. Ministerio de Transportes y comunicaciones de Perú. (2018) Manual de carreteras, Diseño Geométrico.
25. Ministerio de Transportes y comunicaciones de Perú. (2019) Norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos.
26. Montejo (2002) Ingeniería de pavimentos para carretera.
27. Nirmal, Mostafa & Zhongjie. (2016). Estrategias de mitigación para el agrietamiento por reflexión en rehabilitados pavimentos - Una síntesis.
28. Pari Ivar. (2017). Estudio definitivo mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial en el jr. Lambayeque de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno.
29. Pinatt, Chicati, Sereni y Gregio. (2020) Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil.
30. Raid, Hussein & Saja (2018). Using PAVER 6.5.7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city.
31. Rodríguez James. (2018). Análisis y propuesta de diseño del pavimento flexible en la carretera Carhuaz – Hualcán.

32. Rodríguez Jean, Tamayo Cinthya. (2019). Evaluación de la transitabilidad vial y diseño del pavimento flexible en el sector Virgen Del Socorro - Trujillo - La Libertad.
33. Saleem, Raza, Jaffar, Ali y Afsal. (2019) Encuesta de condición para la evaluación del índice de condición del pavimento de una carretera.
34. Sánchez Luis, Machuca Johan. (2015). Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de las vías principales del municipio de Tamalameque Cesar.
35. Sánchez Mayra. (2016). Diseño De Pavimento Flexible Utilizando El Método Aashto 93 En La Vía Valle De La Virgen- Cascajal Cantón Pedro Carbo, Provincia Del Guayas.
36. Sarfaraz, Vedagiri & KV Hrishna (2017). Prioritization of pavement maintenance sections using objective based Analytic Hierarchy Process.
37. Sociedad Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transpones. (Estados Unidos 1993) Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos.
38. Solano Mario. (2016). Estimación de la dosificación apropiada de ligante asfáltico en la rehabilitación de pavimentos flexibles con uso de geosintéticos.
39. Subhi, Hesham, Turki. (2017) Pavement Maintenance Applications using Geographic Information Systems.
40. Setywan, Nainggolan y Budiario. (2015) Predecir la vida útil restante de la carretera utilizando el índice de condición del pavimento.
41. Vargas (2017) Metodología para la estimación del número estructural efectivo de los pavimentos flexibles recién construidos y su capacidad estructural.

ANEXOS

ANEXO 01

GUIA DE OBSERVACIÓN 1. Datos a obtener del pavimento de la avenida en estudio, solicitado a la subgerencia de proyectos de la Municipalidad Provincial de Trujillo.

| DOCUMENTACIÓN EXISTENTE | |
|--------------------------------|--|
| FECHA: | |
| DEPARTAMENTO: | |
| PROVINCIA: | |
| DISTRITO: | |
| MUNICIPALIDAD: | |
| ENCARGADO: | |
| Tipo de material | |
| Longitud (Km) | |
| Topografía | |
| Ancho de calzada (m) | |
| Número de carriles | |
| Ancho de vereda (m) | |
| Velocidad directriz (Km/h) | |
| Tipo de pavimento | |
| Espesor de pavimento (pulg) | |

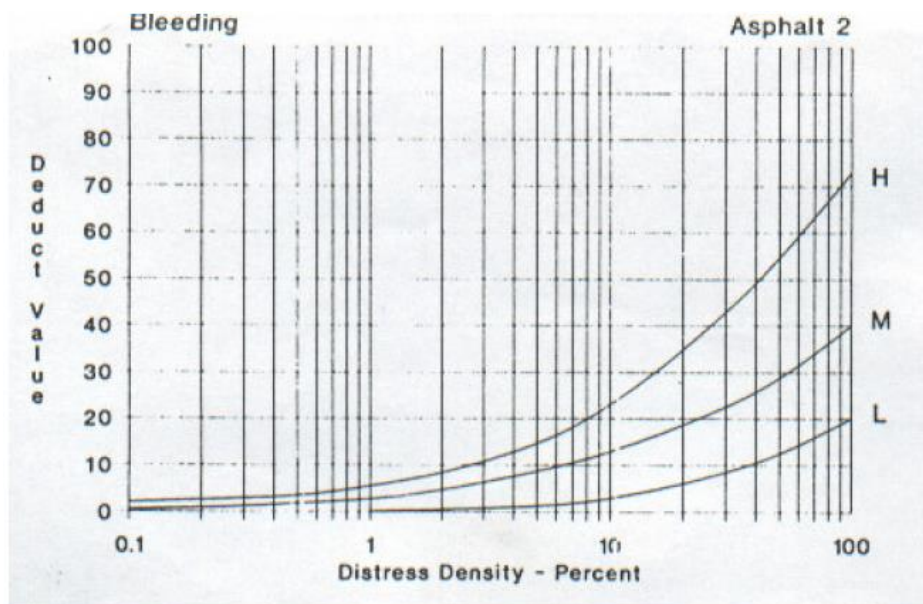
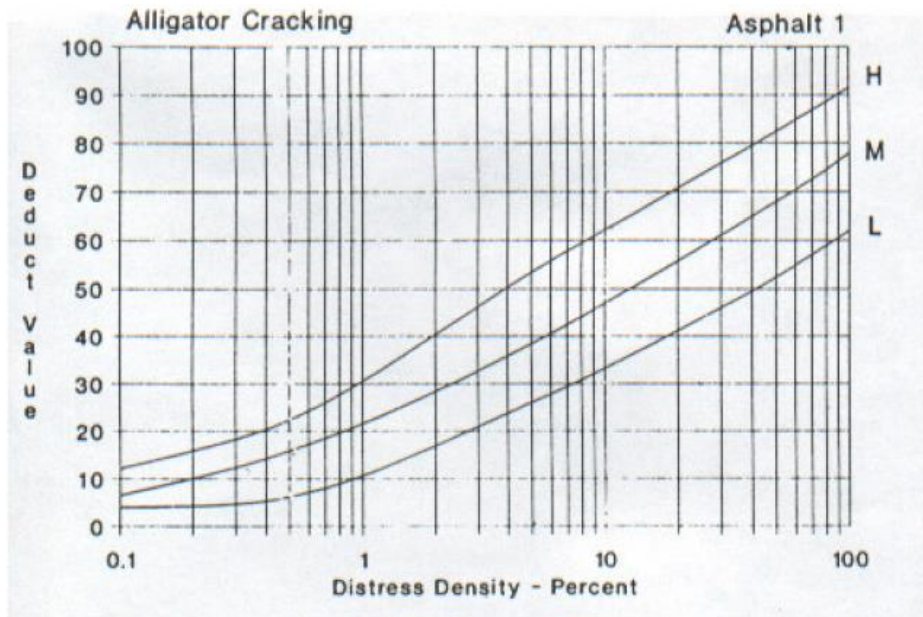
ANEXO 02:

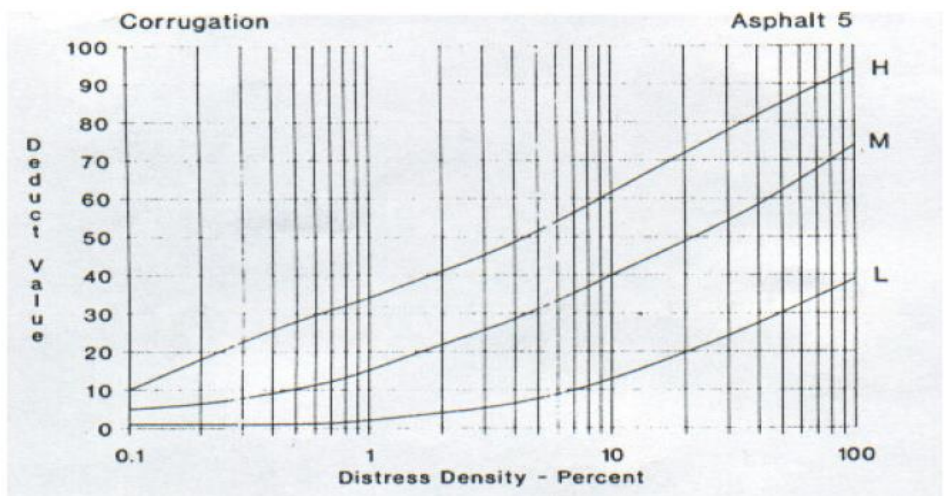
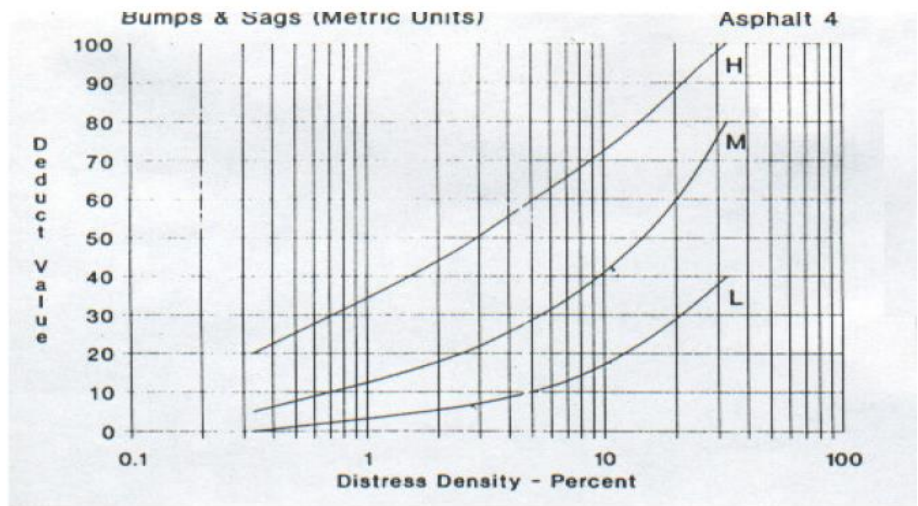
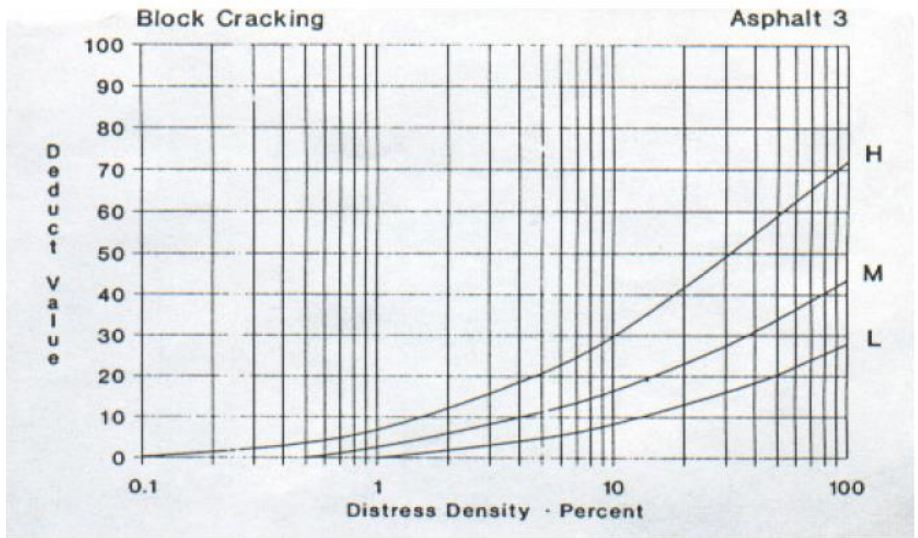
GUIA DE OBSERVACIÓN 2. Formato para la toma de datos de fallas en el pavimento

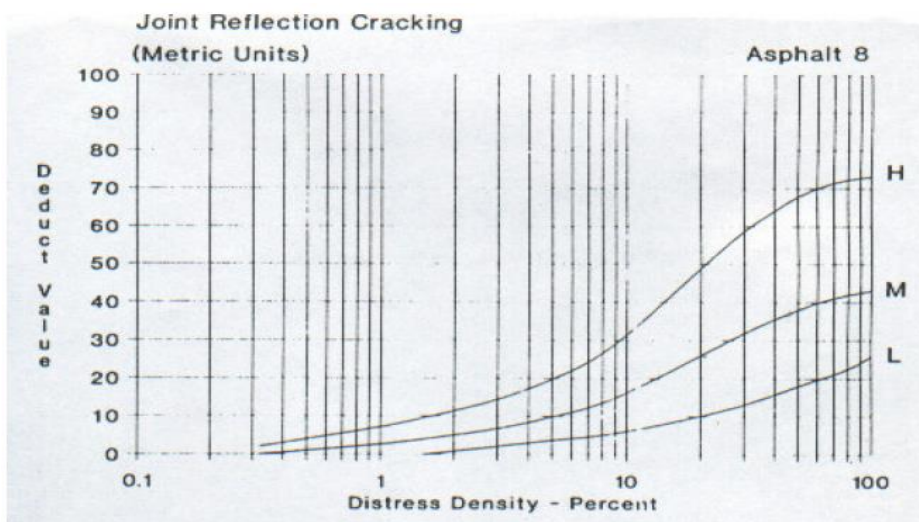
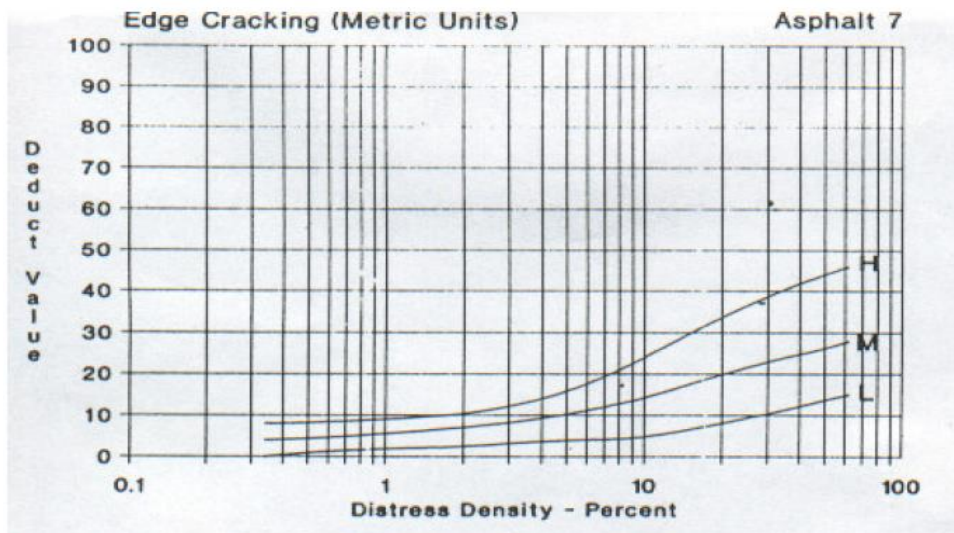
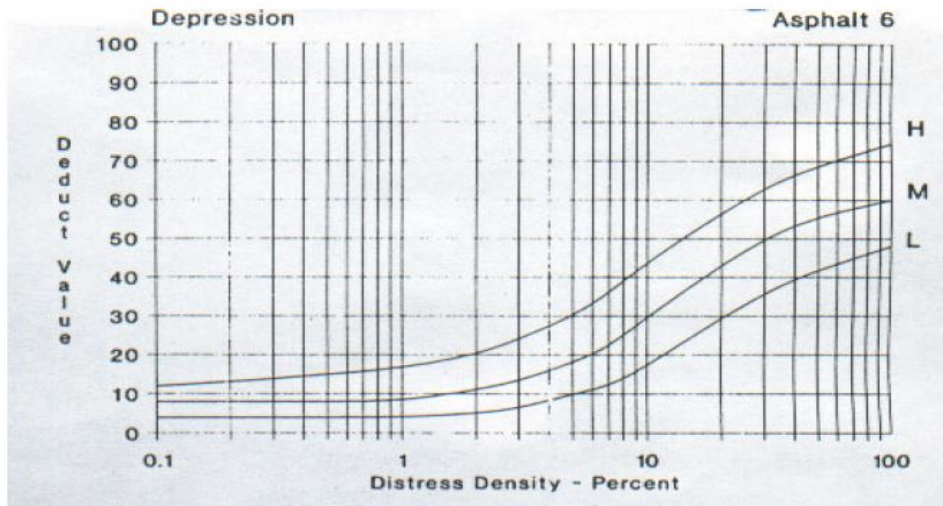
| EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO | | | | | | | | | | | | ESQUEMA | | |
|--|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------|------------------------|--|------------------------------|---|------|-------|---------|-------|------|
| ZONA | | ABSCISA INICIAL | | UNIDAD DE MUESTREO | | | | | | | | | | |
| CÓDIGO VÍA | | ABSCISA FINAL | | ÁREA MUESTREO (m2) | | | | | | 280 | | | | |
| INSPECCIONADA POR | | | | | | FECHA | | | | | | | | |
| No | | Daño | | M2 | | No | | Daño | | M2 | | | | |
| 1 | | Piel de cocodrilo | | M2 | | 11 | | Parqueo | | M2 | | | | |
| 2 | | Exudación | | M2 | | 12 | | Pulimento de agregados | | M2 | | | | |
| 3 | | Agrietamiento y hundimien | | M2 | | 13 | | Huecos | | Nº | | | | |
| 4 | | Abultamientos y hundimien | | M2 | | 14 | | Cruce de vía férrea | | M2 | | | | |
| 5 | | Corrugación | | M2 | | 15 | | Ahuellamiento | | M2 | | | | |
| 6 | | Depresión | | M2 | | 16 | | Desplazamiento | | M2 | | | | |
| 7 | | Grieta de borde | | M | | 17 | | Grieta parabólica | | M2 | | | | |
| 8 | | Grieta de reflexión de junta | | M | | 18 | | Hinchamiento | | M2 | | | | |
| 9 | | Desnivel carril/berma | | M | | 19 | | Desprendimiento de agregados | | M2 | | | | |
| 10 | | Grietas longitudinal y transversal | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | | UNIDADES DE MUESTRA | | | INTERV. DE UNID. DE M. | | | NÚMERO MÁX. DE VD | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = Ns^2 / ((e^2/4)(N-1) + s^2)$ | | | $i = N/n$ | | | $m = 1 + (9/98) * (100 - \text{MaxDV})$ | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| 86 - 100 | Excelente | Grado | 1 | | 4 | | 7 | | 10 | | 13 | | | |
| 71 - 85 | Muy Bueno | Satisfactorio | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. |
| 56 - 70 | Bueno | Bueno | | | | | | | | | | | | |
| 41 - 55 | Regular | Regular | | | | | | | | | | | | |
| 26 - 40 | Pobre | Muy Pobre | | | | | | | | | | | | |
| 11 - 25 | Muy Pobre | Fallado | | | | | | | | | | | | |
| 0 - 10 | Fallado | Fallado | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | BAJA (L) | | | | | | | | | | | | |
| | | MEDIA (M) | | | | | | | | | | | | |
| | | ALTA (H) | | | | | | | | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD % | | VALOR DEDUCIDO | | Número de valores deducidos > 2 (q) Valor deducido más alto = Número Máx. De VD (m) = | | | | | | | |
| 1 | L | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | M | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | H | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | H | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | M | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | L | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | M | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | H | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | L | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | H | | | | | | | | | | | | | |
| NRO | VALORES DEDUCIDOS | | VDT | | q | | VDC | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Máx. VDC | | | | | | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | PCI=100-Máx. DVC | | | | | | | |
| | | | | | | | PCI= | | | | | | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | | | | | | |

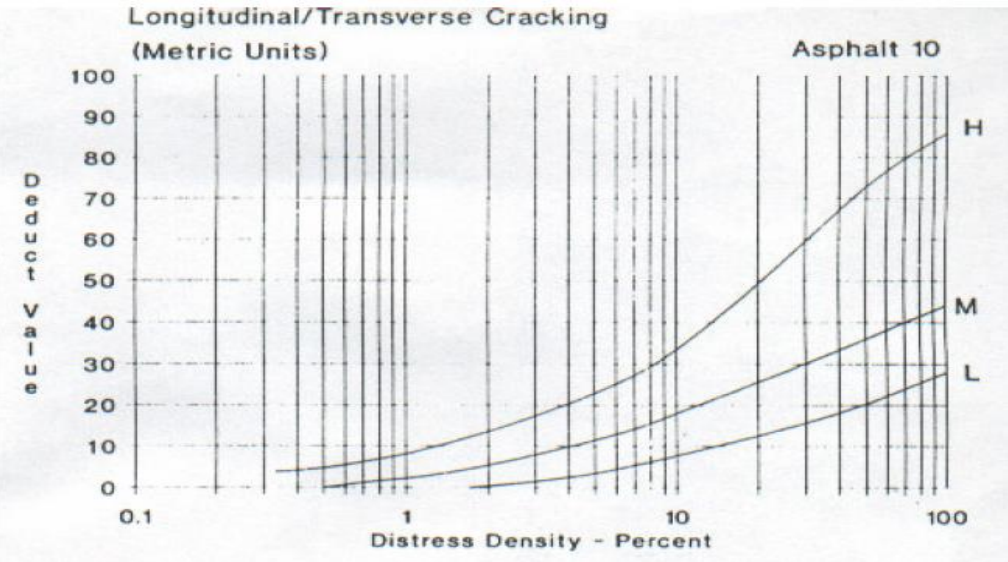
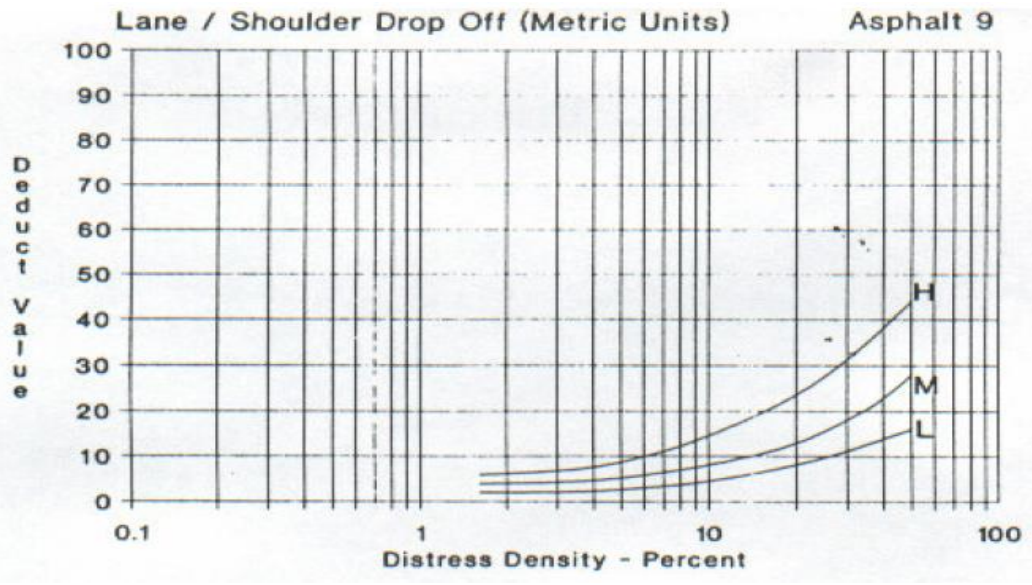
ANEXO 03

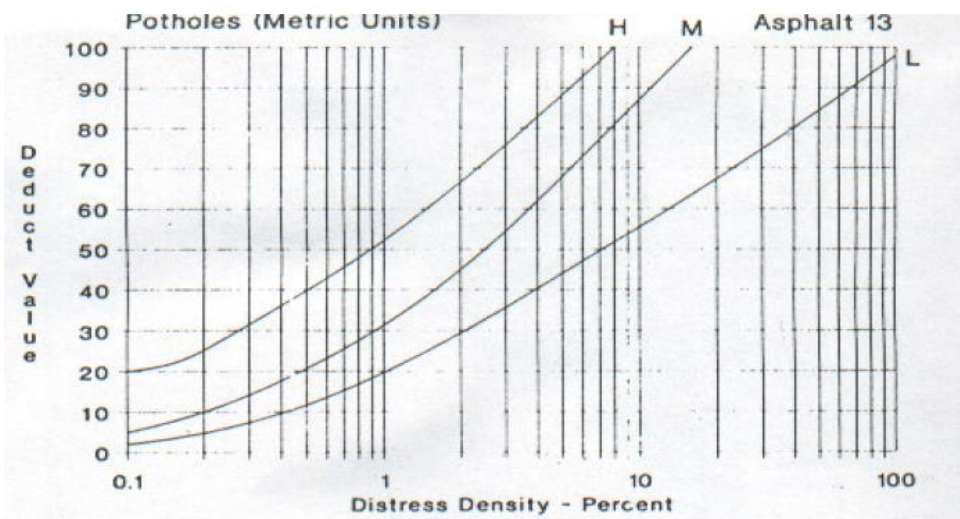
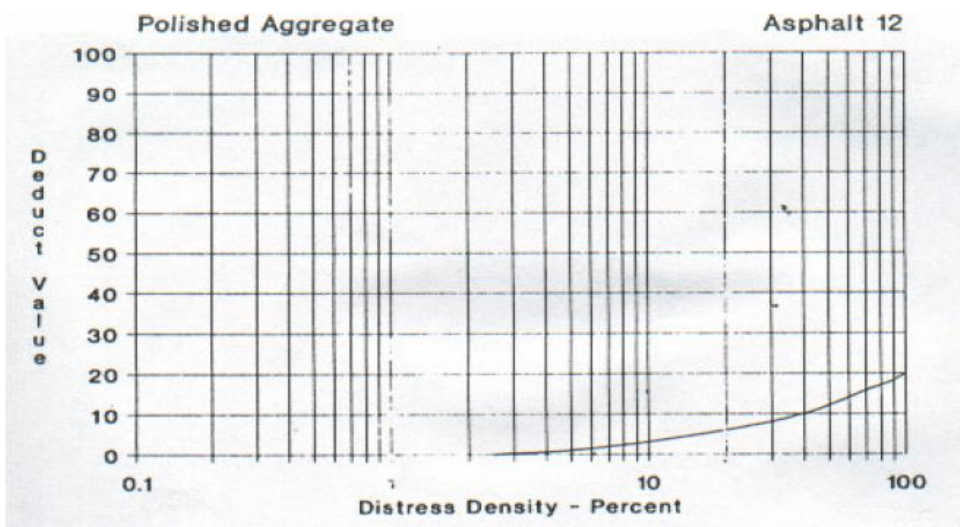
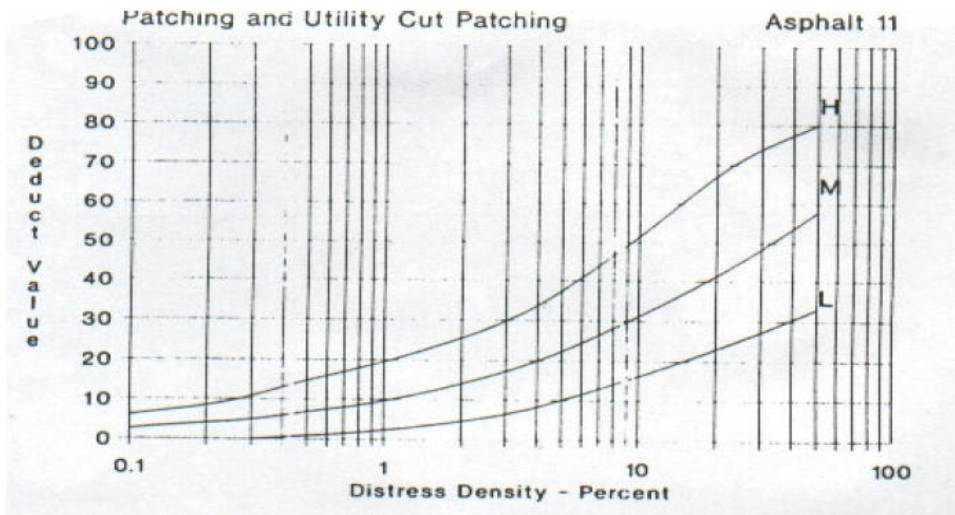
FICHA DE RESUMEN 1. Curvas valor deducido, para pavimentos flexibles de cada tipo de fallas encontradas en el pavimento.

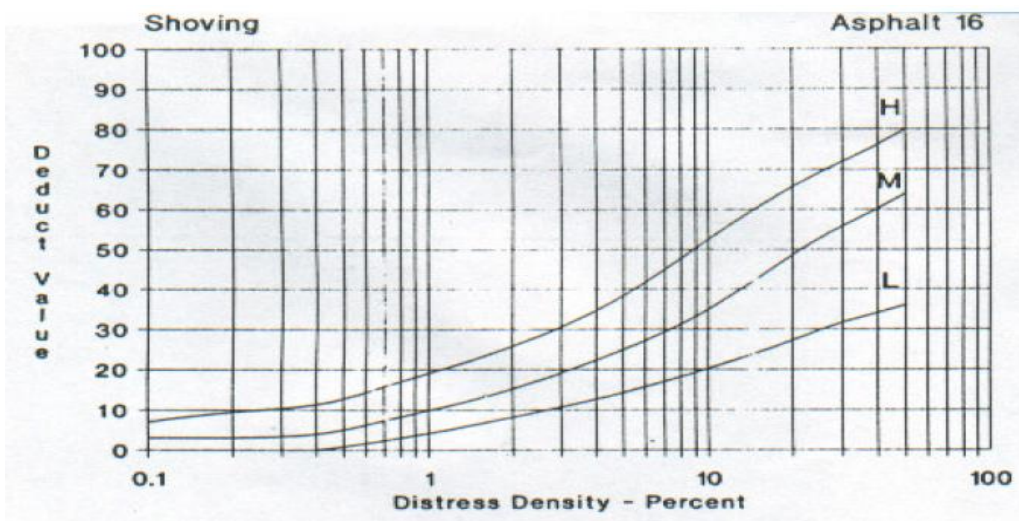
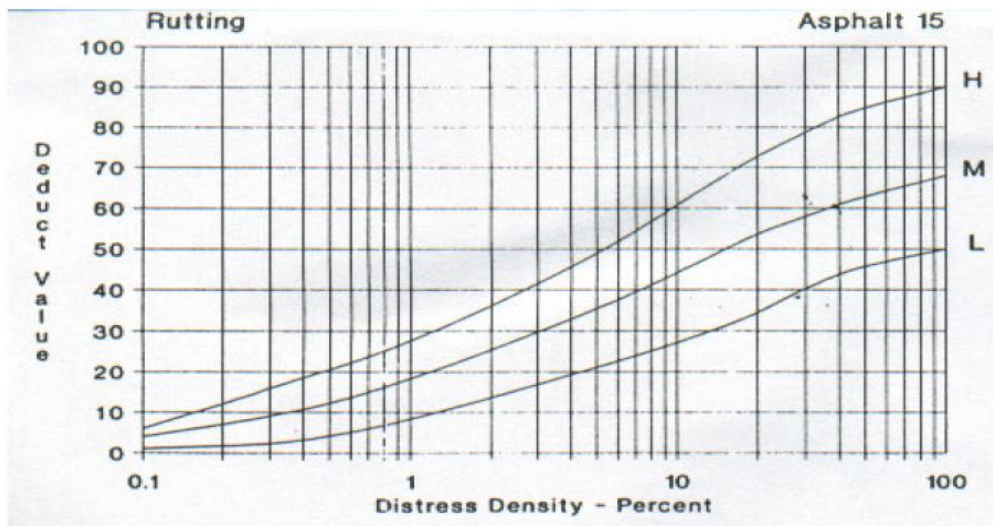
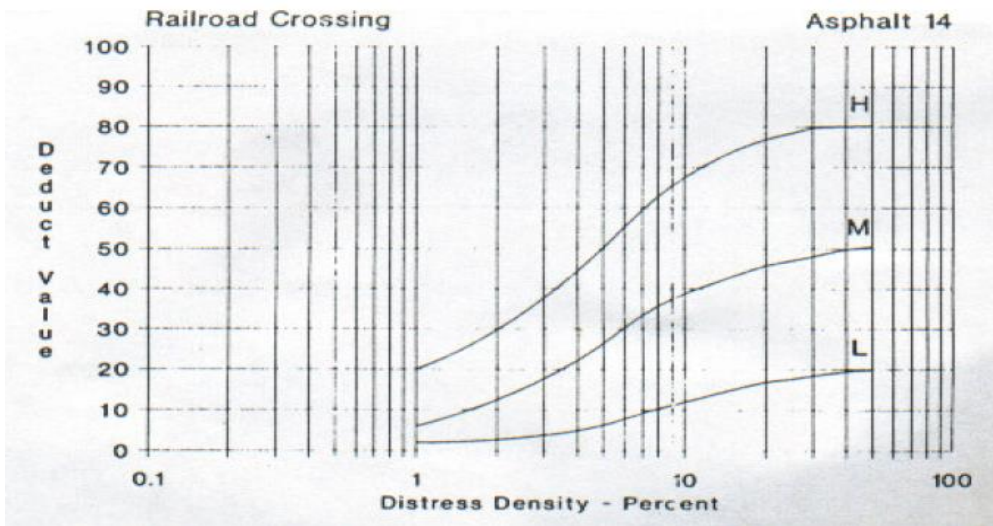


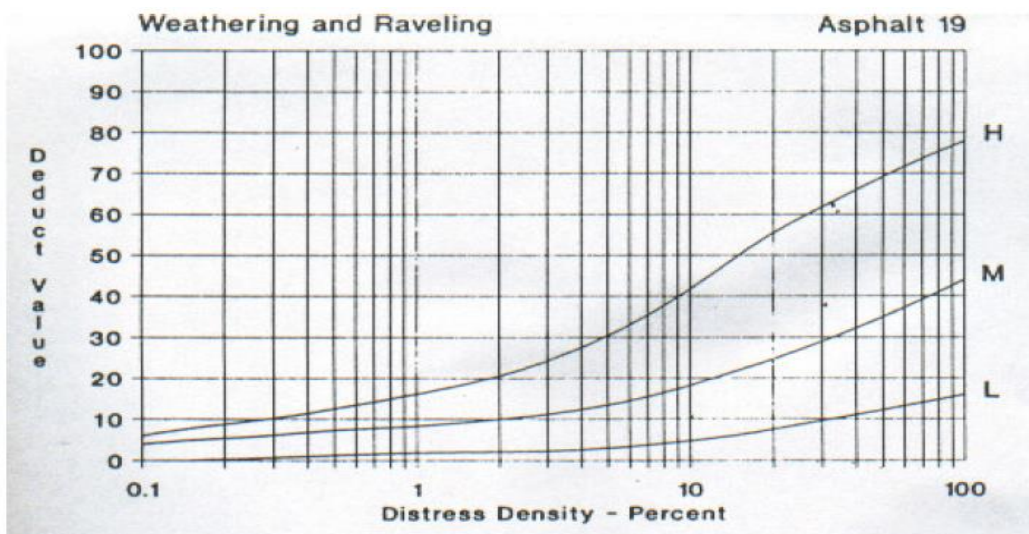
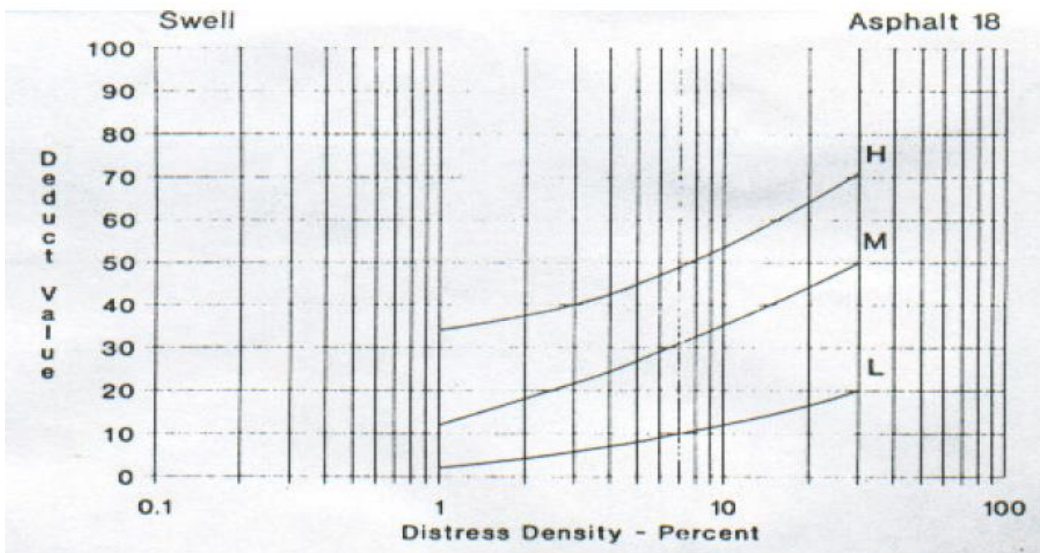
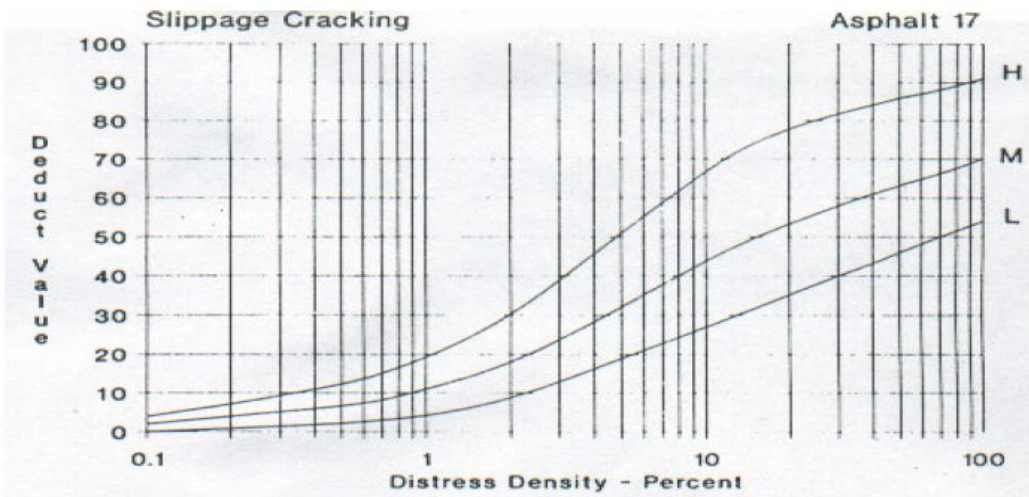






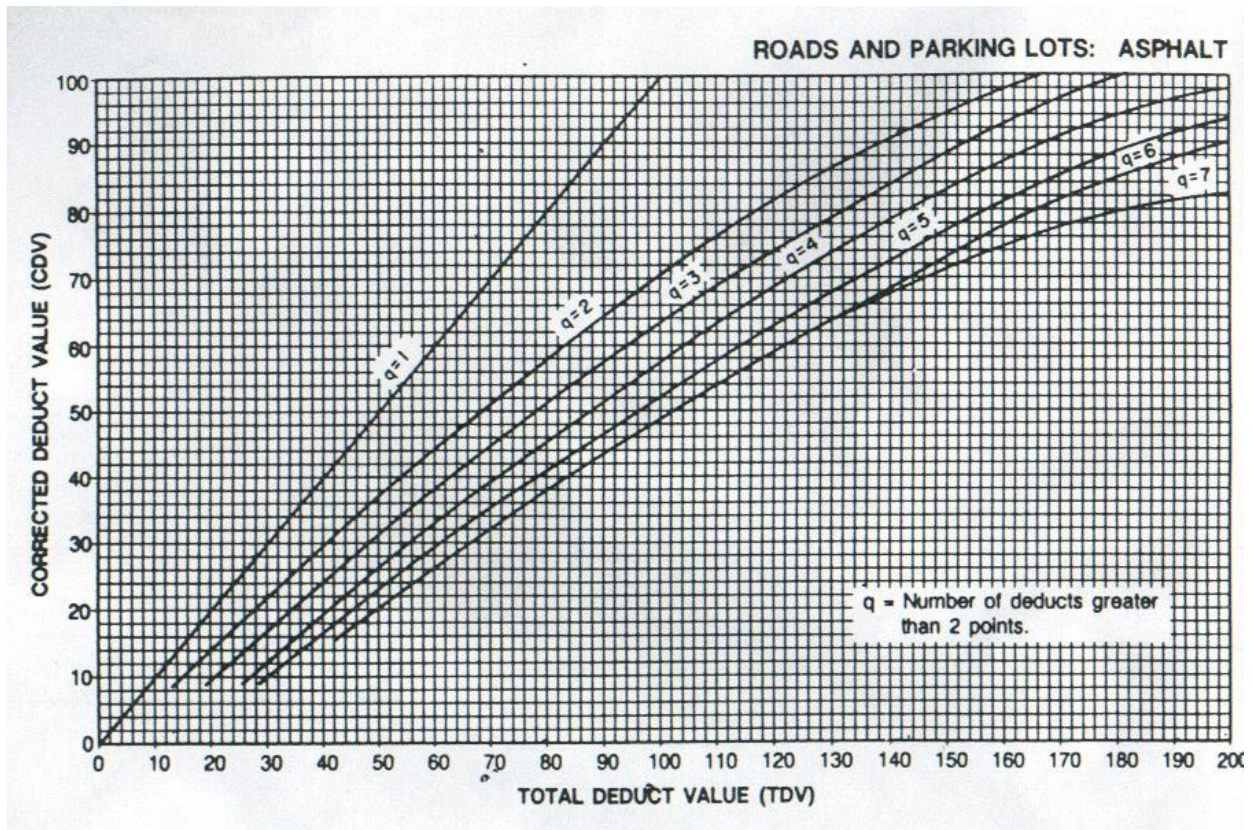






ANEXO 04

FICHA DE RESUMEN 2. Nomograma para el valor deducido corregido – VDC y cuadro de cálculo para la determinación del valor máximo deducido.



ANEXO 05

GUÍA DE OBSERVACIÓN 3. Hoja de campo Merlín, formato donde se coloca las desviaciones de los puntos medidos.

| ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|---|-----|---|---|---|------|-------------|--------------------|-----|
| PROYECTO: | _____ | | | | | | | | | OPERADOR: | _____ | |
| SECTOR: | _____ | | | | | | | | | SUPERVISOR: | _____ | |
| TRAMO: | _____ | | | | | | | | | FECHA: | _____ | |
| CARRIL: | _____ | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO Nº | [] | | KM | | [] | | | | HORA | [] | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | | | | | | | | | | | TIPO DE PAVIMENTO: | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | AFIRMADO | [] |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | BASE GRANULAR | [] |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | [] |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | TRAT, BICAPA | [] |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | CARPETA SIN | [] |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | CARP. | [] |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | RECAPEO ASFÁLTICO | [] |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | SELLO | [] |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | OTROS | [] |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | _____ _____ _____ _____ _____ | | | | | | | | | | | |





ANEXO 06

GUÍA DE OBSERVACIÓN 4. Hoja de deflexiones donde se registran los valores que marcan los deflectómetros en cada punto de evaluación.

| PROYECTO: _____ TIPO DE PAVIMENTO: _____ CARGA DE EJE: _____ PRESIÓN DE INFLADO: _____ FECHA: _____ REALIZADO POR: _____ | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--|--|--|----------------------------------|-----|-----|---------------|
| ESTACIÓN | LECTURA DE DEFLECTÓMETRO | | | | DEFLEXIONES (10 ² mm) | | | OBSERVACIONES |
| | | | | | DO | DR1 | DR2 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |




ANEXO 07

GUIA DE OBSERVACIÓN 5. Formato para ubicación de calicata

| Estudio de suelos | | | Ubicación: | | CALICATA N° | | | | |
|-------------------|----------------------|---------|---|--------------------|---|---------------|-----------------|-------------------|---------------|
| | | | Fecha de excavación: | | | | | | |
| | | | Fecha de registro: | | Sistema de coordenadas: | | | | |
| | | | Método de excavación: | | Norte: | | | | |
| | | | Operador: | | Este: | | | | |
| | | | Dimensiones de calicata: | | Elevación: | | | | |
| | | | | | Profundidad: | | | | |
| | | | Condición superficial: | | Nivel Freático: | | | | |
| Profundidad (m) | Clasificación AASHTO | Gráfico | Condición de Muestra | | Nivel Freático | | Tipo de muestra | Código de muestra | Observaciones |
| | | |  | Muestra alterada |  | Agua presente | | | |
| | | |  | Muestra Inalterada |  | Agua después | | | |
| | | | Descripción de campo | | | | | | |
| 0.2 | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | |
| 0.6 | | | | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | | | |
| 1.4 | | | | | | | | | |
| 1.6 | | | | | | | | | |
| 1.8 | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | |
| Nota: | | | | | | | | | |

ANEXO 08:

GUÍA DE OBSERVACIÓN 6: Formato para toma de datos estratigráficos.

| PERFIL ESTATIGRAFICO | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|--------------------------|--|
| SOLICITANTE | | | | | |
| PROYECTO | | | | | |
| CALICATAN° | | | | | |
| NIVEL FREATICO | | | | FECHA | |
| PROF. | | | | | |
| Prof. cm | Tipo de excavación | Muestra | Clasificación (SUCS) | Descripción del material | Símbolo |
| 0.10 | | | | |  |
| 0.20 | | | | |  |
| 0.30 | | | | | |
| 0.40 | | | | |  |
| 0.50 | | | | | |
| 0.60 | | | | | |
| 0.70 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 0.90 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.10 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.30 | | | | | |
| 1.40 | | | | | |
| 1.50 | | | | | |
| 1.60 | | | | | |
| 1.70 | | | | | |
| 1.80 | | | | | |
| 1.90 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 2.90 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |
| Observaciones: | | | | | |

ANEXO 9

GUÍA DE OBSERVACIÓN 7. Guía de control de puntos topográficos

| TABLA DE VERTICE DE CONTROL | | | | | |
|-----------------------------|------------|----------|-----------|--------|-------------|
| Ubicación: | | | | | |
| Fecha: | | | | | |
| Operador: | | | | | |
| Instrumento: | | | | | |
| Marca: | | | | | |
| Nº | CORDENADAS | | Elev. (m) | Codigo | Descripción |
| | Norte (m) | Este (m) | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |

ANEXO 10

GUÍA DE OBSERVACIÓN 8. Guía de observación para detallar los datos obtenidos en el ensayo de Contenido de Humedad.

| Ensayo: CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| Fecha de Muestreo | | | | | | | | |
| Operado por | | | | | | | | |
| Verificado por | | | | | | | | |
| Observaciones: | Ubicación | C-1 | Ubicación | C-1 | Ubicación | C-1 | Ubicación | C-1 |
| | Estrato | | Estrato | | Estrato | | Estrato | |
| Profundidad (m) | | | | | | | | |
| Código | | | | | | | | |
| Peso muestra húmeda + tara (gr) | | | | | | | | |
| Peso muestra seca + tara (gr) | | | | | | | | |
| Peso agua retenida (gr) | | | | | | | | |
| Peso tara (gr) | | | | | | | | |
| Peso de muestra seca (gr) | | | | | | | | |
| Contenido de humedad % | | | | | | | | |

ANEXO 11

GUÍA DE OBSERVCIÓN 9. Formato para datos granulométricos

| Peso Original (gr) | Especificaciones | | | |
|------------------------|------------------|-----------|--------------------------|--------|
| Périd. por lavado (gr) | Límites | | | |
| Peso Tamizado (gr) | 0.00 | Superior | Inferior | |
| ABERT. MALLA | Peso | % Ret | % Pasa | % Pasa |
| Pulg/malla | Retenido | Acumulado | Pasa | Pasa |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | | | | |
| 1/2" | | | | |
| 3/8" | | | | |
| No 4 | | | | |
| No 8 | | | | |
| No 10 | | | | |
| No 16 | | | | |
| No 30 | | | | |
| No 40 | | | | |
| No 50 | | | | |
| No 100 | | | | |
| No 200 | | | | |
| Plato | | | | |
| Sumatoria | | | Contenido de humedad (%) | |

OBSERVACIONES:

Tamaño Máximo:

Límites de Consistencia:

Límite Líquido:

Límite Plástico:

Límite de Contracción:

Índice de Plasticidad:

Porcentaje en muestra:

% Grava (3" a #4):

% Arena (#4 a #200):

% Finos (Menor a #200):

Características Granulométricas:

D60: (mm):

D50: (mm):

D30: (mm):

D10: (mm):

Cu:

Cc:

Clasificación:

SUCS:

AASHTO:

[]

ANEXO 12

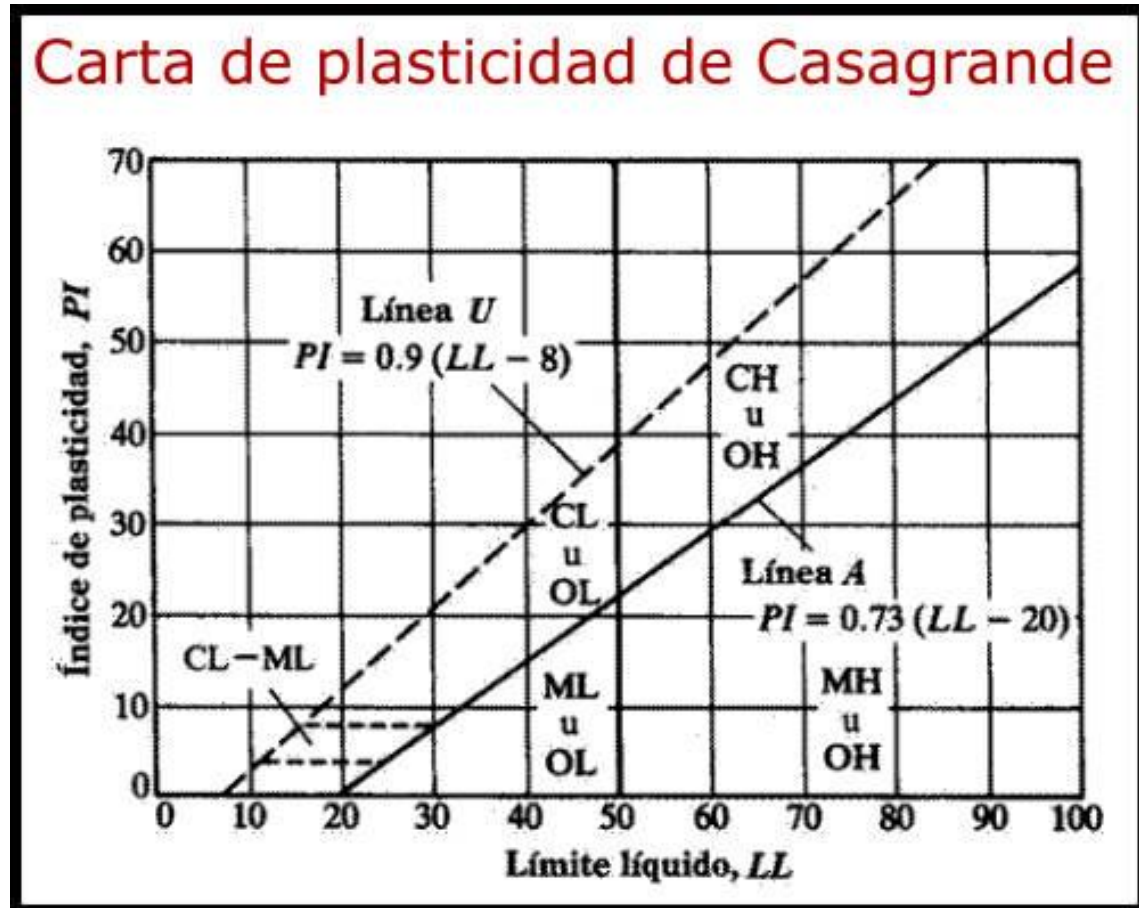
FICHA DE RESUMEN 3. Tabla para la clasificación de tipos de suelos según AASHTO.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200 | | | | | | Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200) | | | | | | | | |
|--|---|--------|------------|----------------------------------|--|--|---|-------|-------|-------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | A-4 | | | A-7 | | | | | |
| Grupo: | A-1-a | A-1-b | | | | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7-5 | A-7-6 |
| Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) | 50 máx | - | - | - | | | - | | | - | | | - | | |
| Nº 40 (0,425mm) | 30 máx | 50 máx | 51 mín | - | | | - | | | - | | | - | | |
| Nº 200 (0,075mm) | 15 máx | 25 máx | 10 máx | 35 máx | | | 35 máx | | | 36 mín | | | - | | |
| Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite líquido | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constituyentes principales | Fracmentos de roca, grava y arena | | Arena fina | Grava y arena arcillosa o limosa | | | Suelos limosos | | | Suelos arcillosos | | | | | |
| Características como subgrado | Excelente a bueno | | | | | | | | | | | | | | |
| (1): | No plástico | | | | | | | | | | | | | | |
| (2): | El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30 | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 13

FICHA DE RESUMEN 4. Carta de plasticidad, Braja M. 2001



ANEXO 14

GUÍA DE OBSERVACIÓN 10. Guía de observación para el ensayo PROCTOR.

| Determinación de la densidad | | | |
|--|---|---|---|
| Probeta N° | 1 | 2 | 3 |
| Humedad de compactación (%) | | | |
| Peso del molde | | | |
| Peso del molde + suelo húmedo | | | |
| Peso del suelo húmedo | | | |
| Densidad húmeda (grs/cm ³) | | | |
| Densidad seca (grs/cm ³) | | | |

ANEXO 15

GUÍA DE OBSERVACIÓN 11. Formato para el ensayo CBR

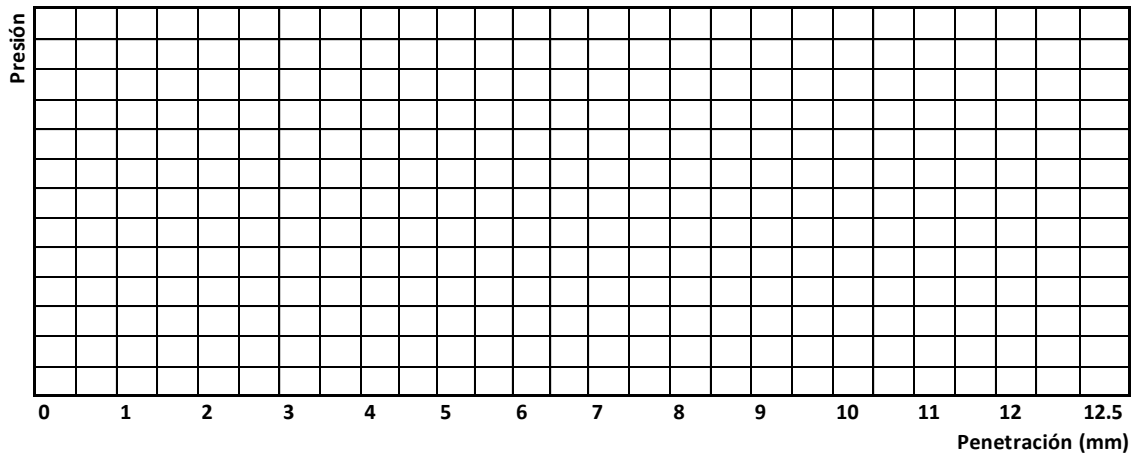
| RAZÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|-----------|------------------------------|-----------|----------------|-----------|
| Proyecto : | | | | | | | |
| Ubicación : | | | | | | | |
| Descripción del suelo : | | | | | | | |
| Condición de la muestra : | | | | | | | |
| inalterada - remoldeada | | | | | | | |
| Humedad natural (%) : | | | | | | | |
| Fecha de muestreo : | | | | | | | |
| Fecha de ensayo : | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| CARACTERISITICAS DE LA MUESTRA | | | | | | | |
| Diámetro del molde (cm): | | | | Peso del pisón (kgs) : | | | |
| Altura de la muestra (cm): | | | | Peso de la muestra (grs) : | | | |
| Volumen de la muestra (cm ³) | | | | Reemplazo (grs) : | | | |
| Número de capas : | | | | Reemplazo (%) | | | |
| Número de golpes por capa | | | | | | | |
| Determinación de la densidad | | | | | | | |
| Probeta N° | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Humedad de compactación (%) | | | | | | | |
| Peso del molde | | | | | | | |
| Peso del molde + suelo húmedo | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo | | | | | | | |
| Densidad húmeda (grs/cm ³) | | | | | | | |
| Densidad seca (grs/cm ³) | | | | | | | |
| Saturación | | | | | | | |
| Fecha y hora | Tiempo (hrs) | Sobrecarga: Kg | | Sobrecarga: Kg | | Sobrecarga: Kg | |
| | | Lec. Dial | Expansión | Lec. Dial | Expansión | Lec. Dial | Expansión |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| Después de la saturación | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| Probeta N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Peso suelo húmedo final | | | | | |
| Agua Absorbida | | | | | |
| % agua absorbida | | | | | |
| Humedad final (%) | | | | | |
| Humedad promedio (%) | | | | | |
| Volumen de suelo | | | | | |
| Densidad húmeda final (grs/cm3) | | | | | |
| Densidad seca final (grs/cm3) | | | | | |

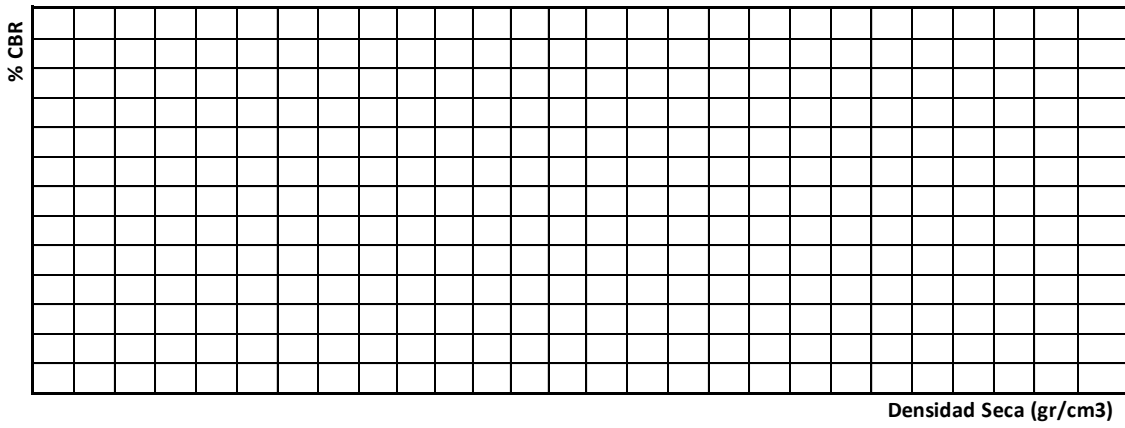
| Aplicación de cargas | | | | | | |
|--|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| Penetración (mm) | Probeta N° 1 | | Probeta N° 2 | | Probeta N° 3 | |
| | Sobrecarga: kg | | Sobrecarga: kg | | Sobrecarga: kg | |
| | Lect. Dial | Presión | Lect. Dial | Presión | Lect. Dial | Presión |
| 0 | | | | | | |
| 0.64 | | | | | | |
| 1.27 | | | | | | |
| 1.91 | | | | | | |
| 2.54 | | | | | | |
| 3.18 | | | | | | |
| 3.81 | | | | | | |
| 4.45 | | | | | | |
| 5.08 | | | | | | |
| 7.62 | | | | | | |
| 10.16 | | | | | | |
| 12.7 | | | | | | |
| % Humedad después de la aplicación de cargas | | | | | | |
| Probeta N° | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1/3 superior del molde | | | | | | |
| 1/3 medio del molde | | | | | | |
| 1/3 inferior del molde | | | | | | |
| Humedad promedio (%) | | | | | | |

| Probeta N° | Penetración | | Presión (de gráfico 1) (MPa) | Carga patrón (MPa) | % CBR (para gráfico 2) Presión/Carga patrón |
|------------|-------------|------|---------------------------------|-----------------------|--|
| | (Pulg) | (mm) | | | |
| 10 golpes | 0.1" | 2.54 | | 6.9 | |
| | 0.2" | 5.08 | | 10.3 | |
| 25 golpes | 0.1" | 2.54 | | 6.9 | |
| | 0.2" | 5.08 | | 10.3 | |
| 56 golpes | 0.1" | 2.54 | | 6.9 | |
| | 0.2" | 5.08 | | 10.3 | |

Presión aplicada vs penetración



CBR vs. Densidad seca



Razón de Soporte de California (CBR) =
Densidad seca

Observaciones:

ANEXO 16

GUÍA DE OBSERVACIÓN 12. Guía de observación del registro de precipitaciones y precipitaciones máximas por hora.

| Registro de precipitaciones y precipitaciones máximas por hora | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|----------------|---------------------------|
| AÑO/MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total | Prec. Máx (mm) | Prec. Máx por hora (mm/h) |
| 2003 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2005 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2007 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2012 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2014 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 17

GUÍA DE OBSERVACIÓN 13. Guía de observación para el conteo vehicular.

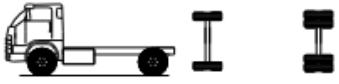









ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

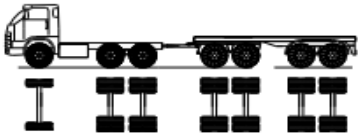
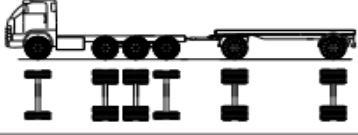
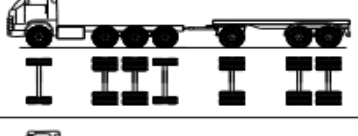
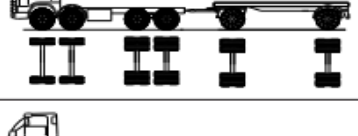
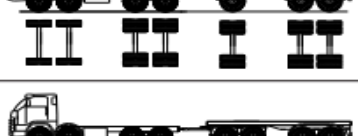
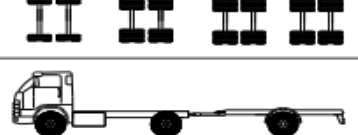
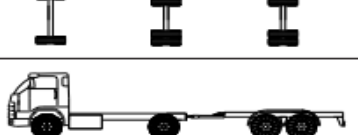
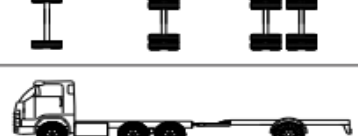
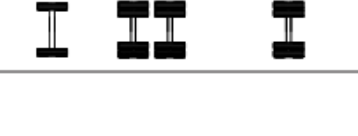
| TRAMO DE LA CARRETERA | | 1 | | E ← → S | | S | | ESTACION | | CODIGO DE LA ESTACION | | DIA Y FECHA | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------|---------------|---------|-------|---------------|-------|--------------|-----|-----------------------|-----|-------------|-----|---------|-----|---------|------|-----|-----|-----|------|--|
| UBICACION | | Luzes | | E ← → S | | S | | SEMI TRAVLER | | TRAVLER | | | | | | | | | | | | |
| HORA | SEMI DO | AUTO | STATION WAGON | PICK UP | PANEL | RURAL Contini | MICRO | BUS | 2 E | ≥3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 251/252 | 253 | 351/352 | ≥353 | 272 | 273 | 372 | ≥373 | |
| 00-01 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01-02 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02-03 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03-04 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04-05 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05-06 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06-07 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07-08 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08-09 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09-10 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12-13 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14-15 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-17 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20-21 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21-22 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22-23 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23-24 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARCIAL: | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

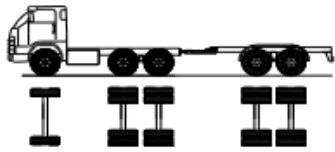
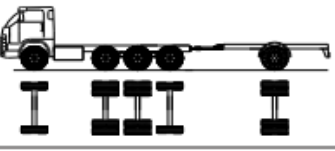
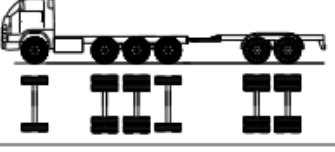
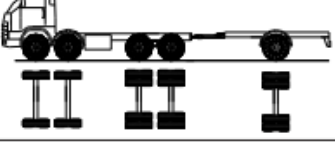
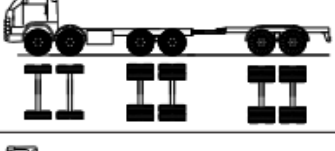

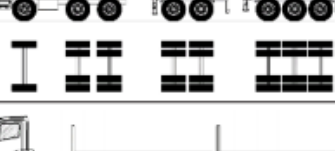
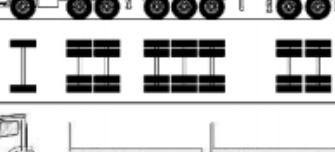
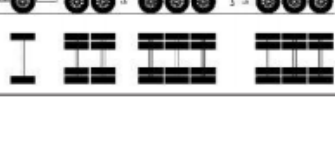
ENCUESTADOR: _____ Jefe de Brigada: _____ INGRESOS: _____ SUPERV.MTC: _____

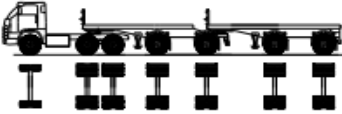
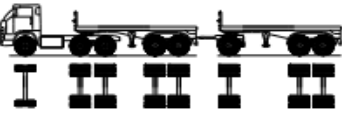


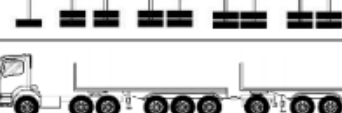

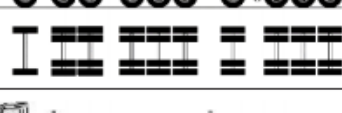
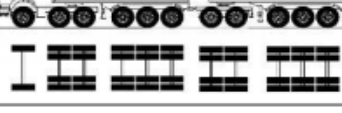
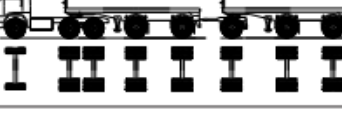
ANEXO 18

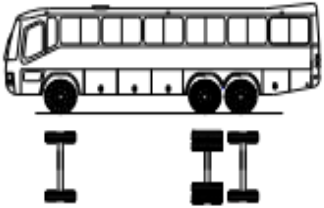
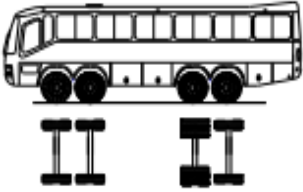
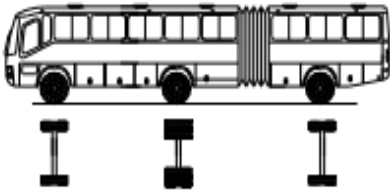
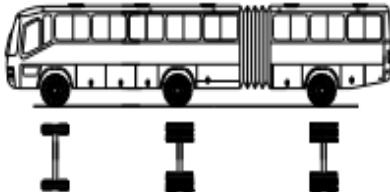
FICHA DE RESUMEN 5. Pesos y medidas máximas según el tipo de camión, MTC

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|---|------------------|--------------------|------------------------------|-------------------|----|----|---------------------|
| N° | Config. vehicular | N° de ejes | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | | Peso bruto máx. (t) |
| | | | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | | | 1° | 2° | 3° | 4° | |
| 1 | C2 | 2 |  | 12.30 | 7 | 11 | -- | -- | -- | 18 |
| 2 | C3 | 3 |  | 13.20 | 7 | 18 | -- | -- | -- | 25 |
| 3 | C4 | 4 |  | 13.20 | 7 | 23 ⁽¹⁾ | -- | -- | -- | 30 |
| 4 | 8x4 | 4 |  | 13.20 | 7+7 ⁽²⁾ | 18 | -- | -- | -- | 32 |
| 5 | T2S1 | 3 |  | 20.50 | 7 | 11 | 11 | -- | -- | 29 |
| 6 | T2S2 | 4 |  | 20.50 | 7 | 11 | 18 | -- | -- | 36 |
| 7 | T2Se2 | 4 |  | 20.50 | 7 | 11 | 11 | 11 | -- | 40 |
| 8 | T2S3 | 5 |  | 20.50 | 7 | 11 | 25 | -- | -- | 43 |
| 9 | T2Se3 | 5 |  | 20.50 | 7 | 11 | 11 ⁽⁶⁾ | 18 | -- | 48 ⁽⁷⁾ |
| 10 | T2Se3-a | 5 |  | 20.50 | 7 | 11 | 11 | 11 | 11 | 48 ⁽⁷⁾ |

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|---|------------------|--------------------|------------------------------|----|----|---------------------|-------------------|
| N° | Config. vehicular | N° de ejes | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
| | | | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | | | 1° | 2° | 3° | | 4° |
| 20 | C3R4 | 7 |  | 23.00 | 7 | 18 | 18 | 18 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 21 | C4R2 | 6 |  | 23.00 | 7 | 23 ⁽¹⁾ | 11 | 11 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 22 | C4R3 | 7 |  | 23.00 | 7 | 23 ⁽¹⁾ | 11 | 18 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 23 | 8x4R2 | 6 |  | 23.00 | 7+7 ⁽³⁾ | 18 | 11 | 11 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 24 | 8x4R3 | 7 |  | 23.00 | 7+7 ⁽³⁾ | 18 | 11 | 18 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 25 | 8x4R4 | 8 |  | 23.00 | 7+7 ⁽³⁾ | 18 | 18 | 18 | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 26 | C2RB1 | 3 |  | 20.50 | 7 | 11 | 11 | -- | -- | 29 |
| 27 | C2RB2 | 4 |  | 20.50 | 7 | 11 | 18 | -- | -- | 36 |
| 28 | C3RB1 | 4 |  | 20.50 | 7 | 18 | 11 | -- | -- | 36 |

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|---|----------------|-------------------|------------------------------|----|-----|-----|---------------------|
| N° | Config. vehicular | N° de ejes | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Eje Delant | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) |
| | | | | | | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | | | 1° | 2° | 3° | 4° | |
| 29 | C3RB2 | 5 |  | 20.50 | 7 | 18 | 18 | --- | --- | 43 |
| 30 | C4RB1 | 5 |  | 20.50 | 7 | 23 ¹ | 11 | --- | --- | 41 |
| 31 | C4RB2 | 6 |  | 20.50 | 7 | 23 ¹ | 18 | --- | --- | 48 ¹² |
| 32 | 8x4 RB1 | 5 |  | 20.50 | 7+7 ¹⁰ | 18 | 11 | --- | --- | 43 |
| 33 | 8x4 RB2 | 6 |  | 20.50 | 7+7 ¹⁰ | 18 | 18 | --- | --- | 48 ¹² |
| 34 | T3S2 S2 | 7 |  | 23.00 | 7 | 18 | 18 | 18 | --- | 48 ¹² |
| 35 | T3 S2 S3 | 8 |  | 23.00 | 7 | 18 | 18 | 25 | - | 48 ¹² |
| 36 | T3 S3 S2 | 8 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 18 | - | 48 ¹² |
| 37 | T3 S3 S3 | 9 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 25 | - | 48 ¹² |

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|---|------------------|------------|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Nº | Config. vehicular | Nº de ejes | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Eje Delant | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) |
| | | | | | | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | | | 1º | 2º | 3º | 4º | |
| 38 | T3Se2 Se2 | 7 |  | 23.00 | 7 | 18 | 11 + 11 ⁽²⁾ | 11 + 11 ⁽²⁾ | -- | 48 ⁽²⁾ |
| 39 | T3S2 S1S2 | 8 |  | 23.00 | 7 | 18 | 18 | 11 | 18 | 48 ⁽²⁾ |
| 40 | T3 S3 S1 S1 | 8 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 11 | 11 | 48 ⁽²⁾ |
| 41 | T3 S2 S2 S2 | 9 |  | 23.00 | 7 | 18 | 18 | 18 | 18 | 48 ⁽²⁾ |
| 42 | T3 S3 S1 S2 | 9 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 11 | 18 | 48 ⁽²⁾ |
| 43 | T3 S3 S1 S3 | 10 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 11 | 25 | 48 ⁽²⁾ |
| 44 | T3 S3 S2 S3 | 11 |  | 23.00 | 7 | 18 | 25 | 18 | 25 | 48 ⁽²⁾ |
| 45 | T3Se2 S1Se2 | 8 |  | 23.00 | 7 | 18 | 11 + 11 ⁽²⁾ | 11 | 11 + 11 ⁽²⁾ | 48 ⁽²⁾ |
| 46 | B2 | 2 |  | 14.00 | 7 | 11 | -- | -- | -- | 18 |

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|---|--|--------------------|------------------------------|-----|-----|---------------------|----|
| N° | Config. vehicular | N° de ejes | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
| | | | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | | | 1° | 2° | 3° | | 4° |
| 47 | B3-1 | 3 |  | 14.00 (Convencional) 15.00 (Integral) | 7 | 16 | --- | --- | --- | 23 |
| 48 | B4-1 | 4 |  | 15.00 | 7+7 ⁽⁵⁾ | 16 | --- | --- | --- | 30 |
| 49 | BA-1 | 3 |  | 18.30 | 7 | 11 | 7 | --- | --- | 25 |
| 50 | BA-2 | 3 |  | 18.30 | 7 | 11 | 11 | --- | --- | 29 |

- (1) Conjunto de ejes con un eje direccional
(2) Vehículos con facilidad de distribución de peso por ejes.
(3) Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 2.40 m.
(4) Eje direccional
(5) Carga máxima para conjunto de ejes direccionales compuestos por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 1.70 m.
(...)*

ANEXO 19

FICHA DE RESUMEN 6. Tablas para la serviciabilidad inicial y final, Manual MTC.

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|-------------|--|
| | | | | |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | T _{P1} | 150,001 | 300,000 | 3.80 |
| | T _{P2} | 300,001 | 500,000 | 3.80 |
| | T _{P3} | 500,001 | 750,000 | 3.80 |
| | T _{P4} | 750,001 | 1,000,000 | 3.80 |
| Resto de Caminos | T _{P5} | 1,000,001 | 1,500,000 | 4.00 |
| | T _{P6} | 1,500,001 | 3,000,000 | 4.00 |
| | T _{P7} | 3,000,001 | 5,000,000 | 4.00 |
| | T _{P8} | 5,000,001 | 7,500,000 | 4.00 |
| | T _{P9} | 7,500,001 | 10'000,000 | 4.00 |
| | T _{P10} | 10'000,001 | 12'500,000 | 4.00 |
| | T _{P11} | 12'500,001 | 15'000,000 | 4.00 |
| | T _{P12} | 15'000,001 | 20'000,000 | 4.20 |
| | T _{P13} | 20'000,001 | 25'000,000 | 4.20 |
| | T _{P14} | 25'000,001 | 30'000,000 | 4.20 |
| | T _{P15} | | >30'000,000 | 4.20 |

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P1) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|--------------------------------------|
| | | | | |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP1 | 150,001 | 300,000 | 2.00 |
| | TP2 | 300,001 | 500,000 | 2.00 |
| | TP3 | 500,001 | 750,000 | 2.00 |
| | TP4 | 750,001 | 1,000,000 | 2.00 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001 | 1,500,000 | 2.50 |
| | TP6 | 1,500,001 | 3,000,000 | 2.50 |
| | TP7 | 3,000,001 | 5,000,000 | 2.50 |
| | TP8 | 5,000,001 | 7,500,000 | 2.50 |
| | TP9 | 7,500,001 | 10'000,000 | 2.50 |
| | TP10 | 10'000,001 | 12'500,000 | 2.50 |
| | TP11 | 12'500,001 | 15'000,000 | 2.50 |
| | TP12 | 15'000,001 | 20'000,000 | 3.00 |
| | TP13 | 20'000,001 | 25'000,000 | 3.00 |
| | TP14 | 25'000,001 | 30'000,000 | 3.00 |
| | TP15 | >30'000,000 | | 3.00 |

ANEXO 20

FICHA DE RESUMEN 7. Desviación estándar según el Manual de Carreteras, suelos y pavimentos.

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|---------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000 | 150,000 | -0.878 |
| | TP1 | 150,001 | 300,000 | -0.994 |
| | TP2 | 300,001 | 500,000 | -1.126 |
| | TP3 | 500,001 | 750,000 | -1.227 |
| | TP4 | 750,001 | 1,000,000 | -1.227 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001 | 1,500,000 | -1.405 |
| | TP6 | 1,500,001 | 3,000,000 | -1.405 |
| | TP7 | 3,000,001 | 5,000,000 | -1.405 |
| | TP8 | 5,000,001 | 7,500,000 | -1.645 |
| | TP9 | 7,500,001 | 10'000,000 | -1.645 |
| | TP10 | 10'000,001 | 12'500,000 | -1.645 |
| | TP11 | 12'500,001 | 15'000,000 | -1.645 |
| | TP12 | 15'000,001 | 20'000,000 | -1.881 |
| | TP13 | 20'000,001 | 25'000,000 | -1.881 |
| | TP14 | 25'000,001 | 30'000,000 | -1.881 |
| TP15 | | >30'000,000 | -1.881 | |

ANEXO 21

FICHA DE RESUMEN 8. Tabla para el coeficiente estructural de capa, según el manual del MTC.

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm) | OBSERVACIÓN |
|---|-------------|--|---|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F) | a_1 | 0.170 / cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión. | a_1 | 0.125 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE |
| Micropavimento 25 mm | a_1 | 0.130 / cm | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE |
| Tratamiento Superficial Bicapa. | a_1 | (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm. | a_1 | (*) | Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos |
| (*) no se considerapor no tener aporte estructural | | | |
| BASE | | | |
| Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.052 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 10'000,000 EE |
| Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS | a_2 | 0.054 / cm | Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 10'000,000 EE |
| Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb) | a_{2a} | 0.115 / cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²) | a_{2b} | 0.070 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²) | a_{2c} | 0.080 cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| SUBBASE | | | |
| Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS | a_3 | 0.047 / cm | Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico |

ANEXO 22

FICHA DE RESUMEN 9. Tabla para el coeficiente de drenaje de capa, según el manual del MTC.

| CALIDAD DEL DRENAJE | P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN. | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|---------------|
| | MENOR QUE 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | MAYOR QUE 25% |
| Excelente | 1.40 - 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 pobre | 1.05 - 0.95 | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40 |

ANEXO 23

GUÍA DE OBSERVACIÓN 14. Formato para metrados

| | Und | Metrados |
|---|-----|----------|
| 01.00 TRABAJOS PROVISIONALES | | |
| 1.01 CARTEL DE OBRA 2.4x3.6M | und | |
| 1.02 SEÑALIZACIÓN Y DESVIO DE TRANSITO | GLB | |
| 02.00 TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 2.01 TRAZO NIVEL Y REPLANTEO | m2 | |
| 2.02 CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE, PISTAS | m3 | |
| 2.03 CONFORMACION DE SUBRASANTE, PISTAS | m2 | |
| 2.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCENDENTE | m3 | |
| 03.00 PAVIMENTO FLEXIBLE | | |
| 3.01 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR | m2 | |
| 3.02 CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR | m2 | |
| 3.03 IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | |
| 3.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE | m2 | |
| 04.00 OBRAS COMPLEMENTARIAS | | |
| 4.01 PINTURA DE TRÁFICO PARA LINEAS DE PASO Y FLECHAS | m2 | |

ANEXO 24

GUÍA DE OBSERVACIÓN 15. Formato para Análisis de costos

| m2/DIA | Costo unitario directo por: | | | | |
|---------------|------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. Parcial S/. |
| | Mano de Obra | | | | |
| | OPERARIO TOPOGRÁFICO | hh | | | |
| | PEON | hh | | | |
| | Materiales | | | | |
| | YESO BOLSA 12 KG | bls | | | |
| | PINTURA ESMALTE | gal | | | |
| | Equipos | | | | |
| | NIVEL TOPOGRÁFICO | día | | | |
| | ESTACION TOTAL | hm | | | |
| | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | | |

ANEXO 25

GUÍA DE OBSERVACIÓN 16. Formato para Presupuesto.

| Descripción | Unidad | Metrado | P.U. | Parcial |
|--|--------|---------|------|---------|
| Rehabilitación de pistas | | | | |
| PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | |
| Trazo y replanteo | m2 | | | |
| Demolición de pavimento flexible deteriorado | m2 | | | |
| Eliminación de desmontes | m3 | | | |
| Relleno y conformación de sub rasante | m2 | | | |
| Sub base granular compactado, e=0.10 m | m2 | | | |
| Base compactado, e=1.10m | m2 | | | |
| Encofrado y desencofrado | m2 | | | |
| Pavimento Flexible | m2 | | | |
| Juntas de dilatación | m2 | | | |
| OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | |
| Señalización | glb | | | |
| Reductor de velocidad (Rompemuelles) | m | | | |
| IMPACTO AMBIENTAL | | | | |
| Mitigación ambienta | glg | | | |
| COSTO DIRECTO | | | | |
| GASTOS GENERALES (6%) | | | | |
| UTILIDADES (10%) | | | | |
| SUB TOTAL | | | | |
| EXPEDIENTE TÉCNICO | | | | |
| SUPERVISIÓN | | | | |

ANEXO 26

Datos tomados para la obtención del PCI

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

| EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO | | | | | | | | | | ESQUEMA | | | | |
|--|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|---|------|-------|------------------|-------|------|-------|------|
| ZONA | | ABCISA INICIAL | | UNIDAD DE MUESTREO | | | | | | | | | | |
| CÓDIGO VÍA | | ABCISA FINAL | | ÁREA MUESTREO (m2) | | | | | | | | | | |
| | | | | 280 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| INSPECCIONADA POR | | | | | FECHA | | | | | | | | | |
| No | Daño | | | M2 | No | Daño | | | M2 | | | | | |
| 1 | Piel de cocodrilo | | | M2 | 11 | Parqueo | | | M2 | | | | | |
| 2 | Exudación | | | M2 | 12 | Pulimento de agregados | | | M2 | | | | | |
| 3 | Agrietamiento y hundimientos. | | | M2 | 13 | Huecos | | | Nº | | | | | |
| 4 | Abultamientos y hundimientos | | | M2 | 14 | Cruce de vía férrea | | | M2 | | | | | |
| 5 | Corrugación | | | M2 | 15 | Ahuellamiento | | | M2 | | | | | |
| 6 | Depresión | | | M2 | 16 | Desplazamiento | | | M2 | | | | | |
| 7 | Grieta de borde | | | M | 17 | Grieta parabólica | | | M2 | | | | | |
| 8 | Grieta de reflexión de junta | | | M | 18 | Hincharamiento | | | M2 | | | | | |
| 9 | Desnivel carril/berma | | | M | 19 | Desprendimiento de agregados | | | M2 | | | | | |
| 10 | Grietas longitudinal y transversal | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SEVERIDAD | | | UNIDADES DE MUESTRA | | INTERV. DE UNID. DE M. | | NÚMERO MÁX. DE VD | | | | | | | |
| Low | Baja | L | $n = Ns^2 / ((e^2/4)(N-1) + s^2)$ | | $i = N/n$ | | $m = 1 + (9/98) * (100 - \text{MaxDV})$ | | | | | | | |
| Medium | Media | M | | | | | | | | | | | | |
| High | Alta | H | | | | | | | | | | | | |
| TIPOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| 86 - 100 | Excelente | | 1 | | 4 | | 7 | | 10 | | 13 | | | |
| 71 - 85 | Muy Bueno | | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. | Cant. | Sev. |
| 56 - 70 | Bueno | | 3.42 | L | 1.56 | H | 2 | H | 5.7 | L | 3 | L | | |
| 41 - 55 | Regular | | 3.92 | L | 3.15 | H | | | 1.1 | M | 6 | H | | |
| 26 - 40 | Pobre | | 2.8 | M | | | | | 12.9 | M | | | | |
| 11 - 25 | Muy Pobre | | 4.08 | H | | | | | 40 | H | | | | |
| 0 - 10 | Fallado | | 0.85 | H | | | | | | | | | | |
| TOTAL | BAJA (L) | 7.34 | | | | | | 5.7 | | 3 | | | | |
| | MEDIA (M) | 2.8 | | | | 2 | | 14 | | | | | | |
| | ALTA (H) | 4.93 | | 4.71 | | | | 40 | | 6 | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE DAÑO | SEVERIDAD | TOTAL | DENSIDAD % | VALOR DEDUCIDO | | | | | | | | | | |
| 1 | L | 7.34 | 2.62% | 19 | | | | | | | | | | |
| 1 | M | 2.8 | 1.00% | 22 | | | | | | | | | | |
| 1 | H | 4.93 | 1.76% | 39 | | | | | | | | | | |
| 4 | H | 4.71 | 1.68% | 41 | | | | | | | | | | |
| 7 | M | 2 | 0.71% | 5 | | | | | | | | | | |
| 10 | L | 5.7 | 2.04% | 2 | | | | | | | | | | |
| 10 | M | 14 | 5.00% | 11 | | | | | | | | | | |
| 10 | H | 40 | 14.29% | 40 | | | | | | | | | | |
| 13 | L | 3 | 1.07% | 21 | | | | | | | | | | |
| 13 | H | 6 | 2.14% | 69 | | | | | | | | | | |
| NRO | VALORES DEDUCIDOS | | | | VDT | | | | q | | VDC | | | |
| 1 | 69 | 41 | 40 | 31.2 | | | | | 181.2 | | 4 | | | |
| 2 | 69 | 41 | 40 | 2 | | | | | 152 | | 3 | | | |
| 3 | 69 | 41 | 2 | 2 | | | | | 114 | | 2 | | | |
| 4 | 69 | 2 | 2 | 2 | | | | | 75 | | 1 | | | |
| | | | | | | | | | | Máx. VDC | | 95 | | |
| INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | | PCI=100-Máx. DVC | | | | |
| | | | | | | | | | | PCI= | | 5 | | |
| CONDICIÓN DEL PAVIMENTO | | | | | | | | | | FALLADO | | | | |

ANEXO 27

Datos tomados con el Rugosímetro de Merlín para el carril izquierdo

| ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|----|----|----|----|-------------|-------|----|----|----|--------------------|----------------------|
| PROYECTO: | Rehabilitación de pavimento | | | | | OPERADOR: | _____ | | | | | |
| SECTOR: | Av. José María Eguren | | | | | SUPERVISOR: | _____ | | | | | |
| TRAMO: | _____ | | | | | FECHA: | _____ | | | | | |
| CARRIL: | Izquierda | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO N° | 1 | | KM | | | | HORA | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | 21 | 35 | 13 | 35 | 26 | 26 | 36 | 26 | 37 | 25 | TIPO DE PAVIMENTO: | |
| 2 | 25 | 4 | 30 | 1 | 17 | 2 | 27 | 22 | 36 | 44 | | |
| 3 | 21 | 20 | 24 | 17 | 18 | 29 | 11 | 20 | 39 | 23 | AFIRMADO | <input type="text"/> |
| 4 | 27 | 34 | 29 | 21 | 31 | 8 | 42 | 26 | 17 | 8 | | |
| 5 | 31 | 23 | 23 | 26 | 25 | 44 | 13 | 15 | 15 | 22 | BASE GRANULAR | <input type="text"/> |
| 6 | 24 | 21 | 24 | 11 | 25 | 32 | 22 | 29 | 14 | 28 | | |
| 7 | 26 | 24 | 23 | 23 | 36 | 30 | 23 | 32 | 42 | 31 | BASE IMPRIMADA | <input type="text"/> |
| 8 | 27 | 20 | 26 | 15 | 43 | 16 | 21 | 10 | 19 | 24 | | |
| 9 | 26 | 25 | 25 | 18 | 12 | 20 | 27 | 29 | 10 | 21 | TRAT. BICAPA | <input type="text"/> |
| 10 | 41 | 29 | 45 | 23 | 29 | 2 | 29 | 24 | 33 | 18 | | |
| 11 | 20 | 20 | 1 | 33 | 35 | 29 | 18 | 11 | 8 | 32 | CARPETA EN FRIO | <input type="text"/> |
| 12 | 21 | 29 | 21 | 18 | 15 | 18 | 30 | 37 | 17 | 25 | | |
| 13 | 25 | 26 | 1 | 27 | 28 | 9 | 34 | 49 | 29 | 20 | CARP. EN CALIENTE | <input type="text"/> |
| 14 | 24 | 28 | 31 | 19 | 6 | 27 | 33 | 1 | 23 | 33 | | |
| 15 | 28 | 21 | 17 | 27 | 22 | 38 | 21 | 15 | 10 | 12 | RECAPEO ASFÁLTICO | <input type="text"/> |
| 16 | 33 | 42 | 31 | 26 | 48 | 15 | 15 | 44 | 9 | 24 | | |
| 17 | 24 | 37 | 25 | 25 | 1 | 15 | 28 | 1 | 36 | 50 | SELLO | <input type="text"/> |
| 18 | 29 | 23 | 9 | 31 | 20 | 31 | 13 | 50 | 21 | 50 | | |
| 19 | 16 | 18 | 21 | 15 | 42 | 2 | 31 | 32 | 8 | 49 | OTROS | <input type="text"/> |
| 20 | 10 | 28 | 19 | 30 | 33 | 16 | 4 | 1 | 1 | 17 | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 28

Datos tomados con el Rugosímetro de Merlín para el carril derecho

| ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO) | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|-------------|-------|
| PROYECTO: | Rehabilitación de pavimento | | | | | | | | OPERADOR: | _____ |
| SECTOR: | Av. José María Eguren | | | | | | | | SUPERVISOR: | _____ |
| TRAMO: | _____ | | | | | | | | FECHA: | _____ |
| CARRIL: | Derecha | | | | | | | | | |
| ENSAYO N° | 1 | | KM | | | | | | HORA | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 15 | 7 | 25 | 29 | 20 | 25 | 13 | 23 | 26 | 22 |
| 2 | 50 | 30 | 27 | 28 | 14 | 30 | 21 | 25 | 22 | 1 |
| 3 | 40 | 35 | 50 | 23 | 25 | 26 | 14 | 26 | 27 | 36 |
| 4 | 30 | 24 | 1 | 26 | 33 | 28 | 26 | 32 | 20 | 21 |
| 5 | 19 | 22 | 24 | 24 | 40 | 30 | 16 | 19 | 31 | 25 |
| 6 | 19 | 25 | 9 | 21 | 5 | 24 | 26 | 33 | 25 | 22 |
| 7 | 38 | 26 | 29 | 29 | 11 | 28 | 22 | 8 | 28 | 31 |
| 8 | 30 | 31 | 17 | 21 | 29 | 19 | 21 | 7 | 22 | 1 |
| 9 | 32 | 15 | 22 | 26 | 16 | 26 | 23 | 7 | 29 | 13 |
| 10 | 50 | 18 | 21 | 19 | 50 | 21 | 18 | 22 | 23 | 29 |
| 11 | 50 | 28 | 32 | 24 | 13 | 14 | 23 | 31 | 27 | 25 |
| 12 | 21 | 26 | 21 | 25 | 31 | 9 | 23 | 24 | 26 | 14 |
| 13 | 25 | 25 | 25 | 18 | 18 | 22 | 22 | 26 | 24 | 26 |
| 14 | 25 | 21 | 22 | 25 | 20 | 24 | 25 | 19 | 28 | 24 |
| 15 | 20 | 25 | 25 | 27 | 16 | 22 | 19 | 21 | 23 | 23 |
| 16 | 20 | 26 | 37 | 26 | 7 | 29 | 25 | 29 | 29 | 25 |
| 17 | 24 | 35 | 21 | 37 | 19 | 13 | 26 | 29 | 27 | 20 |
| 18 | 24 | 19 | 21 | 22 | 31 | 29 | 19 | 8 | 20 | 24 |
| 19 | 26 | 24 | 33 | 42 | 1 | 25 | 39 | 26 | 22 | 1 |
| 20 | 22 | 15 | 50 | 3 | 27 | 11 | 22 | 23 | 32 | 1 |
| | TIPO DE PAVIMENTO: | | | | | | | | | |
| | AFIRMADO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | CARP. EN CALIENTE <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | SELLO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| | OTROS <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | _____ | | | | | | | | | |
| | _____ | | | | | | | | | |
| | _____ | | | | | | | | | |
| | _____ | | | | | | | | | |

Figura 33. Datos tomados con el Rugosímetro de Merlín para el carril derecho

ANEXO 29

Deflexiones medidas para el carril izquierdo

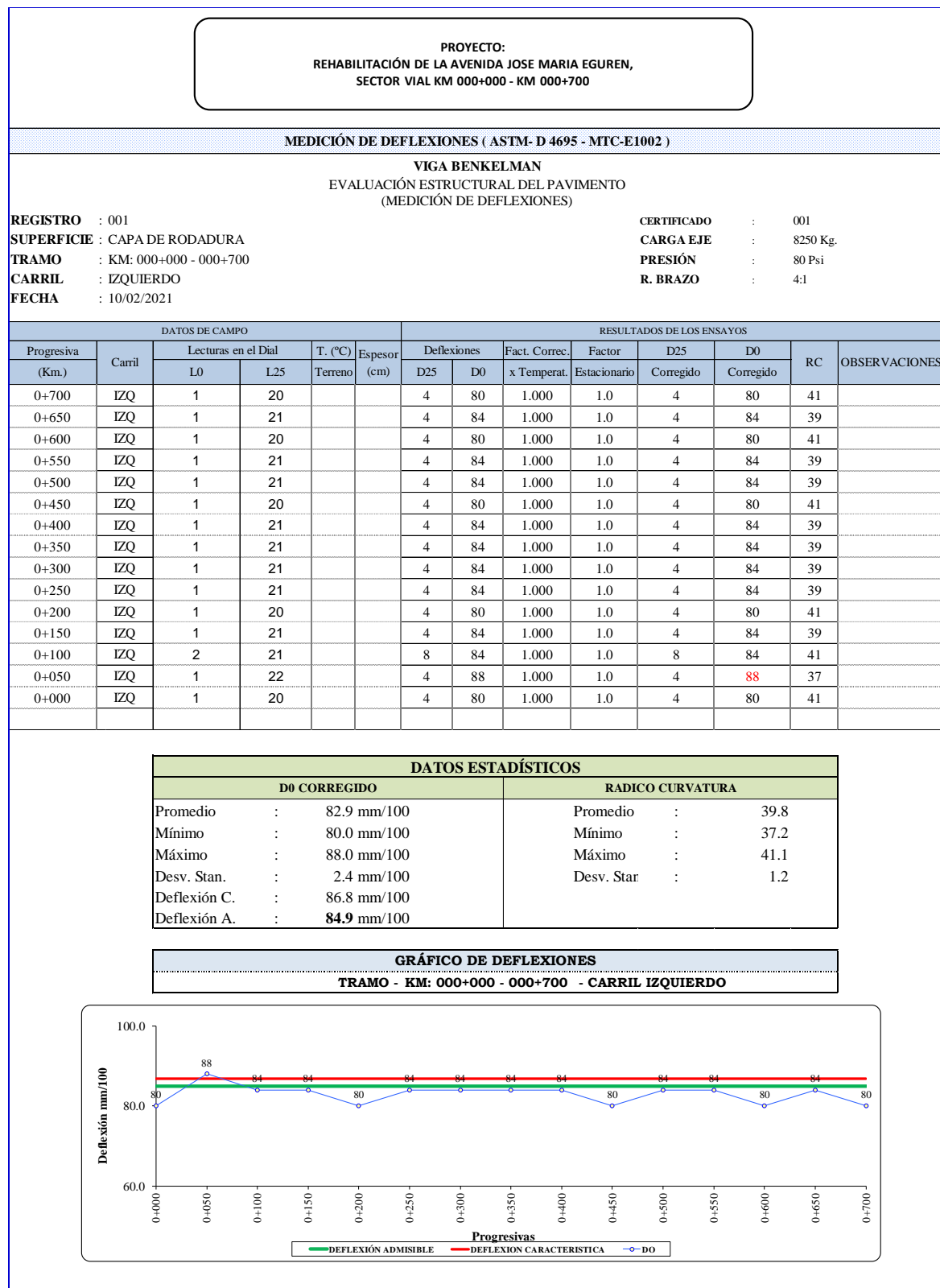


Figura 34. Deflexiones medidas para el carril izquierdo

ANEXO 30

Deflexiones medidas para el carril izquierdo

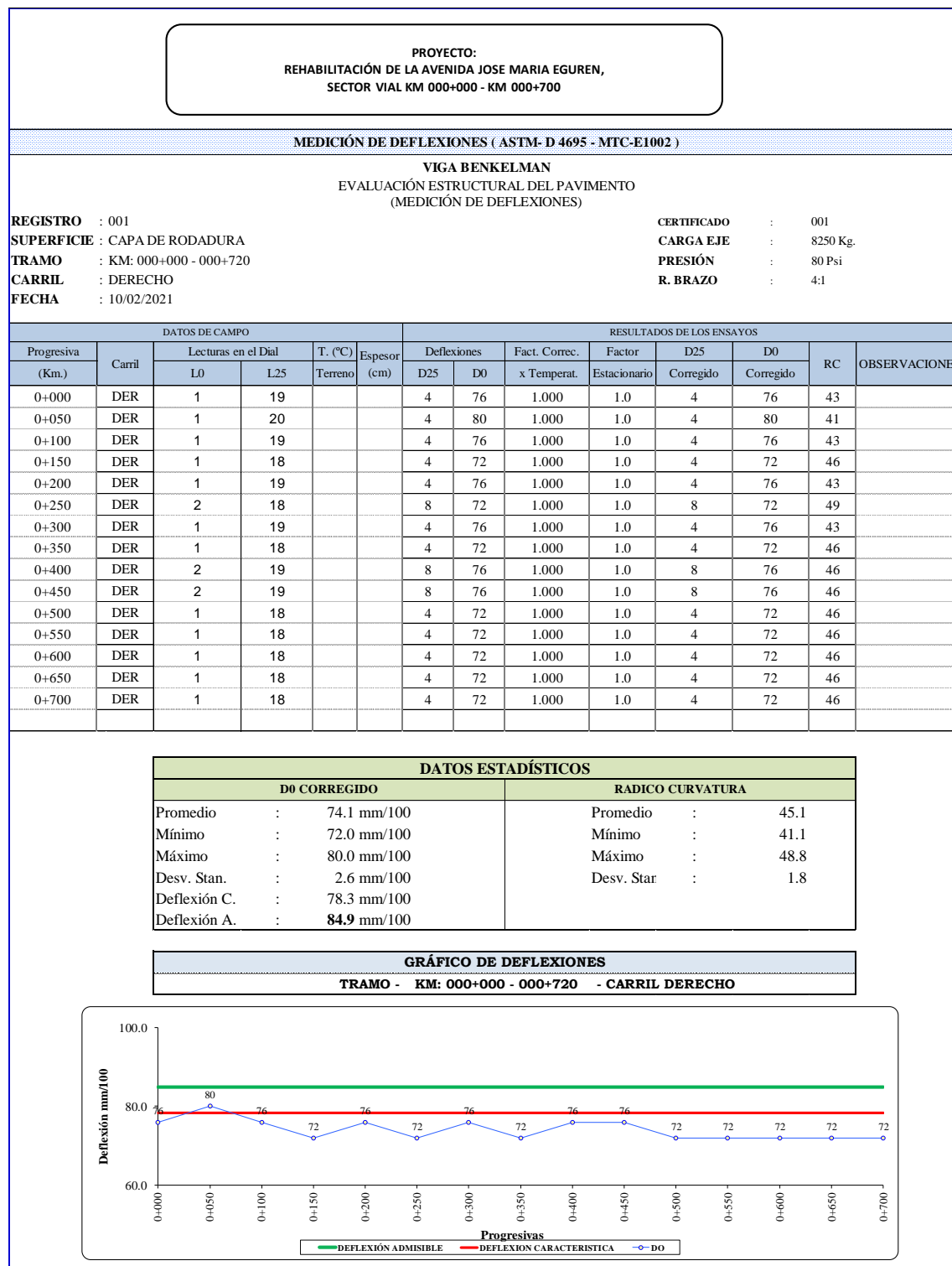


Figura 35. Deflexiones medidas para el carril izquierdo

ANEXO 31

Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-5

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|--------|---------------------------|--|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | |
| MUESTRA : M-1 AFIRMADO | | FECHA : 29/08/2019 | |
| CALICATA : C-5 | | HECHO POR : Geocoins Srl. | |
| ALTURA : 0.08 - 0.29 | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 152.36 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 145.78 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 12.36 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 6.58 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 133.42 | | |
| Humedad Natural (%) | 4.93 | | |
| Promedio de Humedad (%) | 4.9 | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 36. Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-5

Humedad de la muestra M-2, material de la subrasante de la calicata C-5

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|-------|--------------------------|--|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | FECHA : 30/11/2020 | |
| CALICATA : C-5 | | HECHO POR : Geocons Srl. | |
| ALTURA : 0.29 - 1.50 | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 98.66 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 96.75 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 16.35 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 1.91 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 80.40 | | |
| Humedad Natural (%) | 2.38 | | |
| Promedio de Humedad (%) | | 2.4 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 37. Humedad de la muestra M-2, material de la subrasante de la calicata C-5

Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-6

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|--------|--------------------------|--|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | |
| MUESTRA : M-1 MATERIAL AFIRMADO | | FECHA : 30/11/2020 | |
| CALICATA : C-6 | | HECHO POR : Geocons Srl. | |
| ALTURA : 0.09 - 0.34 | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 2 | | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 123.14 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 118.24 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 15.20 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 4.90 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 103.04 | | |
| Humedad Natural (%) | 4.76 | | |
| Promedio de Humedad (%) | | 4.8 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 38. Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-6

Humedad de la muestra M-2, material subrasante de la calicata C-6

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|--|-----------|-----------------|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO | : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | |
| MUESTRA | : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | FECHA | : 30/11/2020 |
| CALICATA | : C-6 | HECHO POR | : Geocoons Srl. |
| ALTURA | : 0.34 - 1.50 | | |
| UBICACIÓN | : CUADRA - 2 | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 121.50 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 114.64 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 12.54 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 6.86 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 102.10 | | |
| Humedad Natural (%) | 6.72 | | |
| Promedio de Humedad (%) | 6.7 | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 39. Humedad de la muestra M-2, material subrasante de la calicata C-6

Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-7

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|--|-----------|-----------------|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO | : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | |
| MUESTRA | : M-1 AFIRMADO | FECHA | : 30/11/2020 |
| CALICATA | : C-7 | HECHO POR | : Geocoons Srl. |
| ALTURA (m) | : 0.07 - 0.21 | | |
| UBICACIÓN | : CUADRA - 1 | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 111.62 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 109.72 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 16.50 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 1.90 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 93.22 | | |
| Humedad Natural (%) | 2.04 | | |
| Promedio de Humedad (%) | 2.0 | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 40. Humedad de la muestra M-1, material afirmado de la calicata C-7

Humedad de la muestra M-1, material de subrasante de la calicata C-5

| HUMEDAD NATURAL (MTC E 108) | | | |
|---|--------|--------------------------|--|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | FECHA : 30/11/2020 | |
| CALICATA : C-7 | | HECHO POR : Geocons Srl. | |
| ALTURA (m) : 0.21 -1.00 | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 1 | | | |
| DATOS | | | |
| Nº de Ensayo | 1 | | |
| Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.) | 143.10 | | |
| Peso de Mat. Seco + Tara (gr.) | 136.78 | | |
| Peso de Tara (gr.) | 16.24 | | |
| Peso de Agua (gr.) | 6.32 | | |
| Peso Mat. Seco (gr.) | 120.54 | | |
| Humedad Natural (%) | 5.24 | | |
| Promedio de Humedad (%) | | 5.2 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 41. Humedad de la muestra M-1, material de subrasante de la calicata C-5

ANEXO 57

Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-5)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|----------------|------------|-------------|-------------------------|---------------------------|---|---------|------------------------|-----------|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA : M-1 AFIRMADO | | | | | | FECHA : 30/11/2020 | | | | | |
| CALICATA : C-5 | | | | | | HECHO POR : Gecons Srl. | | | | | |
| ALTURA : 0.08 - 0.29 | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | | | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | % RET. P. ARC. | % RET. AC. | % Q' P AS A | HUSO A | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | |
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL | = | 1,000.0 | gr | |
| 6" | 152.400 | | | | | | PESO GRAVA | = | 29.1 | gr | |
| 5" | 127.000 | | | | | | PESO ARENA | = | 970.9 | gr | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | | PESO FINO | = | 970.9 | gr | |
| 4" | 101.600 | | | | | | LÍMITE LÍQUIDO | = | 26.2 | % | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | | LÍMITE PLÁSTICO | = | 21.6 | % | |
| 3" | 76.200 | | | | | | ÍNDICE PLÁSTICO | = | 4.6 | % | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASF. AASHTO | = | A-2-4 | [0] | |
| 2" | 50.800 | | | | | | CLASF. SUCCS | = | SC - SM | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | MAX. DENS. SECA | = | | (gr/cm3) | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | OPT. CONT. HUM. | = | | % | |
| 3/4" | 19.050 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | CBR 0.1" (100%) | = | | % | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | CBR 0.2" (100%) | = | | % | |
| 3/8" | 9.525 | 16.7 | 1.7 | 1.7 | 98.3 | | % Grava | = | 2.9 | % | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | % Arena | = | 72.5 | % | |
| # 4 | 4.760 | 12.4 | 1.2 | 2.9 | 97.1 | | % Fino | = | 24.6 | % | |
| # 8 | 2.360 | | | | | | % HUMEDAD | | P.S.H. | P.S.S. | % Humedad |
| # 10 | 2.000 | 38.5 | 3.9 | 6.8 | 93.2 | | | | 152.4 | 145.8 | 4.5% |
| # 20 | 0.850 | 96.7 | 9.7 | 27.6 | 72.4 | | Observaciones : | | | | |
| # 40 | 0.420 | 112.1 | 11.2 | | | | | | | | |
| # 50 | 0.300 | | | | | | | | | | |
| # 60 | 0.250 | 154.3 | 15.4 | | | | | | | | |
| # 100 | 0.150 | 236.4 | 23.6 | 66.7 | 33.3 | | | | | | |
| # 200 | 0.075 | 87.3 | 8.7 | 75.4 | 24.6 | | | | | | |
| < # 200 | FONDO | 245.6 | 24.6 | 100.0 | 0.0 | | | | | | |
| FRACCIÓN | | 970.9 | | | | | Coef. Uniformidad | = | - | Índice de Consistencia | |
| TOTAL | | 1,000.0 | | | | | Coef. Curvatura | = | - | 4.7 | |
| Descripción suelo: | Arena limo arcillosa | | | | | | Pot. de Expansión | = | Bajo | Estable | |

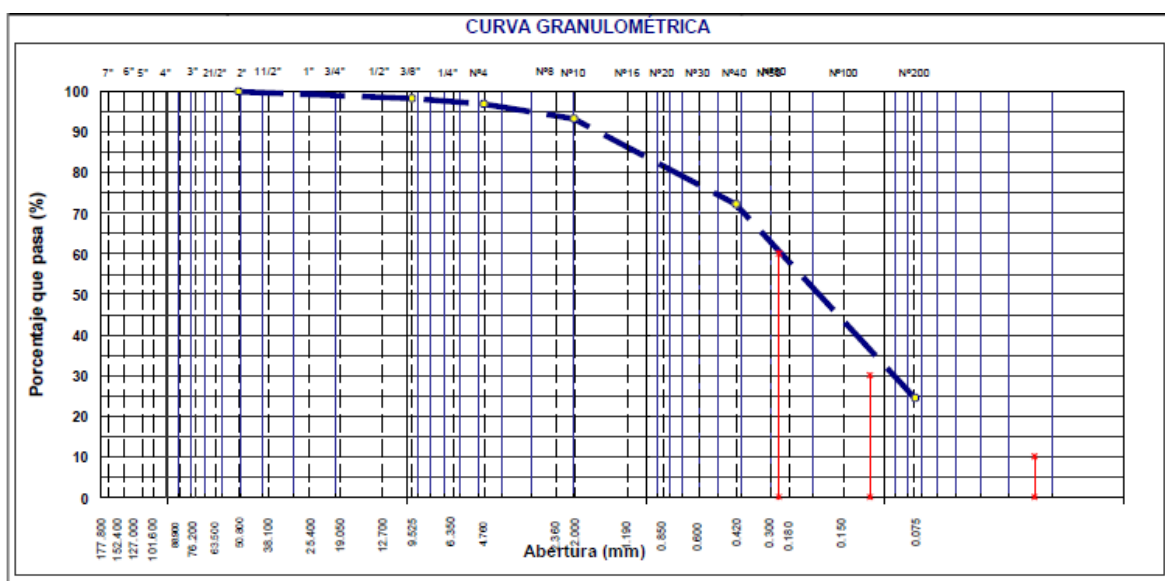


Figura 42. Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-5)

Granulometría de la muestra M-2, subrasante (C-5)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | |
|--|------------|-----------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|--------|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | | FECHA : 30/11/2020 | |
| CALICATA : C-5 | | | | | HECHO POR : Geocoms Srl. | |
| ALTURA : 0.29 - 1.50 | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | % RET. P.ARC. | % RET. AC. | % Q' P.ASA | HUSO A |
| 7" | 177.800 | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | |
| 4" | 101.600 | | | | | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 3/4" | 19.050 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 3/8" | 9.525 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | |
| # 4 | 4.760 | 2.3 | 0.2 | 0.2 | 99.8 | |
| # 8 | 2.360 | | | | | |
| # 10 | 2.000 | 35.1 | 3.5 | 3.7 | 96.3 | |
| # 20 | 0.850 | 50.6 | 5.1 | | | |
| # 40 | 0.420 | 63.2 | 6.3 | 15.1 | 84.9 | |
| # 50 | 0.300 | | | | | |
| # 60 | 0.250 | 285.8 | 28.6 | | | |
| # 100 | 0.150 | 380.1 | 38.0 | 81.7 | 18.3 | |
| # 200 | 0.075 | 68.5 | 6.9 | 88.6 | 11.4 | |
| < # 200 | FONDO | 114.3 | 11.4 | 100.0 | 0.0 | |
| FRACCIÓN | | 997.7 | | | | |
| TOTAL | | 1,000.0 | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| PESO TOTAL | | = 1,000.0 gr | | | | |
| PESO GRAVA | | = 2.3 gr | | | | |
| PESO ARENA | | = 997.7 gr | | | | |
| PESO FINO | | = 997.7 gr | | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | = N.P. % | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | | = N.P. % | | | | |
| ÍNDICE PLÁSTICO | | = N.P. % | | | | |
| CLASF. AASHTO | | = A-2-4 (0) | | | | |
| CLASF. SUCCS | | = SP - SM | | | | |
| MAX. DENS. SECA | | = (gr/cm ³) | | | | |
| OPT. CONT. HUM. | | = % | | | | |
| CBR 0.1" (100%) | | = % | | | | |
| CBR 0.2" (100%) | | = % | | | | |
| % Grava | | = 0.2 % | | | | |
| % Arena | | = 88.3 % | | | | |
| % Fino | | = 11.4 % | | | | |
| % HUMEDAD | | P.S.H. | P.S.S. | % Humedad | | |
| | | 98.7 | 96.8 | 2.0% | | |
| Observaciones : | | | | | | |
| Coef. Uniformidad | | 4 | | Índice de Consistencia | | |
| Coef. Curvatura | | 1.8 | | - | | |
| Pot. de Expansión | | Bajo | | - | | |
| Descripción suelo: | | Arena pobremente gradada con limo | | | | |

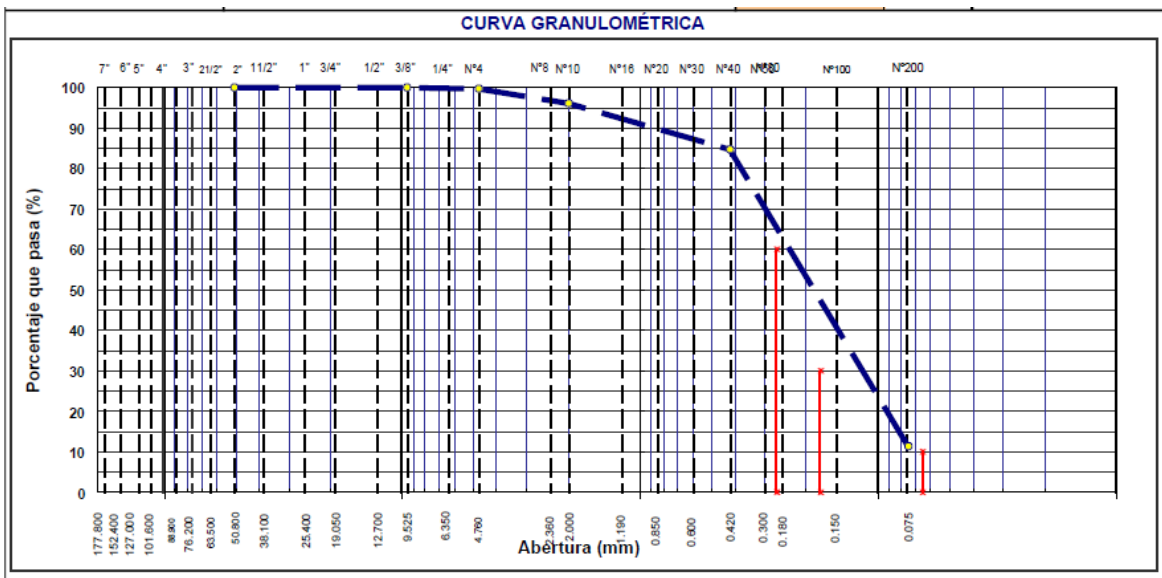


Figura 43. Granulometría de la muestra M-2, subrasante (C-5)

Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-6)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|--------------|------------|-------------|--|---------|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocoms Srl. | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | | |
| MUESTRA : M-1 MATERIAL AFIRMADO | | | | | | | |
| CALICATA : C-6 | | | | | | | |
| ALTURA : 0.09 - 0.34 | | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 2 | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | % RET. PARC. | % RET. AC. | % Q' P AS A | HUS O A | |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | |
| 7" | 177.800 | | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | | | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | PESO TOTAL = 1,000.0 gr | |
| 4" | 101.600 | | | | | PESO GRAVA = 89.0 gr | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | PESO ARENA = 911.0 gr | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO FINO = 911.0 gr | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | LÍMITE LÍQUIDO = 23.9 % | |
| 2" | 50.800 | | | | | LÍMITE PLÁSTICO = 19.8 % | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 4.1 % | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-4 (0) | |
| 3/4" | 19.050 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = 8C - 8M | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | MAX. DENS. SECA = (gr/cm3) | |
| 3/8" | 9.525 | 38.3 | 3.8 | 3.8 | 96.2 | OPT. CONT. HUM. = % | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | CBR 0.1" (100%) = % | |
| # 4 | 4.750 | 50.7 | 5.1 | 8.9 | 91.1 | CBR 0.2" (100%) = % | |
| # 8 | 2.360 | | | | | % Grava = 8.9 % | |
| # 10 | 2.000 | 64.2 | 6.4 | 15.3 | 84.7 | % Arena = 70.5 % | |
| # 20 | 0.850 | 71.1 | 7.1 | | | % Fino = 20.5 % | |
| # 40 | 0.420 | 53.1 | 5.3 | 27.7 | 72.3 | % HUMEDAD : P.S.H. P.S.S. % Humedad | |
| # 50 | 0.300 | | | | | 123.1 118.2 4.1% | |
| # 60 | 0.250 | 126.1 | 12.6 | | | Observaciones : | |
| # 100 | 0.150 | 305.2 | 30.5 | 70.9 | 29.1 | | |
| # 200 | 0.075 | 86.4 | 8.6 | 79.5 | 20.5 | | |
| < # 200 | FONDO | 204.9 | 20.5 | 100.0 | 0.0 | | |
| FRACCIÓN | | 911.0 | | | | Coef. Uniformidad = - Índios de Consistencia | |
| TOTAL | | 1,000.0 | | | | Coef. Curvatura = - 4.8 | |
| Descripción suelo: | Arena limo arcillosa | | | | | Pot. de Expansión = Bajo | Estable |

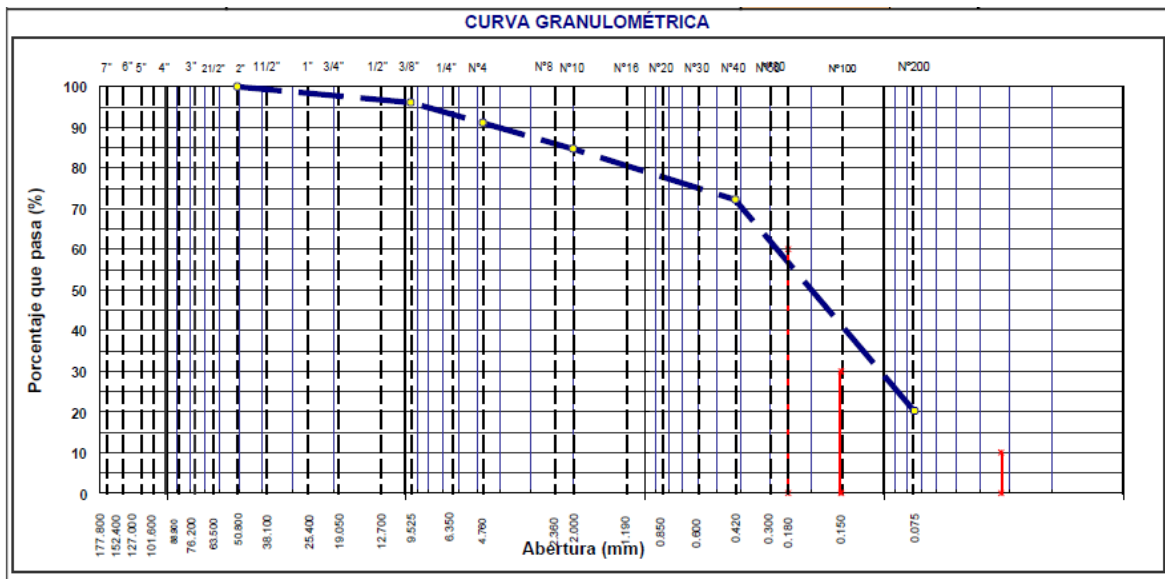


Figura 44. Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-6)

Granulometría de la muestra M-1, subrasante (C-6)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | | |
|--|------------|--------------|---------------|------------|---------------------------|---------|------------------------|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | | FECHA : 30/11/2020 | | |
| CALICATA : C-6 | | | | | HECHO POR : Geocoons Srl. | | |
| ALTURA : 0.34 - 1.50 | | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 2 | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | P ES O RET. | % RET. P ARC. | % RET. AC. | % Q' P AS A | HUS O A | |
| 7" | 177.800 | | | | | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | |
| 5" | 127.000 | | | | | | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | | |
| 4" | 101.600 | | | | | | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 3/4" | 19.050 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 3/8" | 9.525 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| # 4 | 4.760 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| # 8 | 2.360 | | | | | | |
| # 10 | 2.000 | 15.4 | 3.1 | 3.1 | 96.9 | | |
| # 20 | 0.850 | 36.7 | 7.3 | | | | |
| # 40 | 0.420 | 32.1 | 6.4 | 16.8 | 83.2 | | |
| # 50 | 0.300 | | | | | | |
| # 60 | 0.250 | 87.5 | 17.5 | | | | |
| # 100 | 0.150 | 142.4 | 28.5 | 62.8 | 37.2 | | |
| # 200 | 0.075 | 68.1 | 13.5 | 76.4 | 23.6 | | |
| < # 200 | FONDO | 117.9 | 23.6 | 100.0 | 0.0 | | |
| FRACCIÓN | | 500.0 | | | | | |
| TOTAL | | 500.0 | | | | | |
| Descripción suelo: | | Arena ilmosa | | | Coef. Uniformidad | - | Índice de Consistencia |
| | | | | | Coef. Curvatura | - | 10.0 |
| | | | | | Pot. de Expansión | Bajo | Estable |

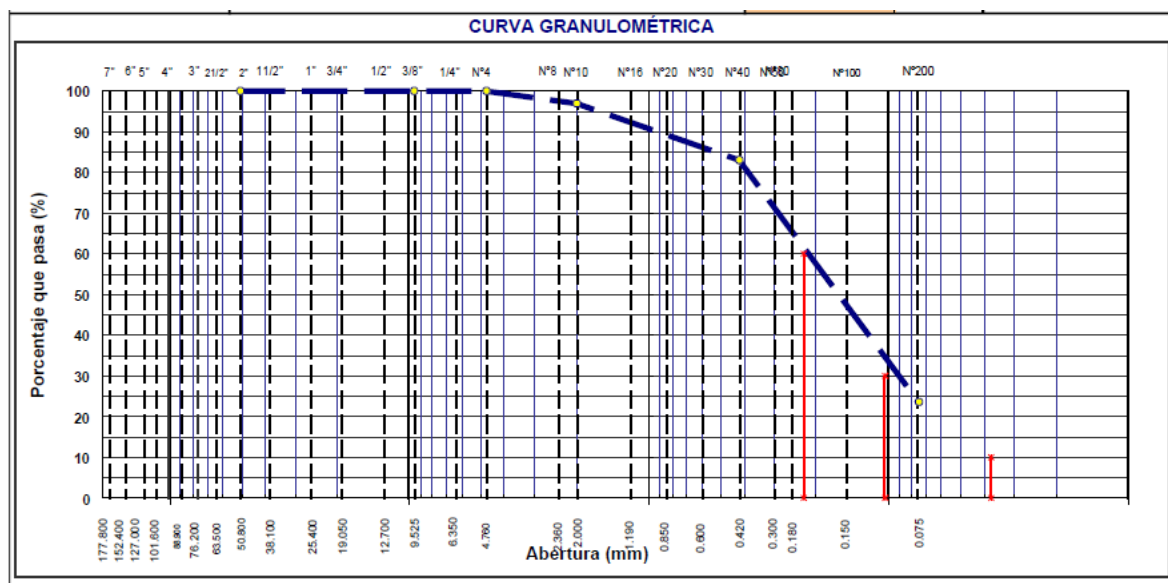


Figura 45. Granulometría de la muestra M-1, subrasante (C-6)

Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-7)

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | | | | | |
|--|------------|----------------------|----------------|------------|--|---------|---------------------------|------|--|--|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocoms Srl. | | | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | | | | | |
| MUESTRA : M-1 AFIRMADO | | | | | | | | | | |
| CALICATA : C-7 | | | | | | | | | | |
| ALTURA (m) : 0.07 - 0.21 | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 1 | | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | % RET. P. ARC. | % RET. AC. | % Q' P AS A | HUS O A | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | |
| 7" | 177.800 | | | | | | PESO TOTAL | - | 1,000.0 gr | |
| 6" | 152.400 | | | | | | PESO GRAVA | - | 103.8 gr | |
| 5" | 127.000 | | | | | | PESO ARENA | - | 896.2 gr | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | | PESO FINO | - | 896.2 gr | |
| 4" | 101.600 | | | | | | LÍMITE LÍQUIDO | - | 22.7 % | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | | LÍMITE PLÁSTICO | - | 18.2 % | |
| 3" | 76.200 | | | | | | ÍNDICE PLÁSTICO | - | 4.5 % | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | CLASF. AASHTO | - | A-2-4 [0] | |
| 2" | 50.800 | | | | | | CLASF. SUCCS | - | SC - SM | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | MAX. DENS. SECA | - | 1.986 (gr/cm3) | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | OPT. CONT. HUM. | - | 10.21 % | |
| 3/4" | 19.050 | 3.2 | 0.3 | 0.3 | 99.7 | | CBR 0.1" (100%) | - | 16.5 % | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.3 | 99.7 | | CBR 0.2" (100%) | - | 24.0 % | |
| 3/8" | 9.525 | 38.1 | 3.8 | 4.1 | 95.9 | | % Grava | - | 10.4 % | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | % Arena | - | 54.3 % | |
| # 4 | 4.760 | 62.5 | 6.3 | 10.4 | 89.6 | | % Fino | - | 25.3 % | |
| # 8 | 2.360 | | | | | | % HUMEDAD | | P.S.H. 111.6 P.S.S. 109.7 % Humedad 1.7% | |
| # 10 | 2.000 | 48.6 | 4.9 | 15.2 | 84.8 | | Observaciones : | | | |
| # 20 | 0.850 | 38.2 | 3.8 | | | | Coef. Uniformidad | - | Índice de Consistencia | |
| # 40 | 0.420 | 92.1 | 9.2 | 28.3 | 71.7 | | Coef. Curvatura | - | 4.7 | |
| # 50 | 0.300 | | | | | | Pot. de Expansión | Bajo | Estable | |
| # 60 | 0.250 | 126.4 | 12.6 | | | | | | | |
| # 100 | 0.150 | 273.8 | 27.4 | 68.3 | 31.7 | | | | | |
| # 200 | 0.075 | 64.2 | 6.4 | 74.7 | 25.3 | | | | | |
| < # 200 | FONDO | 252.9 | 25.3 | 100.0 | 0.0 | | | | | |
| FRACCIÓN | | 896.2 | | | | | | | | |
| TOTAL | | 1,000.0 | | | | | | | | |
| Descripción suelo: | | Arena limo arcillosa | | | | | | | | |

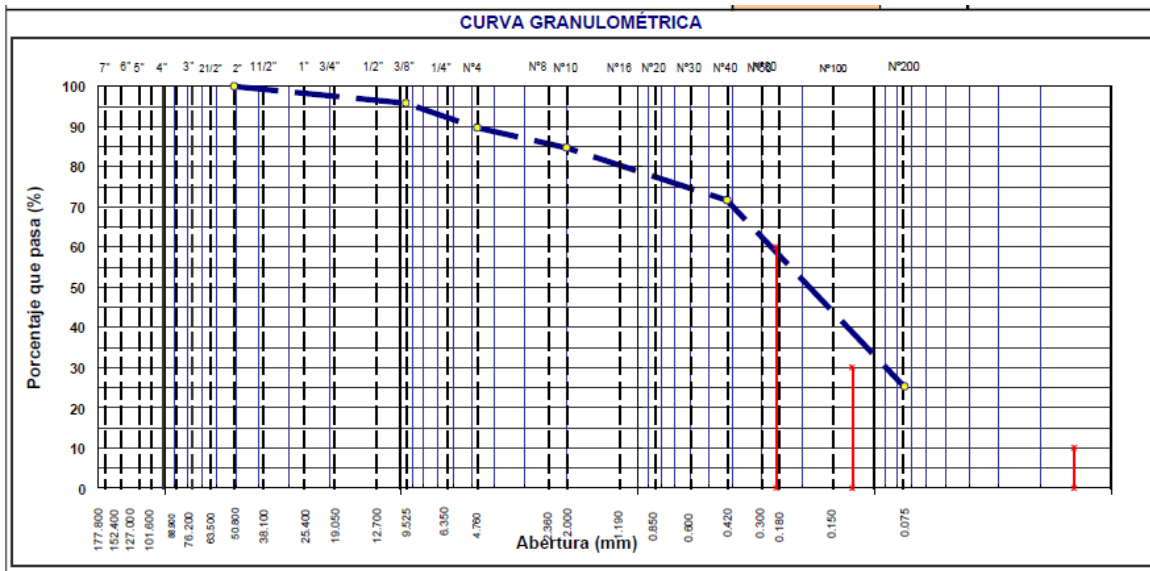


Figura 46. Granulometría de la muestra M-1, afirmado (C-7)

Granulometría de la muestra M-1, subrasante (C-7)

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------------------------------|---------------|------------|--------------------------|---------|---------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|----------|-----------|--|
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | | | | | | | | | | |
| CALICATA : C-7 | | | | | FECHA : 30/11/2020 | | | | | | | | |
| ALTURA (m) : 0.21 - 1.00 | | | | | HECHO POR : Geacons Srl. | | | | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 1 | | | | | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | P ES O RET. | % RET. P ARC. | % RET. AC. | % Q' P AS A | HUS O A | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| 7" | 177.800 | | | | | | | PESO TOTAL | - | 500.0 | gr | | |
| 6" | 152.400 | | | | | | | PESO GRAVA | - | 0.0 | gr | | |
| 5" | 127.000 | | | | | | | PESO ARENA | - | 500.0 | gr | | |
| 4 1/2" | 114.300 | | | | | | | PESO FINO | - | 500.0 | gr | | |
| 4" | 101.600 | | | | | | | LIMITE LIQUIDO | - | 18.9 | % | | |
| 3 1/2" | 88.900 | | | | | | | LIMITE PLASTICO | - | 16.6 | % | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | | INDICE PLÁSTICO | - | 2.4 | % | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | | CLASF. AASHTO | - | A-2-4 | [0] | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | CLASF. SUCCS | - | SP - SM | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | MAX. DENS. SECA | - | 1.953 | (gr/cm3) | | |
| 1" | 25.400 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | OPT. CONT. HUM. | - | 5.70 | % | | |
| 3/4" | 19.050 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | CBR 0.1" (100%) | - | 12.3 | % | | |
| 1/2" | 12.700 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | CBR 0.2" (100%) | - | 17.8 | % | | |
| 3/8" | 9.525 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | % Grava | - | 0.0 | % | | |
| 1/4" | 6.350 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | % Arena | - | 91.3 | % | | |
| # 4 | 4.750 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | % Fino | - | 8.7 | % | | |
| # 8 | 2.360 | | | | | | | % HUMEDAD | | P.S.H. | P.S.S. | % Humedad | |
| # 10 | 2.000 | 22.8 | 4.5 | 4.6 | 95.4 | | | | | 143.1 | 136.8 | 4.6% | |
| # 20 | 0.850 | 36.2 | 7.2 | | | | | Observaciones : | | | | | |
| # 40 | 0.420 | 57.0 | 11.4 | 23.2 | 75.8 | | | | | | | | |
| # 50 | 0.300 | | | | | | | | | | | | |
| # 60 | 0.250 | 76.0 | 15.2 | | | | | | | | | | |
| # 100 | 0.150 | 198.3 | 39.7 | 78.1 | 21.9 | | | | | | | | |
| # 200 | 0.075 | 66.1 | 13.2 | 91.3 | 8.7 | | | | | | | | |
| < # 200 | FONDO | 43.6 | 8.7 | 100.0 | 0.0 | | | | | | | | |
| FRACCIÓN | | 500.0 | | | | | | Coef. Uniformidad | 3 | Indice de Consistencia | | | |
| TOTAL | | 500.0 | | | | | | Coef. Curvatura | 1.4 | 8.8 | | | |
| Descripción suelo: | | Arena pobremente gradada con limo | | | | | | | Pot. de Expansión | Bajo | Estable | | |

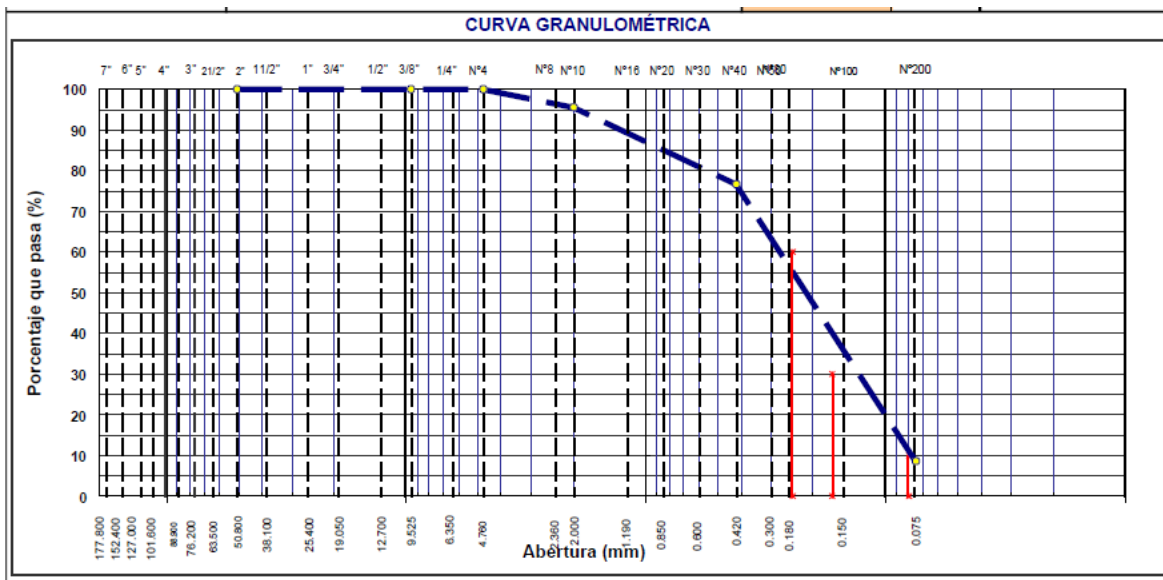


Figura 47. Granulometría de la muestra M-1, subrasante (C-7)

ANEXO 58

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, calicata C-5

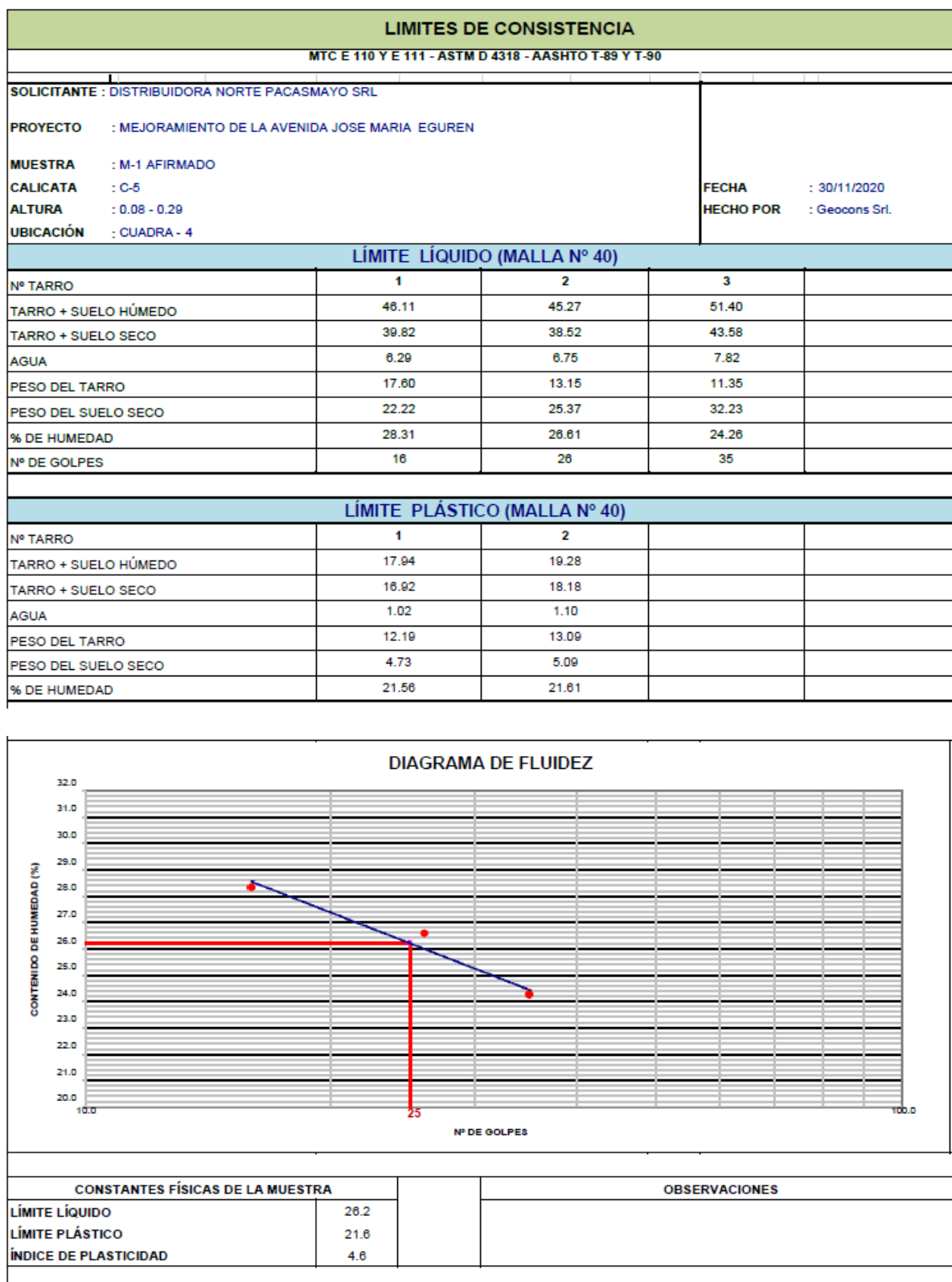


Figura 48. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, calicata C-5

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-5

| LÍMITES DE CONSISTENCIA | | | | |
|--|--|--|---------------|--------------------------|
| MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90 | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | |
| PROYECTO | : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | |
| MUESTRA | : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | |
| CALICATA | : C-5 | | | FECHA : 30/11/2020 |
| ALTURA | : 0.29 - 1.50 | | | HECHO POR : Geocons Srl. |
| UBICACIÓN | : CUADRA - 4 | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40) | | | | |
| N° TARRO | | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | | | |
| AGUA | N.P. | | | |
| PESO DEL TARRO | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | |
| N° DE GOLPES | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40) | | | | |
| N° TARRO | | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | | | |
| AGUA | N.P. | | | |
| PESO DEL TARRO | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | |
| DIAGRAMA DE FLUIDEZ | | | | |
| | | | | |
| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | | | OBSERVACIONES | |
| LÍMITE LÍQUIDO | N.P. | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | N.P. | | | |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | N.P. | | | |

Figura 49. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-5

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, afirmado, calicata C-6

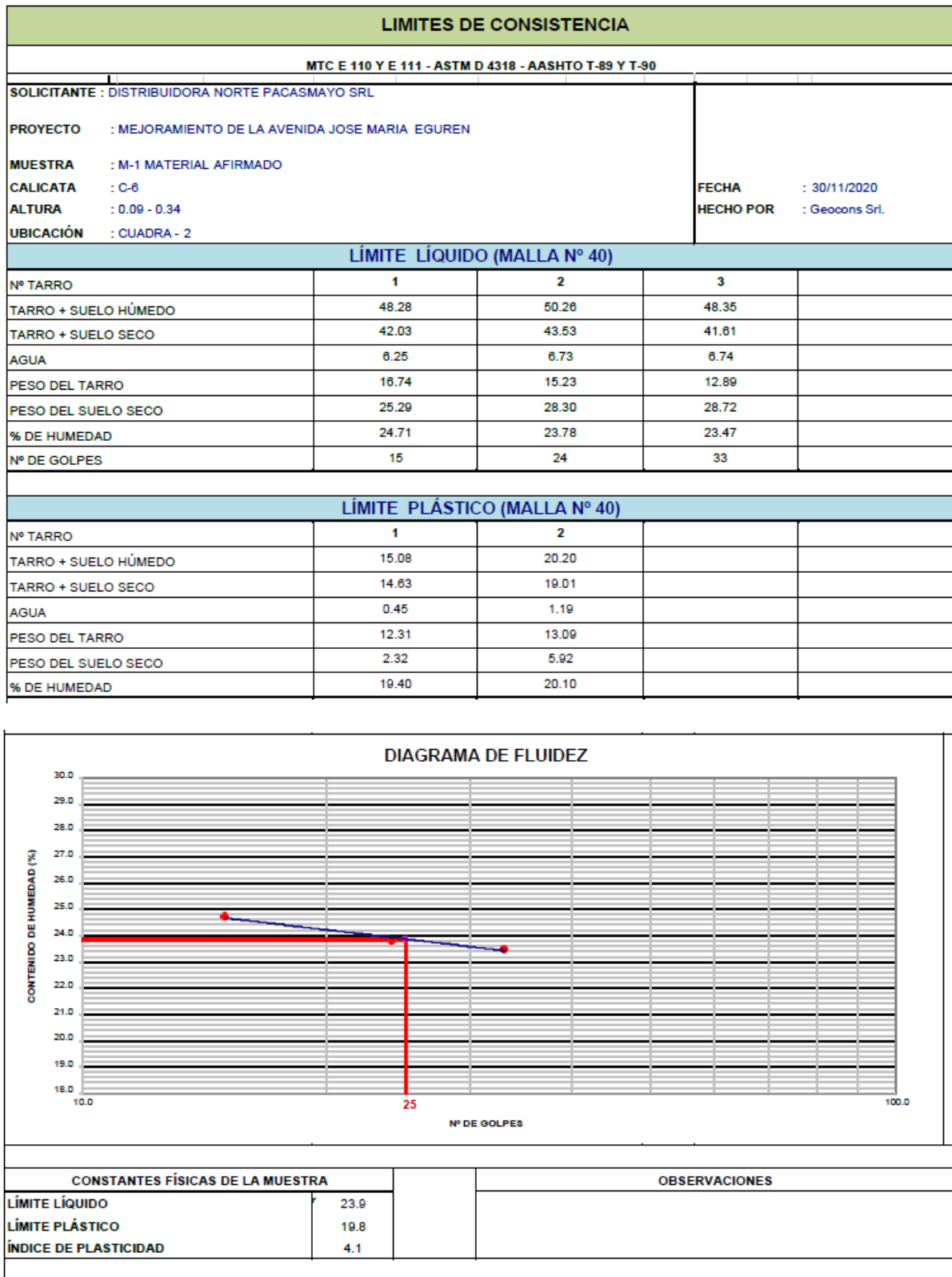


Figura 50. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, afirmado, calicata C-6

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-6

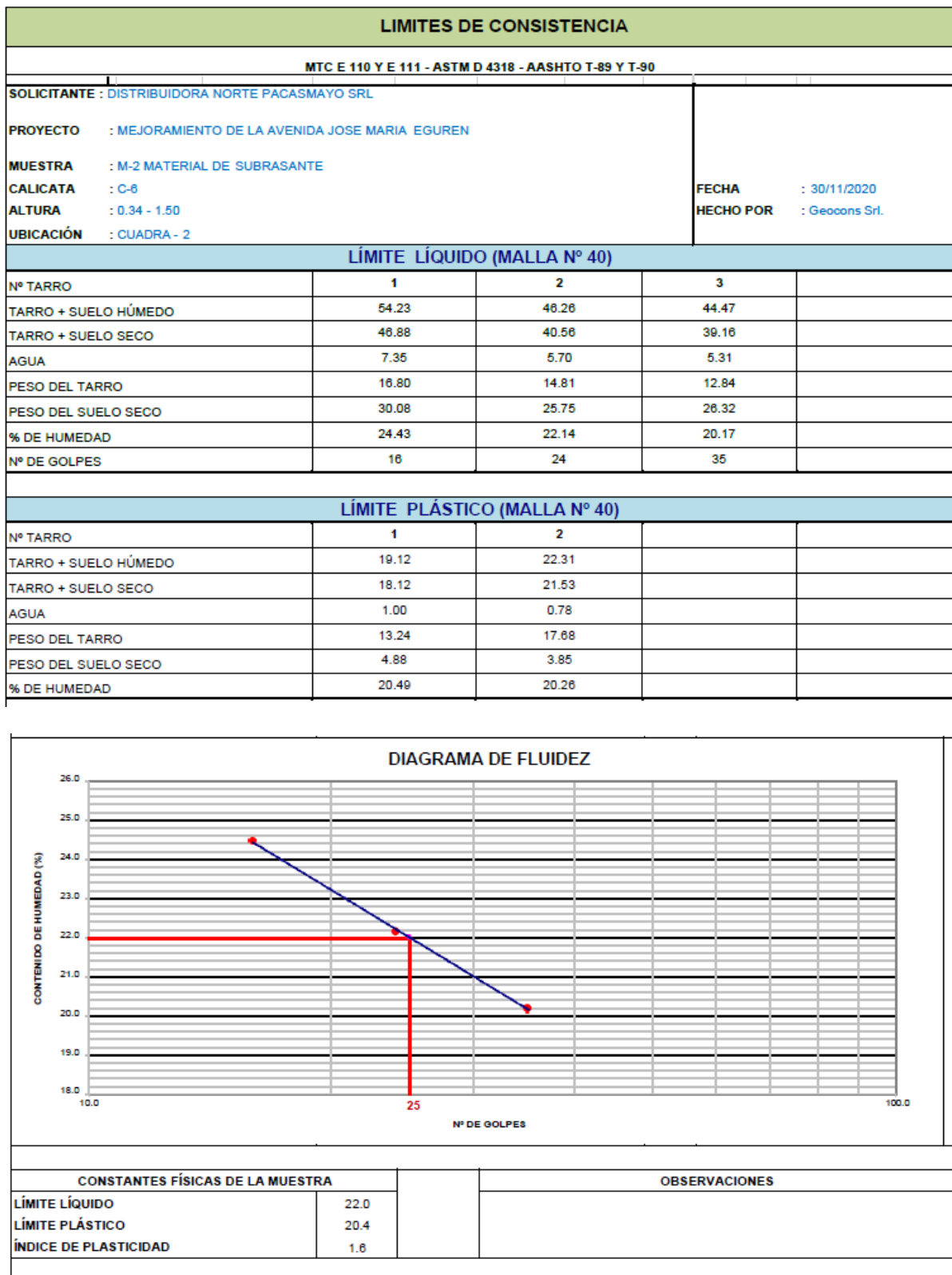


Figura 51. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-6

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, afirmado, calicata C-7

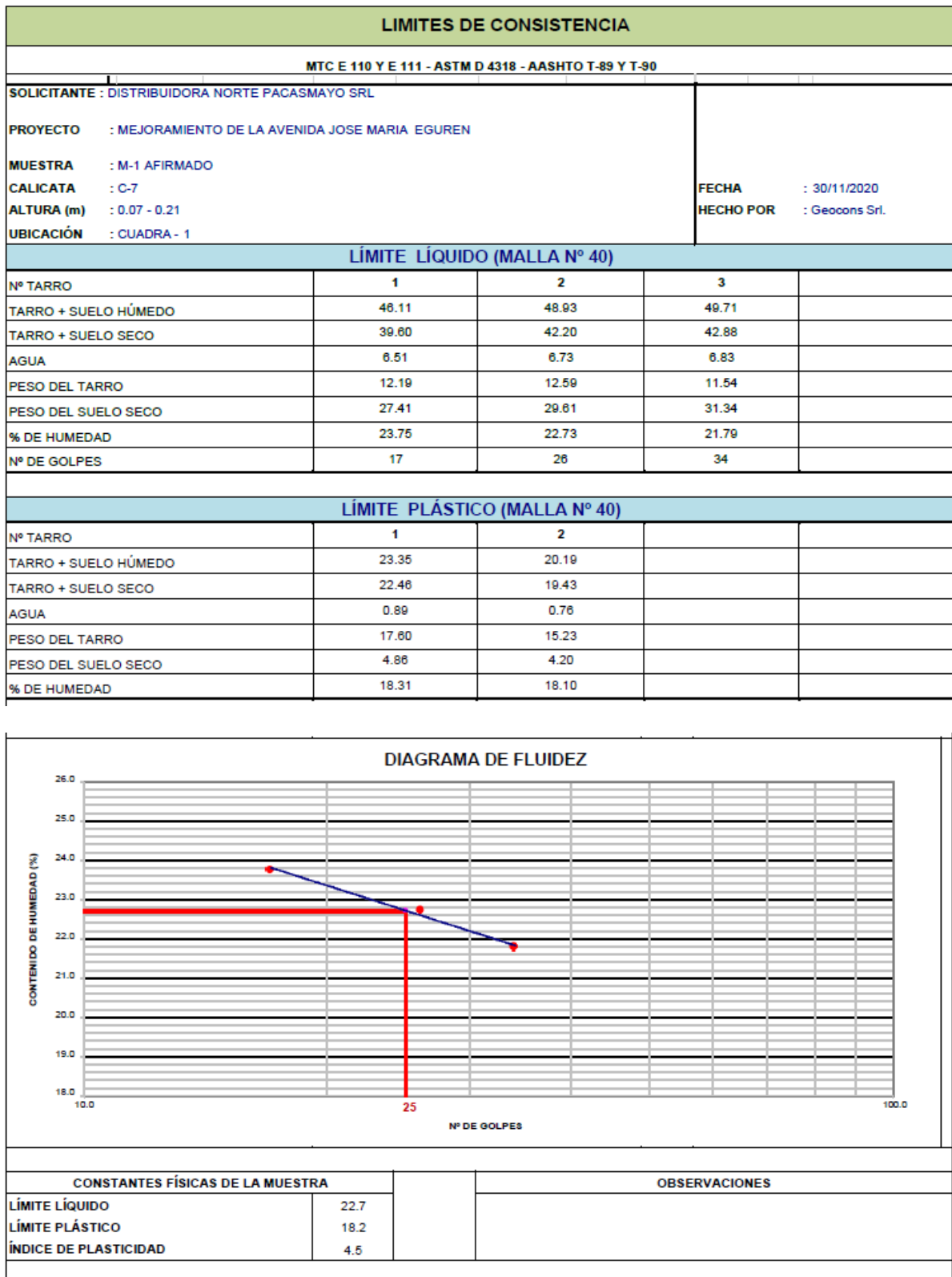


Figura 52. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-1, afirmado, calicata C-7

Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-7

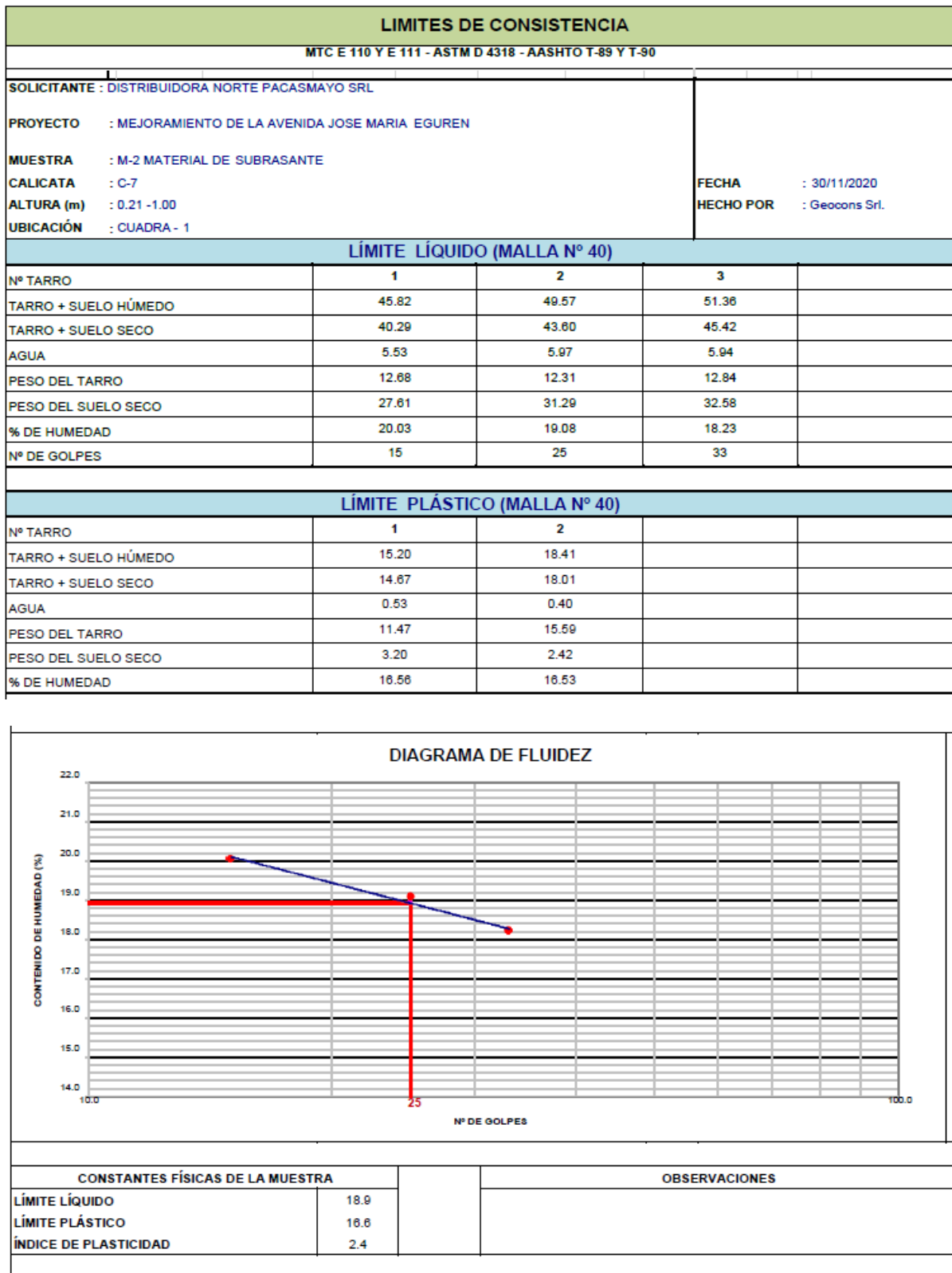


Figura 53. Límites de consistencia obtenidos de la muestra M-2, subrasante, calicata C-7

ANEXO 59

Ensayo Proctor realizado al material subrasante, calicata C-5

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | | | | | |
|---|-------|-------|---------------------------------|--|------|
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D | | | | | |
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocons Srl. | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | |
| MUESTRA : SUBRASANTE | | | | | |
| CALICATA : C-5 | | | | | |
| ALTURA : 0.29 - 1.50 | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | | | | | |
| COMPACTACION | | | | | |
| METODO DE COMPACTACION : | | "A" | | | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA : | | 25 | | | |
| NUMERO DE CAPAS : | | 5 | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 6056 | 6185 | 6221 | 6166 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 4177 | 4177 | 4177 | 4177 | |
| PESO SUELO HUMEDO (gr) | 1879 | 2008 | 2044 | 1989 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.982 | 2.118 | 2.156 | 2.098 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.906 | 1.996 | 1.994 | 1.909 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE Nº | s/n | s/n | s/n | s/n | |
| PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr) | 82.31 | 78.73 | 84.75 | 80.92 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 79.56 | 74.82 | 79.34 | 75.12 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 11.08 | 10.81 | 12.84 | 16.52 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 2.75 | 3.91 | 5.41 | 5.80 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 68.48 | 64.01 | 66.50 | 58.60 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 4.02 | 6.11 | 8.14 | 9.90 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 2.007 | | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 7.11 |

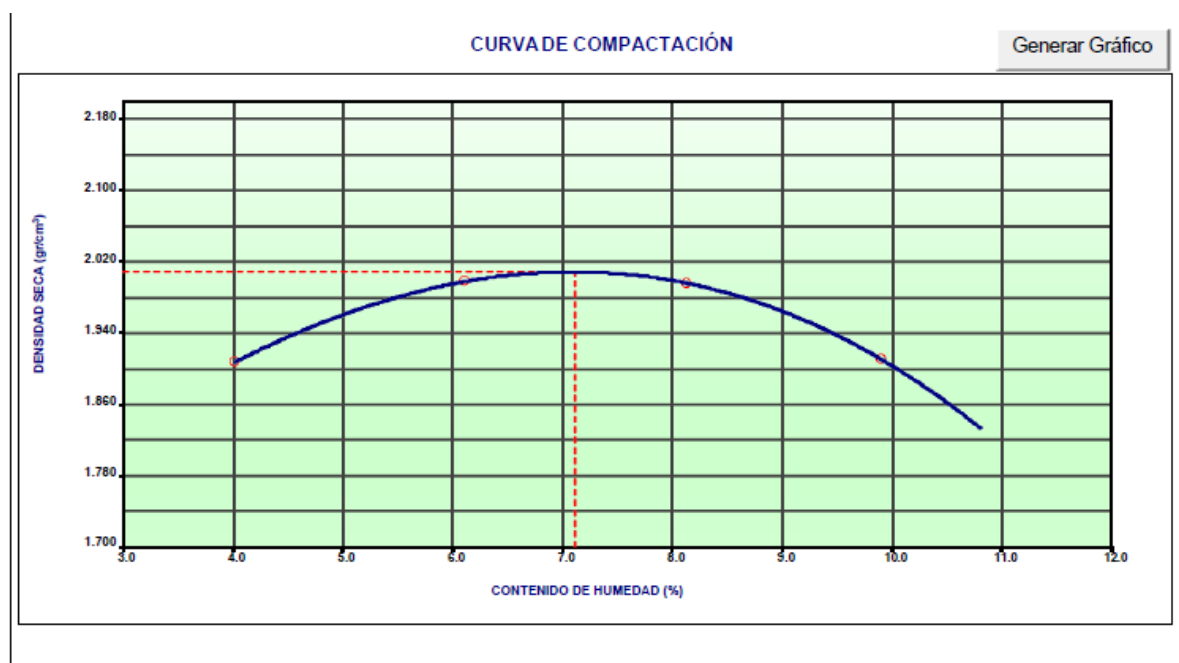


Figura 54. Ensayo Proctor realizado al material subrasante, calicata C-5

Ensayo Proctor realizado al material subrasante, muestra M-2, calicata C-6

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D | | | | | |
|--|-------|-------|---------------------------------|--|------|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocons Srl. | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | | |
| CALICATA : C-6 | | | | | |
| ALTURA : 0.34 - 1.50 | | | | | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 2 | | | | | |
| COMPACTACION | | | | | |
| METODO DE COMPACTACION : | | "A" | | | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA : | | 25 | | | |
| NUMERO DE CAPAS : | | 5 | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 6129 | 6232 | 6262 | 6196 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 4177 | 4177 | 4177 | 4177 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1952 | 2055 | 2085 | 2019 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 948 | 948 | 948 | 948 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 2.059 | 2.168 | 2.199 | 2.130 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.969 | 2.035 | 2.030 | 1.929 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE Nº | s/n | s/n | s/n | s/n | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 89.85 | 83.52 | 76.13 | 82.19 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 86.50 | 79.21 | 71.28 | 76.06 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 13.06 | 13.14 | 13.11 | 17.25 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 3.35 | 4.31 | 4.85 | 6.13 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 73.44 | 66.07 | 58.17 | 58.81 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 4.56 | 6.52 | 8.34 | 10.42 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 2.041 | | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 7.33 |

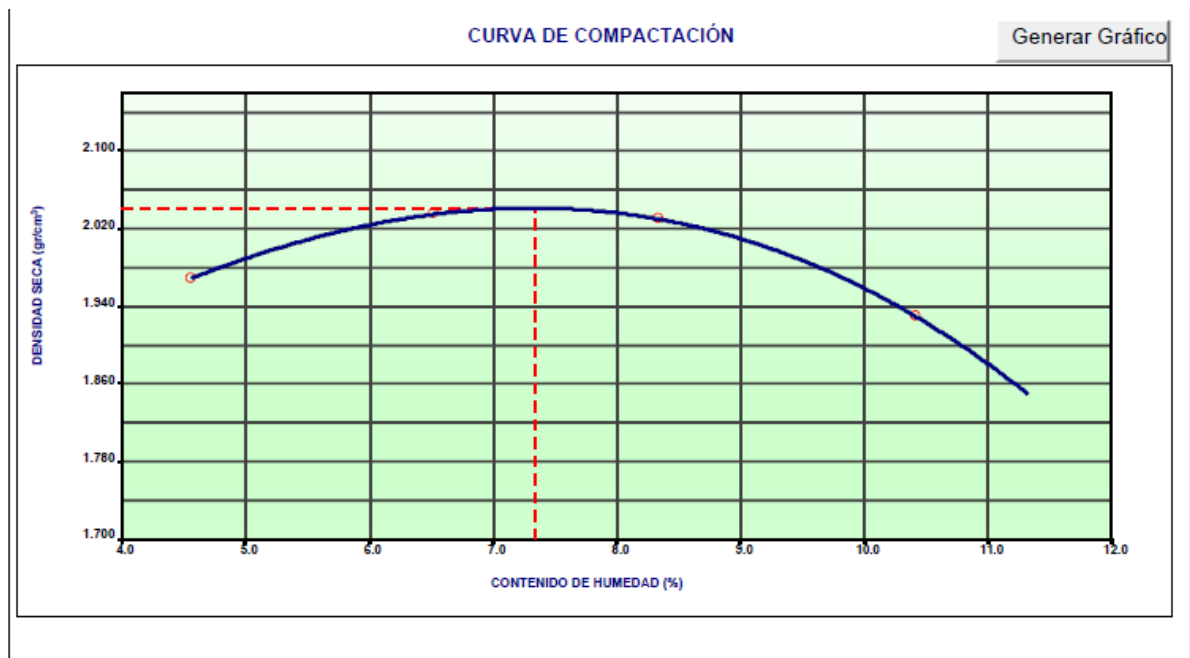


Figura 55. Ensayo Proctor realizado al material subrasante, muestra M-2, calicata C-6

Ensayo Proctor realizado al material subrasante, muestra M-2, calicata C-7

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|-------|-------|-----------|----------------|
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D | | | | | | |
| SOLICITANTE | : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | |
| PROYECTO | : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | |
| MUESTRA | : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | FECHA | : 30/11/2020 |
| CALICATA | : C-7 | | | | HECHO POR | : Geocons Srl. |
| ALTURA (m) | : 0.21 -1.00 | | | | | |
| UBICACIÓN | : CUADRA - 1 | | | | | |
| COMPACTACION | | | | | | |
| METODO DE COMPACTACION | : "A" | | | | | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 6062 | 6138 | 6108 | 6060 | | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 4177 | 4177 | 4177 | 4177 | | |
| PESO SUELO HUMEDO (gr) | 1885 | 1961 | 1931 | 1883 | | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 948 | 948 | 948 | 948 | | |
| DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³) | 1.988 | 2.069 | 2.037 | 1.986 | | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.906 | 1.944 | 1.890 | 1.816 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| RECIPIENTE N° | s/n | s/n | s/n | s/n | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 86.86 | 94.12 | 95.50 | 95.50 | | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 83.94 | 89.44 | 89.82 | 88.76 | | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 16.74 | 16.55 | 16.80 | 16.80 | | |
| PESO DE AGUA (gr) | 2.92 | 4.68 | 5.68 | 6.74 | | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 67.20 | 72.89 | 73.02 | 71.96 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 4.35 | 6.42 | 7.78 | 9.37 | | |
| MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.953 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | | 5.70 | |

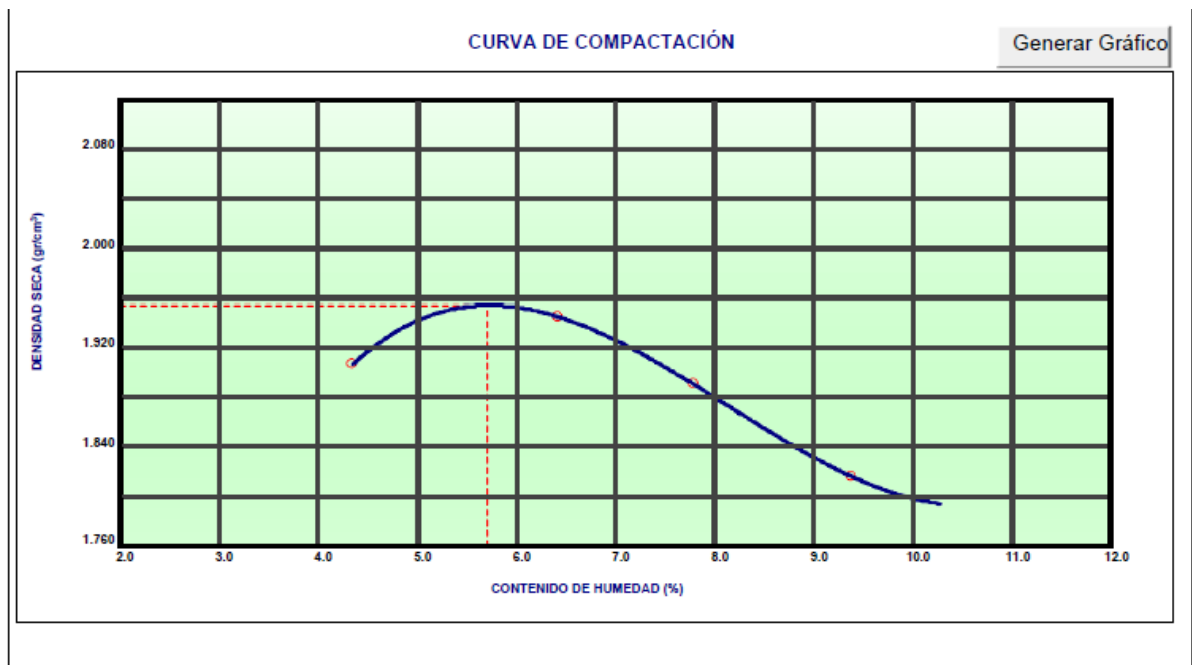


Figura 56. Ensayo Proctor realizado al material subrasante, muestra M-2, calicata C-7

ANEXO 60

Ensayo CBR para el material de la subrasante, calicata C-5

| RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) | | | | | | | |
|--|--|-------------|-------------------|-------------|-----------|-------------------|----------|
| (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883) | | | | | | | |
| SOLICITANTE | DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | FECHA | : 30/11/2020 | |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | HECHO POR | : Geocons Srl. | |
| MUESTRA | SUBRASANTE | | | | | | |
| CALICATA | C-5 | | | | | | |
| ALTURA | 0.29 - 1.50 | | | | | | |
| UBICACIÓN | CUADRA - 4 | | | | | | |
| DATOS DEL PROCTOR | | | | | | | |
| MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 2.007 | g/cm ³ | CAPACIDAD | : | 10000 Lbs. ANILLO | |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | : | 7.11 | % | | : | 1 | |
| ENSAYO DE CBR | | | | | | | |
| MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193 | | | | | | | |
| Molde N° | | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Capa | | 56 | | 25 | | 12 | |
| Golpes por capa N° | | 56 | | 25 | | 12 | |
| Cond. de la muestra | | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + suelo húmedo | (gr) | 13007 | | 12754 | | 12454 | |
| Peso de molde | (gr) | 8461 | | 8472 | | 8470 | |
| Peso del suelo húmedo | (gr) | 4546 | | 4282 | | 3984 | |
| Volumen del molde | (cm3) | 2102 | | 2102 | | 2104 | |
| Densidad húmeda | (gr/cm3) | 2.163 | | 2.037 | | 1.894 | |
| Humedad | (%) | 7.26 | | 6.79 | | 7.04 | |
| Densidad seca | (gr/cm3) | 2.017 | | 1.907 | | 1.769 | |
| Tarro N° | | S/N | | S/N | | S/N | |
| Tarro + Suelo húmedo | (gr) | 96.25 | | 98.36 | | 92.26 | |
| Tarro + Suelo seco | (gr) | 90.85 | | 93.15 | | 87.27 | |
| Peso del Agua | (gr) | 5.40 | | 5.21 | | 4.99 | |
| Peso del tarro | (gr) | 16.52 | | 16.44 | | 16.38 | |
| Peso del suelo seco | (gr) | 74.33 | | 76.71 | | 70.89 | |
| Humedad | (%) | 7.26 | | 6.79 | | 7.04 | |
| Promedio de Humedad | (%) | 7.26 | | 6.79 | | 7.04 | |

| EXPANSION | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|-------------------------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | % NO PRESENTA EXPANSION |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|-------------|--------|------------|-----|
| PENETRACION pulg | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 4 | | | | MOLDE N° 8 | | | | MOLDE N° 11 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg/cm2 | kg/cm2 | % | Dial (div) | kg/cm2 | kg/cm2 | % | Dial (div) | kg/cm2 | kg/cm2 | % |
| | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | |
| 0.025 | | 29.6 | 2 | | 26.1 | 1 | | | 22.6 | 1 | | | |
| 0.050 | | 69.5 | 4 | | 48.3 | 2 | | | 32.7 | 2 | | | |
| 0.075 | | 116.4 | 6 | | 70.6 | 4 | | | 63.4 | 3 | | | |
| 0.100 | 70.3 | 166.1 | 8 | 7.7 | 10.9 | 115.3 | 6 | 5.68 | 8.1 | 88.1 | 4 | 4.57 | 6.5 |
| 0.150 | | 222.3 | 11 | | | 175.4 | 9 | | | 136.4 | 7 | | |
| 0.200 | 105.5 | 281.7 | 14 | 14.9 | 14.1 | 236.5 | 12 | 11.63 | 11.0 | 188.8 | 10 | 9.81 | 9.3 |
| 0.250 | | 356.4 | 18 | | | 284.2 | 14 | | | 261.1 | 13 | | |
| 0.300 | | 438.2 | 22 | | | 347.6 | 18 | | | 313.2 | 16 | | |
| 0.400 | | 536.1 | 27 | | | 445.0 | 23 | | | 375.1 | 19 | | |
| 0.500 | | 644.0 | 33 | | | 547.0 | 28 | | | 488.0 | 25 | | |

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

| | |
|--|----------------------------------|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | |
| MUESTRA : SUBRASANTE | FECHA : 30/11/2020 |
| CALICATA : C-5 | HECHO POR : Geoccons Srl. |
| ALTURA : 0.29 - 1.50 | |
| UBICACIÓN : CUADRA - 4 | |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

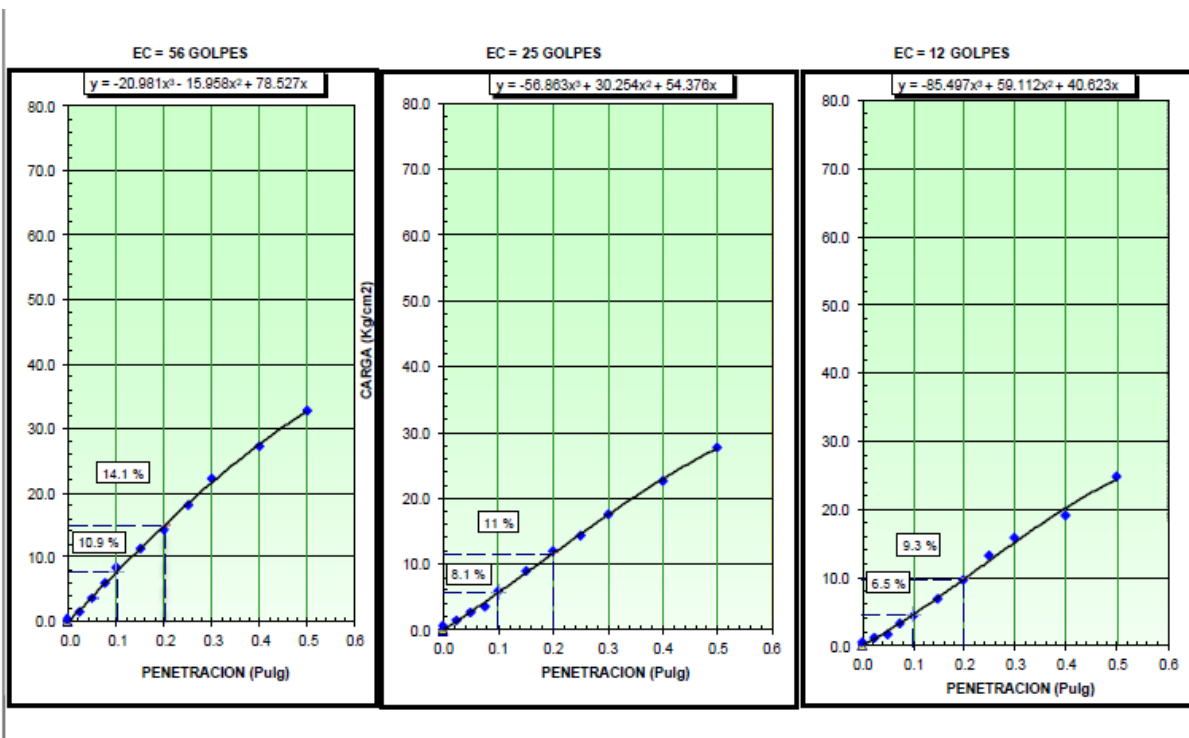
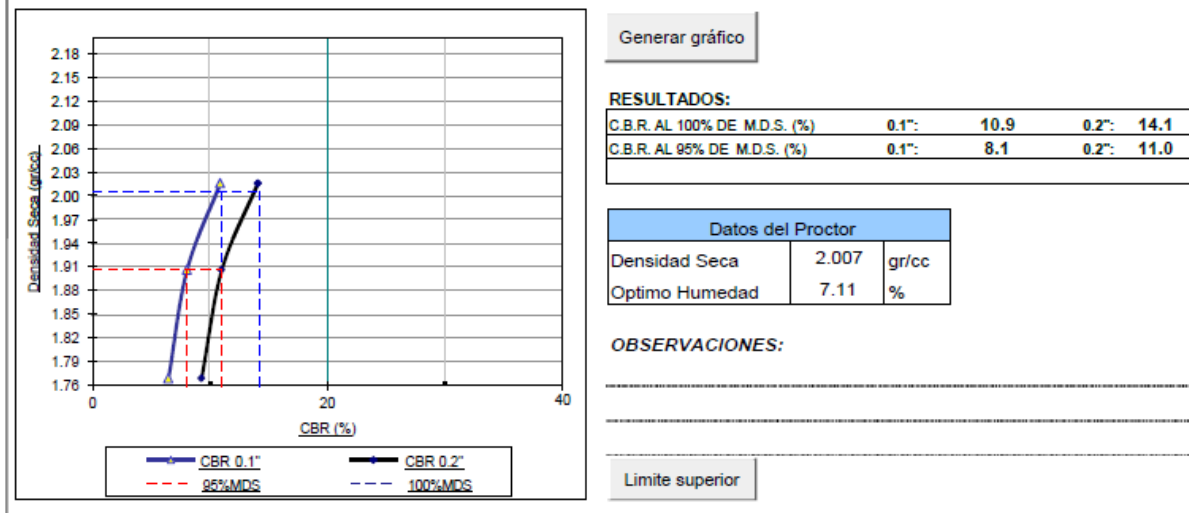


Figura 57. Ensayo CBR para el material de la subrasante, calicata C-5

Ensayo CBR para la muestra M-2, material de la subrasante, calicata C-6

| RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) | | | | | | | |
|--|--|-------------|-------------------|-------------|----------|-------------|--------------|
| (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883) | | | | | | | |
| SOLICITANTE | DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | | | FECHA | 30/11/2020 |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | | | | | HECHO POR | Geocons Srt. |
| MUESTRA | M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | | | | | | |
| CALICATA | C-6 | | | | | | |
| ALTURA | 0.34 - 1.50 | | | | | | |
| UBICACION | CUADRA - 2 | | | | | | |
| DATOS DEL PROCTOR | | | | | | | |
| MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 2.041 | g/cm ³ | CAPACIDAD | : | 10000 | Lbs. ANILLO |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | : | 7.33 | % | | : | 1 | |
| ENSAYO DE CBR | | | | | | | |
| MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193 | | | | | | | |
| Molde N° | | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Capa | | 56 | | 25 | | 12 | |
| Golpes por capa N° | | 56 | | 25 | | 12 | |
| Cond. de la muestra | | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + suelo húmedo | (gr) | 13011 | | 12838 | | 12592 | |
| Peso de molde | (gr) | 8382 | | 8470 | | 8450 | |
| Peso del suelo húmedo | (gr) | 4629 | | 4368 | | 4142 | |
| Volumen del molde | (cm ³) | 2102 | | 2104 | | 2100 | |
| Densidad húmeda | (gr/cm ³) | 2.202 | | 2.076 | | 1.972 | |
| Humedad | (%) | 7.50 | | 7.43 | | 7.86 | |
| Densidad seca | (gr/cm ³) | 2.048 | | 1.932 | | 1.828 | |
| Tarro N° | | S/N | | S/N | | S/N | |
| Tarro + Suelo húmedo | (gr) | 100.25 | | 97.15 | | 95.12 | |
| Tarro + Suelo seco | (gr) | 94.32 | | 91.57 | | 89.37 | |
| Peso del Agua | (gr) | 5.93 | | 5.58 | | 5.75 | |
| Peso del tarro | (gr) | 15.23 | | 16.45 | | 16.20 | |
| Peso del suelo seco | (gr) | 79.09 | | 75.12 | | 73.17 | |
| Humedad | (%) | 7.50 | | 7.43 | | 7.86 | |
| Promedio de Humedad | (%) | 7.50 | | 7.43 | | 7.86 | |

| EXPANSION | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|------|------------|--------------------|--------------------|------|-------------|-------------------------|--------------------|-----|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | % NO PRESENTA EXPANSION | | |
| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACION pulg | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE N° 4 | | | | MOLDE N° 8 | | | | MOLDE N° 11 | | | |
| | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| | | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | |
| 0.025 | | 34.2 | 2 | | | 26.6 | 1 | | | 19.4 | 1 | | |
| 0.050 | | 65.3 | 3 | | | 42.1 | 2 | | | 35.2 | 2 | | |
| 0.075 | | 114.3 | 6 | | | 73.7 | 4 | | | 57.6 | 3 | | |
| 0.100 | 70.3 | 155.6 | 8 | 7.7 | 10.9 | 119.3 | 6 | 5.71 | 8.1 | 87.5 | 4 | 4.22 | 6.0 |
| 0.150 | | 228.7 | 12 | | | 174.2 | 9 | | | 131.6 | 7 | | |
| 0.200 | 105.5 | 293.2 | 15 | 15.0 | 14.2 | 232.6 | 12 | 11.55 | 11.0 | 174.8 | 9 | 8.94 | 8.5 |
| 0.250 | | 356.7 | 18 | | | 283.4 | 14 | | | 217.3 | 11 | | |
| 0.300 | | 438.6 | 22 | | | 345.8 | 18 | | | 279.8 | 14 | | |
| 0.400 | | 546.4 | 28 | | | 442.4 | 22 | | | 352.6 | 18 | | |
| 0.500 | | 668.0 | 34 | | | 556.0 | 28 | | | 432.4 | 22 | | |

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

| | | |
|--------------------|--|--|
| SOLICITANTE | : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocons Srl. |
| PROYECTO | : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | |
| MUESTRA | : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | |
| CALICATA | : C-6 | |
| ALTURA | : 0.34 - 1.50 | |
| UBICACIÓN | : CUADRA - 2 | |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

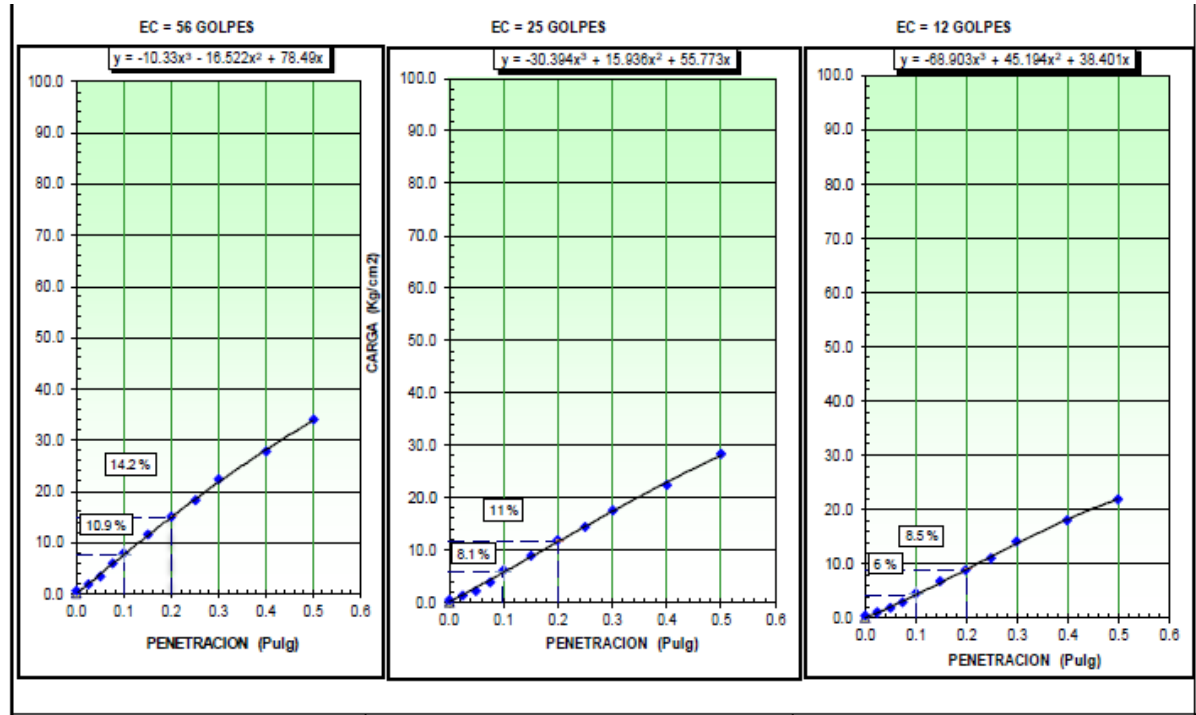
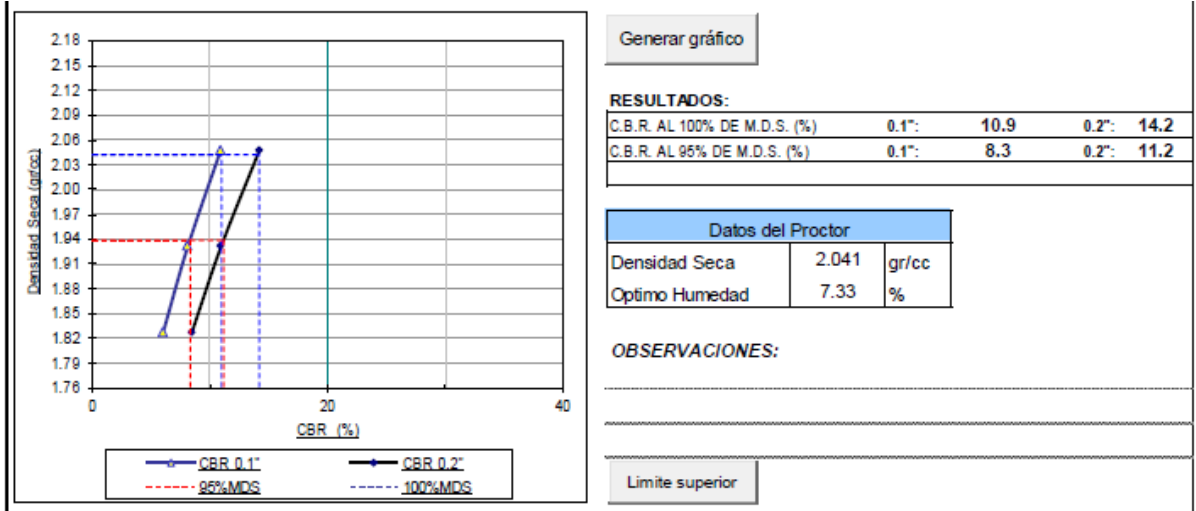


Figura 58. Ensayo CBR para la muestra M-2, material de la subrasante, calicata C-6

Ensayo CBR para la muestra M-2, material de la subrasante, calicata C-7

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

| | |
|--|--|
| SOLICITANTE : DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | FECHA : 30/11/2020 HECHO POR : Geocons Srl. |
| PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA AVENIDA JOSE MARIA EGUREN | |
| MUESTRA : M-2 MATERIAL DE SUBRASANTE | |
| CALICATA : C-7 | |
| ALTURA (m) : 0.21 -1.00 | |
| UBICACIÓN : CUADRA -1 | |

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

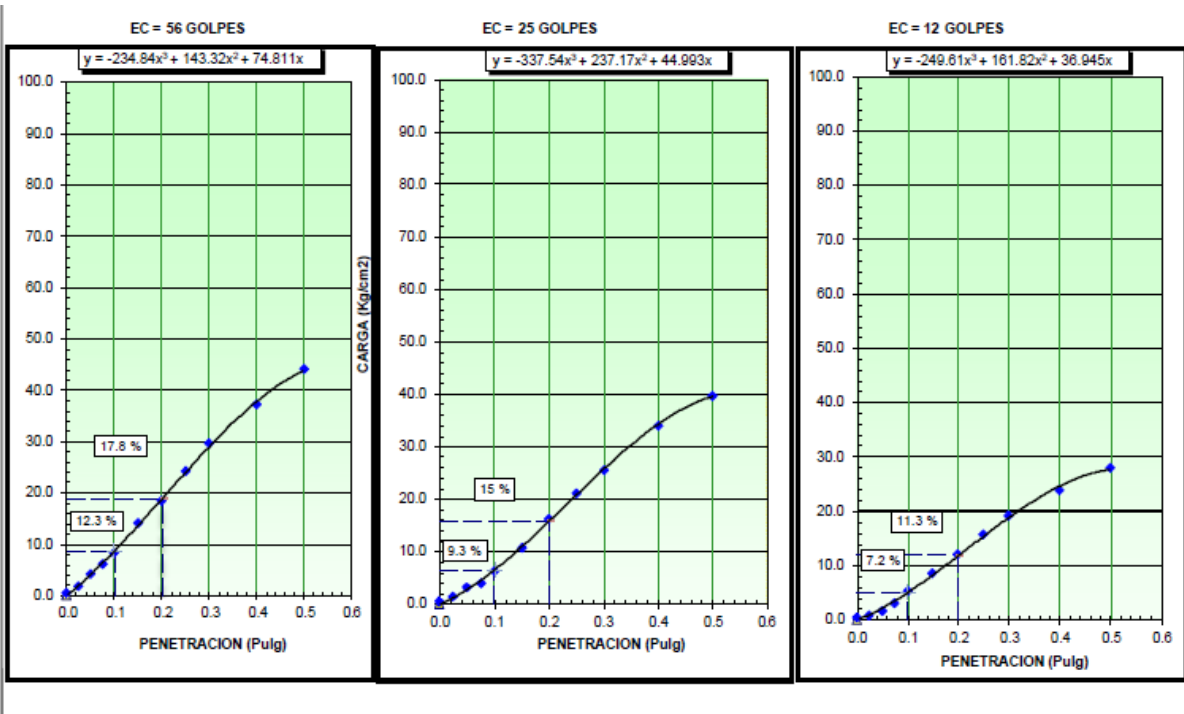
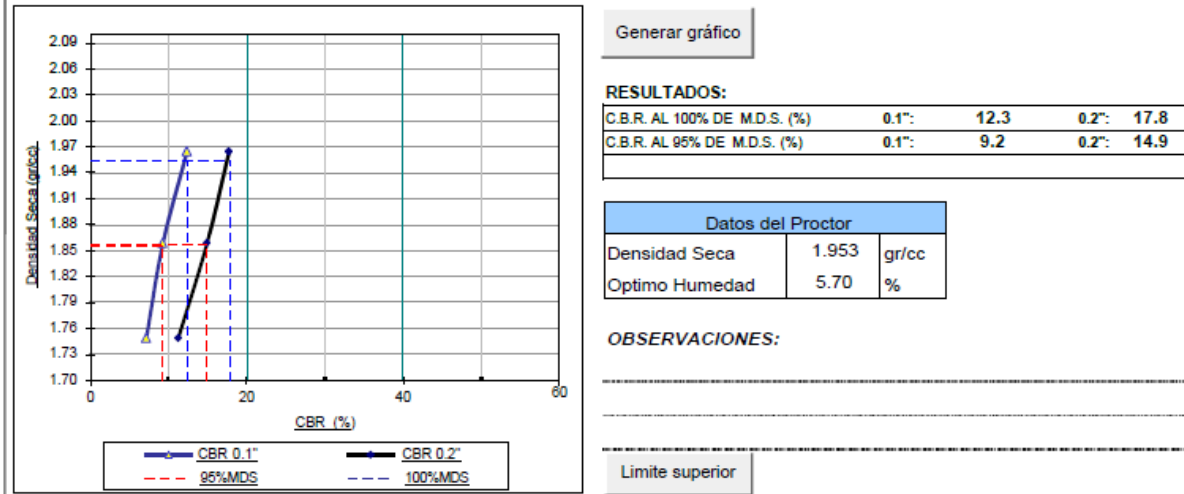


Figura 59. Ensayo CBR para la muestra M-2, material de la subrasante, calicata C-7

ANEXO 61

Conteo vehicular, día Lunes

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | | 1 | |
| SENTIDO | | N ← | S → |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 34 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 0 | 65 | 108 |
| 05:30 | S | 20 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 43 | |
| 05:30 | N | 40 | 20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 74 | 125 |
| 06:00 | S | 19 | 21 | 2 | 0 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 51 | |
| 06:00 | N | 48 | 26 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 85 | 134 |
| 06:30 | S | 23 | 19 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 49 | |
| 06:30 | N | 50 | 31 | 2 | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 97 | 180 |
| 07:00 | S | 46 | 28 | 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 83 | |
| 07:00 | N | 68 | 28 | 6 | 3 | 17 | 2 | 3 | 0 | 0 | 127 | 224 |
| 07:30 | S | 58 | 23 | 7 | 2 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 97 | |
| 07:30 | N | 72 | 39 | 8 | 0 | 18 | 3 | 1 | 0 | 0 | 141 | 257 |
| 08:00 | S | 67 | 29 | 10 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 116 | |
| 08:00 | N | 83 | 34 | 10 | 2 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 | 146 | 276 |
| 08:30 | S | 78 | 31 | 12 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 | |
| 08:30 | N | 80 | 29 | 6 | 5 | 16 | 2 | 2 | 1 | 0 | 141 | 271 |
| 09:00 | S | 91 | 24 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 | |
| 09:00 | N | 83 | 33 | 12 | 6 | 17 | 2 | 4 | 1 | 0 | 158 | 358 |
| 09:30 | S | 120 | 60 | 15 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 200 | |
| 09:30 | N | 84 | 40 | 14 | 7 | 19 | 3 | 3 | 0 | 0 | 170 | 377 |
| 10:00 | S | 110 | 71 | 18 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 207 | |
| 10:00 | N | 90 | 35 | 13 | 5 | 12 | 2 | 5 | 0 | 1 | 163 | 341 |
| 10:30 | S | 80 | 68 | 10 | 12 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 178 | |
| 10:30 | N | 86 | 29 | 15 | 9 | 16 | 1 | 3 | 0 | 0 | 159 | 347 |
| 11:00 | S | 98 | 52 | 20 | 13 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 188 | |
| 11:00 | N | 70 | 32 | 10 | 2 | 10 | 2 | 6 | 2 | 0 | 134 | 326 |
| 11:30 | S | 112 | 43 | 19 | 7 | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 192 | |
| 11:30 | N | 82 | 40 | 9 | 4 | 15 | 2 | 2 | 3 | 0 | 157 | 314 |
| 12:00 | S | 98 | 38 | 14 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157 | |
| 12:00 | N | 75 | 18 | 10 | 1 | 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 121 | 295 |
| 12:30 | S | 79 | 52 | 17 | 15 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 | 174 | |
| 12:30 | N | 70 | 42 | 12 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 148 | 329 |
| 13:00 | S | 115 | 37 | 17 | 2 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 181 | |
| 13:00 | N | 80 | 22 | 12 | 7 | 16 | 2 | 5 | 0 | 0 | 144 | 292 |
| 13:30 | S | 93 | 29 | 10 | 6 | 6 | 0 | 4 | 0 | 0 | 148 | |
| 13:30 | N | 92 | 29 | 11 | 2 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 150 | 292 |
| 14:00 | S | 84 | 36 | 8 | 5 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 142 | |
| 14:00 | N | 90 | 35 | 15 | 4 | 13 | 1 | 2 | 2 | 0 | 162 | 297 |
| 14:30 | S | 79 | 29 | 12 | 10 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 135 | |
| 14:30 | N | 85 | 37 | 13 | 3 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 153 | 340 |
| 15:00 | S | 116 | 42 | 7 | 11 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 187 | |
| 15:00 | N | 84 | 42 | 9 | 5 | 10 | 2 | 6 | 0 | 0 | 158 | 365 |
| 15:30 | S | 115 | 55 | 13 | 13 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 207 | |
| 15:30 | N | 113 | 12 | 9 | 7 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 162 | 320 |
| 16:00 | S | 109 | 26 | 8 | 8 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 158 | |
| 16:00 | N | 102 | 27 | 11 | 9 | 15 | 2 | 1 | 2 | 1 | 170 | 309 |
| 16:30 | S | 70 | 45 | 17 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 139 | |
| 16:30 | N | 96 | 42 | 16 | 4 | 13 | 2 | 3 | 1 | 0 | 177 | 339 |
| 17:00 | S | 82 | 51 | 13 | 6 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 162 | |
| 17:00 | N | 121 | 38 | 14 | 7 | 15 | 2 | 5 | 0 | 1 | 203 | 352 |
| 17:30 | S | 78 | 49 | 9 | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 149 | |
| 17:30 | N | 98 | 36 | 12 | 3 | 9 | 2 | 4 | 1 | 0 | 165 | 298 |
| 18:00 | S | 82 | 35 | 8 | 1 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 133 | |
| 18:00 | N | 102 | 39 | 10 | 8 | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 170 | 305 |
| 18:30 | S | 100 | 20 | 9 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 135 | |
| 18:30 | N | 106 | 16 | 9 | 11 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 149 | 232 |
| 19:00 | S | 59 | 12 | 5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 83 | |
| TOTAL N | | 2284 | 869 | 276 | 122 | 323 | 50 | 97 | 24 | 4 | | |
| TOTAL S | | 2281 | 1039 | 300 | 147 | 105 | 0 | 82 | 0 | 0 | | |
| PARCIAL: | | 4565 | 1908 | 576 | 269 | 428 | 50 | 179 | 24 | 4 | 8003 | 8003 |

Figura 60. Conteo vehicular, día Lunes

Conteo vehicular, día Martes

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | | 1 | |
| SENTIDO | | N ← | S → |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 24 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 0 | 57 | 105 |
| 05:30 | S | 20 | 15 | 4 | 1 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 48 | |
| 05:30 | N | 29 | 20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 63 | 114 |
| 06:00 | S | 19 | 21 | 2 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 0 | 51 | |
| 06:00 | N | 48 | 26 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 85 | 143 |
| 06:30 | S | 22 | 26 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 58 | |
| 06:30 | N | 40 | 31 | 2 | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 87 | 174 |
| 07:00 | S | 46 | 28 | 5 | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 87 | |
| 07:00 | N | 21 | 28 | 6 | 3 | 19 | 2 | 3 | 2 | 0 | 84 | 188 |
| 07:30 | S | 58 | 29 | 7 | 2 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 104 | |
| 07:30 | N | 69 | 39 | 8 | 1 | 19 | 3 | 1 | 0 | 0 | 140 | 257 |
| 08:00 | S | 62 | 35 | 10 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 | |
| 08:00 | N | 85 | 34 | 10 | 3 | 15 | 2 | 1 | 1 | 0 | 151 | 284 |
| 08:30 | S | 73 | 35 | 12 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 | |
| 08:30 | N | 79 | 32 | 16 | 5 | 16 | 2 | 3 | 1 | 0 | 154 | 297 |
| 09:00 | S | 96 | 28 | 11 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | |
| 09:00 | N | 86 | 33 | 15 | 6 | 17 | 2 | 4 | 1 | 0 | 164 | 364 |
| 09:30 | S | 116 | 60 | 15 | 4 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 200 | |
| 09:30 | N | 94 | 53 | 14 | 7 | 19 | 3 | 3 | 0 | 0 | 193 | 405 |
| 10:00 | S | 112 | 71 | 18 | 5 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 212 | |
| 10:00 | N | 95 | 52 | 13 | 12 | 12 | 2 | 5 | 0 | 1 | 192 | 371 |
| 10:30 | S | 80 | 68 | 10 | 12 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 179 | |
| 10:30 | N | 86 | 43 | 6 | 10 | 16 | 1 | 4 | 0 | 0 | 166 | 358 |
| 11:00 | S | 102 | 52 | 20 | 13 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 192 | |
| 11:00 | N | 78 | 48 | 13 | 3 | 10 | 2 | 6 | 2 | 0 | 162 | 355 |
| 11:30 | S | 111 | 43 | 19 | 7 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 | 193 | |
| 11:30 | N | 82 | 28 | 12 | 4 | 15 | 2 | 2 | 3 | 1 | 149 | 308 |
| 12:00 | S | 95 | 38 | 14 | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 159 | |
| 12:00 | N | 76 | 32 | 10 | 5 | 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 140 | 321 |
| 12:30 | S | 81 | 58 | 16 | 15 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 | 181 | |
| 12:30 | N | 69 | 59 | 18 | 6 | 12 | 3 | 4 | 0 | 0 | 171 | 357 |
| 13:00 | S | 114 | 42 | 17 | 3 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 186 | |
| 13:00 | N | 80 | 32 | 15 | 7 | 16 | 2 | 5 | 1 | 0 | 158 | 312 |
| 13:30 | S | 93 | 29 | 12 | 8 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 154 | |
| 13:30 | N | 86 | 42 | 15 | 2 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 161 | 308 |
| 14:00 | S | 79 | 39 | 12 | 7 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 147 | |
| 14:00 | N | 89 | 42 | 18 | 4 | 13 | 1 | 2 | 2 | 0 | 171 | 318 |
| 14:30 | S | 83 | 32 | 15 | 12 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 147 | |
| 14:30 | N | 92 | 38 | 15 | 5 | 9 | 3 | 5 | 0 | 0 | 167 | 360 |
| 15:00 | S | 119 | 43 | 9 | 11 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 193 | |
| 15:00 | N | 84 | 45 | 12 | 7 | 10 | 2 | 6 | 0 | 0 | 166 | 381 |
| 15:30 | S | 115 | 59 | 13 | 13 | 4 | 0 | 8 | 3 | 0 | 215 | |
| 15:30 | N | 113 | 16 | 16 | 8 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 174 | 341 |
| 16:00 | S | 109 | 29 | 12 | 10 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 167 | |
| 16:00 | N | 112 | 31 | 12 | 10 | 15 | 2 | 1 | 2 | 1 | 186 | 340 |
| 16:30 | S | 79 | 47 | 18 | 7 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 154 | |
| 16:30 | N | 99 | 46 | 29 | 4 | 13 | 2 | 3 | 1 | 0 | 197 | 369 |
| 17:00 | S | 87 | 51 | 15 | 8 | 7 | 0 | 3 | 1 | 0 | 172 | |
| 17:00 | N | 121 | 42 | 16 | 7 | 15 | 1 | 6 | 0 | 1 | 209 | 375 |
| 17:30 | S | 89 | 53 | 10 | 11 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 166 | |
| 17:30 | N | 96 | 42 | 13 | 5 | 9 | 2 | 5 | 1 | 0 | 173 | 311 |
| 18:00 | S | 82 | 38 | 9 | 2 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 138 | |
| 18:00 | N | 112 | 42 | 12 | 10 | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 187 | 330 |
| 18:30 | S | 100 | 25 | 8 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 143 | |
| 18:30 | N | 106 | 16 | 10 | 10 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 148 | 235 |
| 19:00 | S | 59 | 12 | 6 | 3 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 87 | |
| TOTAL N | | 2251 | 1010 | 332 | 146 | 327 | 50 | 104 | 30 | 5 | | |
| TOTAL S | | 2301 | 1106 | 323 | 180 | 111 | 0 | 97 | 7 | 1 | | |
| PARCIAL: | | 4552 | 2116 | 655 | 326 | 438 | 50 | 201 | 37 | 6 | 8381 | 8381 |

Figura 61. Conteo vehicular, día Martes

Conteo vehicular, día Miércoles

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | | 1 | |
| SENTIDO | | N ← | S → |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 28 | 16 | 3 | 1 | 0 | 0 | 9 | 3 | 0 | 60 | 103 |
| 05:30 | S | 20 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 43 | |
| 05:30 | N | 42 | 21 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 | 1 | 79 | 149 |
| 06:00 | S | 29 | 26 | 3 | 0 | 1 | 0 | 9 | 2 | 0 | 70 | |
| 06:00 | N | 48 | 26 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 85 | 156 |
| 06:30 | S | 45 | 18 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 71 | |
| 06:30 | N | 56 | 32 | 1 | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 103 | 189 |
| 07:00 | S | 46 | 29 | 5 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 86 | |
| 07:00 | N | 68 | 28 | 6 | 4 | 17 | 2 | 3 | 0 | 0 | 128 | 233 |
| 07:30 | S | 56 | 24 | 8 | 5 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 105 | |
| 07:30 | N | 72 | 39 | 8 | 3 | 18 | 3 | 1 | 2 | 0 | 146 | 266 |
| 08:00 | S | 69 | 29 | 11 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | |
| 08:00 | N | 96 | 34 | 9 | 2 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 | 158 | 299 |
| 08:30 | S | 82 | 35 | 12 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 141 | |
| 08:30 | N | 84 | 31 | 7 | 5 | 16 | 2 | 2 | 1 | 0 | 148 | 285 |
| 09:00 | S | 94 | 24 | 9 | 5 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 137 | |
| 09:00 | N | 86 | 42 | 16 | 6 | 17 | 3 | 4 | 1 | 0 | 175 | 393 |
| 09:30 | S | 118 | 72 | 14 | 5 | 5 | 0 | 2 | 2 | 0 | 218 | |
| 09:30 | N | 79 | 42 | 15 | 7 | 19 | 3 | 3 | 0 | 0 | 168 | 371 |
| 10:00 | S | 105 | 68 | 16 | 8 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 203 | |
| 10:00 | N | 95 | 37 | 13 | 7 | 11 | 2 | 7 | 0 | 1 | 173 | 352 |
| 10:30 | S | 80 | 69 | 11 | 11 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 179 | |
| 10:30 | N | 85 | 29 | 17 | 10 | 15 | 1 | 4 | 0 | 0 | 161 | 355 |
| 11:00 | S | 102 | 52 | 22 | 11 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 194 | |
| 11:00 | N | 76 | 32 | 10 | 8 | 10 | 2 | 6 | 2 | 0 | 146 | 353 |
| 11:30 | S | 121 | 42 | 20 | 7 | 11 | 0 | 5 | 1 | 0 | 207 | |
| 11:30 | N | 92 | 40 | 15 | 4 | 15 | 2 | 2 | 3 | 0 | 173 | 338 |
| 12:00 | S | 102 | 38 | 14 | 5 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 165 | |
| 12:00 | N | 79 | 19 | 12 | 6 | 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 133 | 310 |
| 12:30 | S | 82 | 52 | 17 | 15 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 | 177 | |
| 12:30 | N | 72 | 42 | 15 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 153 | 345 |
| 13:00 | S | 119 | 37 | 19 | 3 | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 192 | |
| 13:00 | N | 89 | 22 | 12 | 9 | 16 | 2 | 4 | 0 | 0 | 154 | 301 |
| 13:30 | S | 93 | 29 | 11 | 6 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 147 | |
| 13:30 | N | 95 | 29 | 9 | 2 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 151 | 302 |
| 14:00 | S | 89 | 36 | 12 | 5 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 151 | |
| 14:00 | N | 95 | 35 | 15 | 4 | 12 | 1 | 2 | 2 | 1 | 167 | 303 |
| 14:30 | S | 78 | 29 | 12 | 12 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 136 | |
| 14:30 | N | 87 | 39 | 13 | 3 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 157 | 345 |
| 15:00 | S | 114 | 42 | 7 | 11 | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 188 | |
| 15:00 | N | 91 | 38 | 10 | 6 | 10 | 2 | 6 | 1 | 0 | 164 | 375 |
| 15:30 | S | 117 | 55 | 15 | 13 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 211 | |
| 15:30 | N | 103 | 16 | 8 | 8 | 13 | 1 | 5 | 0 | 0 | 154 | 328 |
| 16:00 | S | 123 | 26 | 8 | 10 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 174 | |
| 16:00 | N | 107 | 29 | 16 | 9 | 15 | 2 | 2 | 2 | 1 | 183 | 342 |
| 16:30 | S | 85 | 45 | 17 | 7 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 159 | |
| 16:30 | N | 99 | 42 | 18 | 8 | 13 | 2 | 3 | 1 | 0 | 186 | 351 |
| 17:00 | S | 82 | 54 | 14 | 5 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 165 | |
| 17:00 | N | 121 | 38 | 14 | 6 | 15 | 2 | 5 | 0 | 1 | 202 | 351 |
| 17:30 | S | 76 | 47 | 10 | 12 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 149 | |
| 17:30 | N | 102 | 36 | 12 | 3 | 9 | 2 | 7 | 3 | 0 | 174 | 312 |
| 18:00 | S | 82 | 35 | 9 | 5 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 138 | |
| 18:00 | N | 106 | 39 | 12 | 8 | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 176 | 321 |
| 18:30 | S | 100 | 25 | 9 | 4 | 2 | 0 | 4 | 0 | 1 | 145 | |
| 18:30 | N | 106 | 16 | 9 | 11 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 149 | 261 |
| 19:00 | S | 72 | 24 | 6 | 7 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 112 | |
| TOTAL N | | 2359 | 889 | 302 | 147 | 319 | 50 | 104 | 30 | 6 | | |
| TOTAL S | | 2381 | 1076 | 319 | 181 | 128 | 0 | 91 | 6 | 1 | | |
| PARCIAL: | | 4740 | 1965 | 621 | 328 | 447 | 50 | 195 | 36 | 7 | 8389 | 8389 |

Figura 62. Conteo vehicular, día Miércoles

Conteo vehicular, día Jueves

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | | 1 | |
| SENTIDO | | N ← | S → |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 20 | 16 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 3 | 0 | 50 | 98 |
| 05:30 | S | 18 | 20 | 5 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 48 | |
| 05:30 | N | 38 | 21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 10 | 5 | 0 | 76 | 128 |
| 06:00 | S | 19 | 19 | 3 | 0 | 2 | 0 | 8 | 1 | 0 | 52 | |
| 06:00 | N | 48 | 25 | 4 | 0 | 1 | 1 | 4 | 2 | 0 | 85 | 153 |
| 06:30 | S | 42 | 21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 68 | |
| 06:30 | N | 50 | 31 | 3 | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 98 | 187 |
| 07:00 | S | 48 | 32 | 3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 89 | |
| 07:00 | N | 68 | 25 | 8 | 1 | 18 | 2 | 3 | 0 | 0 | 125 | 223 |
| 07:30 | S | 59 | 23 | 7 | 2 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 98 | |
| 07:30 | N | 68 | 39 | 9 | 2 | 18 | 2 | 1 | 0 | 0 | 139 | 257 |
| 08:00 | S | 67 | 29 | 10 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | |
| 08:00 | N | 83 | 34 | 11 | 2 | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 148 | 284 |
| 08:30 | S | 79 | 36 | 12 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136 | |
| 08:30 | N | 80 | 29 | 6 | 6 | 15 | 2 | 3 | 1 | 0 | 142 | 271 |
| 09:00 | S | 89 | 24 | 10 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 129 | |
| 09:00 | N | 83 | 42 | 12 | 6 | 17 | 2 | 4 | 1 | 0 | 167 | 371 |
| 09:30 | S | 120 | 60 | 15 | 2 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 204 | |
| 09:30 | N | 92 | 40 | 17 | 7 | 19 | 3 | 3 | 0 | 0 | 181 | 397 |
| 10:00 | S | 109 | 79 | 18 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 | |
| 10:00 | N | 90 | 35 | 13 | 5 | 12 | 2 | 5 | 0 | 1 | 163 | 354 |
| 10:30 | S | 95 | 65 | 12 | 11 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 191 | |
| 10:30 | N | 92 | 32 | 15 | 9 | 14 | 2 | 4 | 0 | 0 | 168 | 359 |
| 11:00 | S | 98 | 53 | 20 | 13 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 191 | |
| 11:00 | N | 70 | 34 | 10 | 3 | 10 | 1 | 6 | 2 | 0 | 136 | 333 |
| 11:30 | S | 116 | 39 | 20 | 7 | 8 | 0 | 7 | 0 | 0 | 197 | |
| 11:30 | N | 82 | 45 | 10 | 4 | 15 | 2 | 3 | 3 | 0 | 164 | 320 |
| 12:00 | S | 98 | 35 | 14 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 156 | |
| 12:00 | N | 75 | 18 | 10 | 2 | 11 | 3 | 2 | 0 | 0 | 121 | 298 |
| 12:30 | S | 79 | 52 | 19 | 15 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 177 | |
| 12:30 | N | 70 | 42 | 14 | 6 | 12 | 2 | 5 | 0 | 0 | 151 | 333 |
| 13:00 | S | 115 | 37 | 17 | 2 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 | 182 | |
| 13:00 | N | 80 | 22 | 15 | 9 | 16 | 2 | 5 | 0 | 0 | 149 | 313 |
| 13:30 | S | 103 | 32 | 10 | 6 | 6 | 0 | 6 | 1 | 0 | 164 | |
| 13:30 | N | 92 | 34 | 11 | 2 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 155 | 301 |
| 14:00 | S | 84 | 36 | 10 | 5 | 9 | 0 | 2 | 0 | 0 | 146 | |
| 14:00 | N | 86 | 35 | 15 | 6 | 11 | 1 | 2 | 2 | 0 | 158 | 303 |
| 14:30 | S | 90 | 29 | 11 | 10 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 145 | |
| 14:30 | N | 85 | 37 | 12 | 4 | 9 | 2 | 5 | 0 | 0 | 154 | 338 |
| 15:00 | S | 111 | 42 | 7 | 11 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 | 184 | |
| 15:00 | N | 84 | 42 | 8 | 5 | 10 | 2 | 6 | 0 | 0 | 157 | 353 |
| 15:30 | S | 100 | 55 | 13 | 14 | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 196 | |
| 15:30 | N | 113 | 12 | 9 | 7 | 14 | 1 | 5 | 0 | 0 | 161 | 319 |
| 16:00 | S | 109 | 26 | 7 | 8 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 158 | |
| 16:00 | N | 102 | 27 | 9 | 10 | 15 | 2 | 2 | 2 | 1 | 170 | 312 |
| 16:30 | S | 70 | 45 | 17 | 5 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 142 | |
| 16:30 | N | 96 | 42 | 16 | 7 | 12 | 2 | 3 | 1 | 0 | 179 | 343 |
| 17:00 | S | 82 | 51 | 14 | 6 | 7 | 0 | 4 | 0 | 0 | 164 | |
| 17:00 | N | 121 | 41 | 14 | 7 | 16 | 2 | 5 | 0 | 1 | 207 | 357 |
| 17:30 | S | 78 | 49 | 9 | 10 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 150 | |
| 17:30 | N | 98 | 36 | 12 | 3 | 9 | 1 | 4 | 1 | 0 | 164 | 297 |
| 18:00 | S | 82 | 32 | 8 | 1 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 133 | |
| 18:00 | N | 102 | 39 | 9 | 8 | 7 | 3 | 2 | 0 | 0 | 170 | 307 |
| 18:30 | S | 100 | 20 | 9 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 137 | |
| 18:30 | N | 106 | 18 | 9 | 11 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 152 | 248 |
| 19:00 | S | 70 | 12 | 3 | 4 | 2 | 0 | 4 | 1 | 0 | 96 | |
| TOTAL N | | 2274 | 893 | 284 | 134 | 317 | 50 | 110 | 24 | 4 | | |
| TOTAL S | | 2330 | 1053 | 304 | 151 | 133 | 0 | 92 | 4 | 0 | | |
| PARCIAL: | | 4604 | 1946 | 588 | 285 | 450 | 50 | 202 | 28 | 4 | 8157 | 8157 |

Figura 63. Conteo vehicular, día Jueves

Conteo vehicular, día Viernes

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|--|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | 1 | | |
| SENTIDO | N ← | S → | |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 35 | 20 | 4 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 0 | 70 | 116 |
| 05:30 | S | 22 | 14 | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 46 | |
| 05:30 | N | 45 | 20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 79 | 143 |
| 06:00 | S | 25 | 25 | 3 | 0 | 2 | 0 | 8 | 1 | 0 | 64 | |
| 06:00 | N | 48 | 26 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 86 | 146 |
| 06:30 | S | 32 | 18 | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 60 | |
| 06:30 | N | 49 | 31 | 3 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 1 | 99 | 184 |
| 07:00 | S | 46 | 27 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 85 | |
| 07:00 | N | 68 | 28 | 7 | 3 | 17 | 2 | 3 | 0 | 0 | 128 | 234 |
| 07:30 | S | 63 | 25 | 7 | 3 | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 106 | |
| 07:30 | N | 72 | 39 | 9 | 1 | 15 | 3 | 1 | 0 | 0 | 140 | 262 |
| 08:00 | S | 67 | 35 | 10 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 122 | |
| 08:00 | N | 83 | 34 | 10 | 2 | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 147 | 279 |
| 08:30 | S | 80 | 29 | 11 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | |
| 08:30 | N | 80 | 29 | 6 | 5 | 14 | 1 | 2 | 1 | 0 | 138 | 274 |
| 09:00 | S | 91 | 27 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136 | |
| 09:00 | N | 83 | 33 | 14 | 6 | 17 | 2 | 4 | 1 | 0 | 160 | 357 |
| 09:30 | S | 120 | 60 | 11 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 197 | |
| 09:30 | N | 84 | 40 | 14 | 7 | 16 | 2 | 3 | 0 | 0 | 166 | 368 |
| 10:00 | S | 110 | 71 | 12 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 202 | |
| 10:00 | N | 93 | 35 | 13 | 5 | 12 | 2 | 5 | 0 | 0 | 165 | 354 |
| 10:30 | S | 80 | 72 | 15 | 12 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 189 | |
| 10:30 | N | 86 | 29 | 16 | 9 | 16 | 1 | 3 | 0 | 0 | 160 | 355 |
| 11:00 | S | 98 | 60 | 18 | 13 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 195 | |
| 11:00 | N | 82 | 42 | 10 | 2 | 10 | 1 | 6 | 2 | 0 | 155 | 345 |
| 11:30 | S | 112 | 39 | 20 | 7 | 7 | 0 | 5 | 0 | 0 | 190 | |
| 11:30 | N | 82 | 40 | 15 | 4 | 15 | 2 | 2 | 3 | 0 | 163 | 324 |
| 12:00 | S | 98 | 42 | 14 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 | |
| 12:00 | N | 75 | 26 | 12 | 5 | 13 | 4 | 2 | 0 | 1 | 138 | 319 |
| 12:30 | S | 83 | 52 | 20 | 15 | 5 | 0 | 6 | 0 | 0 | 181 | |
| 12:30 | N | 88 | 42 | 12 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 166 | 348 |
| 13:00 | S | 115 | 37 | 17 | 3 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 182 | |
| 13:00 | N | 80 | 22 | 12 | 8 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 143 | 295 |
| 13:30 | S | 96 | 29 | 10 | 6 | 7 | 0 | 4 | 0 | 0 | 152 | |
| 13:30 | N | 92 | 29 | 11 | 2 | 13 | 2 | 3 | 1 | 0 | 153 | 293 |
| 14:00 | S | 84 | 35 | 8 | 4 | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 140 | |
| 14:00 | N | 90 | 35 | 15 | 7 | 13 | 1 | 2 | 2 | 0 | 165 | 304 |
| 14:30 | S | 79 | 31 | 14 | 10 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 139 | |
| 14:30 | N | 85 | 37 | 13 | 4 | 10 | 2 | 4 | 0 | 0 | 155 | 336 |
| 15:00 | S | 112 | 42 | 7 | 9 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 181 | |
| 15:00 | N | 95 | 42 | 9 | 5 | 10 | 1 | 6 | 0 | 0 | 168 | 375 |
| 15:30 | S | 115 | 55 | 13 | 11 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 | 207 | |
| 15:30 | N | 115 | 12 | 9 | 7 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 164 | 316 |
| 16:00 | S | 109 | 16 | 10 | 8 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 152 | |
| 16:00 | N | 102 | 27 | 11 | 9 | 15 | 2 | 1 | 2 | 1 | 170 | 322 |
| 16:30 | S | 82 | 45 | 17 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 152 | |
| 16:30 | N | 96 | 42 | 16 | 4 | 13 | 1 | 3 | 1 | 0 | 176 | 351 |
| 17:00 | S | 92 | 51 | 15 | 6 | 8 | 0 | 3 | 0 | 0 | 175 | |
| 17:00 | N | 121 | 42 | 14 | 7 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 205 | 363 |
| 17:30 | S | 85 | 49 | 9 | 10 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 158 | |
| 17:30 | N | 98 | 42 | 12 | 3 | 9 | 3 | 4 | 1 | 0 | 172 | 335 |
| 18:00 | S | 110 | 35 | 8 | 1 | 2 | 0 | 6 | 0 | 1 | 163 | |
| 18:00 | N | 102 | 39 | 10 | 9 | 7 | 2 | 2 | 1 | 0 | 172 | 315 |
| 18:30 | S | 98 | 26 | 10 | 5 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 143 | |
| 18:30 | N | 105 | 16 | 9 | 11 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 150 | 230 |
| 19:00 | S | 48 | 15 | 7 | 5 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 80 | |
| TOTAL N | | 2334 | 899 | 292 | 133 | 317 | 49 | 97 | 28 | 4 | | |
| TOTAL S | | 2352 | 1062 | 310 | 155 | 119 | 0 | 82 | 8 | 2 | | |
| PARCIAL: | | 4686 | 1961 | 602 | 288 | 436 | 49 | 179 | 36 | 6 | 8243 | 8243 |

Figura 64. Conteo vehicular, día Viernes

Conteo vehicular, día Sábado

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|--|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | 1 | | |
| SENTIDO | N ← | S → | |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 38 | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 3 | 0 | 70 | 115 |
| 05:30 | S | 19 | 14 | 5 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 45 | |
| 05:30 | N | 42 | 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 75 | 132 |
| 06:00 | S | 19 | 25 | 2 | 1 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 57 | |
| 06:00 | N | 48 | 25 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 84 | 147 |
| 06:30 | S | 35 | 19 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 63 | |
| 06:30 | N | 50 | 33 | 6 | 1 | 5 | 3 | 4 | 1 | 1 | 104 | 185 |
| 07:00 | S | 43 | 28 | 4 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 81 | |
| 07:00 | N | 68 | 27 | 6 | 3 | 17 | 2 | 3 | 0 | 0 | 126 | 235 |
| 07:30 | S | 68 | 26 | 6 | 2 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 109 | |
| 07:30 | N | 72 | 42 | 8 | 0 | 18 | 3 | 2 | 0 | 0 | 145 | 251 |
| 08:00 | S | 59 | 31 | 9 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 | |
| 08:00 | N | 83 | 37 | 10 | 0 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 146 | 281 |
| 08:30 | S | 78 | 35 | 11 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135 | |
| 08:30 | N | 91 | 31 | 6 | 1 | 16 | 1 | 2 | 2 | 0 | 150 | 287 |
| 09:00 | S | 91 | 29 | 9 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 137 | |
| 09:00 | N | 90 | 28 | 17 | 5 | 15 | 1 | 4 | 1 | 0 | 161 | 371 |
| 09:30 | S | 130 | 56 | 15 | 2 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 210 | |
| 09:30 | N | 84 | 40 | 15 | 7 | 19 | 3 | 3 | 0 | 0 | 171 | 398 |
| 10:00 | S | 115 | 81 | 18 | 4 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 227 | |
| 10:00 | N | 90 | 36 | 13 | 5 | 11 | 2 | 5 | 0 | 0 | 162 | 352 |
| 10:30 | S | 90 | 70 | 10 | 11 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 190 | |
| 10:30 | N | 92 | 32 | 15 | 12 | 16 | 1 | 3 | 0 | 0 | 171 | 356 |
| 11:00 | S | 102 | 42 | 20 | 13 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 185 | |
| 11:00 | N | 98 | 42 | 12 | 2 | 10 | 3 | 6 | 2 | 0 | 175 | 381 |
| 11:30 | S | 115 | 52 | 19 | 9 | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 206 | |
| 11:30 | N | 82 | 42 | 10 | 4 | 12 | 2 | 2 | 3 | 0 | 157 | 309 |
| 12:00 | S | 89 | 39 | 14 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 152 | |
| 12:00 | N | 85 | 22 | 10 | 1 | 15 | 2 | 2 | 0 | 0 | 137 | 309 |
| 12:30 | S | 79 | 49 | 17 | 15 | 5 | 0 | 6 | 1 | 0 | 172 | |
| 12:30 | N | 94 | 42 | 13 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 173 | 367 |
| 13:00 | S | 120 | 42 | 17 | 2 | 7 | 0 | 6 | 0 | 0 | 194 | |
| 13:00 | N | 86 | 25 | 12 | 7 | 16 | 2 | 5 | 0 | 0 | 153 | 305 |
| 13:30 | S | 96 | 28 | 12 | 5 | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 152 | |
| 13:30 | N | 98 | 29 | 11 | 2 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 156 | 302 |
| 14:00 | S | 88 | 34 | 9 | 5 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 146 | |
| 14:00 | N | 101 | 35 | 14 | 5 | 13 | 1 | 2 | 2 | 0 | 173 | 319 |
| 14:30 | S | 86 | 32 | 13 | 10 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 146 | |
| 14:30 | N | 92 | 37 | 13 | 3 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 160 | 338 |
| 15:00 | S | 116 | 29 | 9 | 13 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 178 | |
| 15:00 | N | 84 | 49 | 9 | 5 | 10 | 3 | 6 | 0 | 0 | 166 | 360 |
| 15:30 | S | 112 | 48 | 13 | 13 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 194 | |
| 15:30 | N | 109 | 20 | 9 | 8 | 14 | 2 | 5 | 0 | 0 | 167 | 350 |
| 16:00 | S | 128 | 32 | 8 | 8 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 183 | |
| 16:00 | N | 102 | 27 | 11 | 10 | 15 | 2 | 1 | 2 | 1 | 171 | 327 |
| 16:30 | S | 82 | 49 | 17 | 5 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 156 | |
| 16:30 | N | 96 | 42 | 16 | 5 | 16 | 3 | 3 | 1 | 0 | 182 | 364 |
| 17:00 | S | 95 | 58 | 13 | 6 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 182 | |
| 17:00 | N | 121 | 38 | 14 | 7 | 15 | 2 | 5 | 0 | 1 | 203 | 361 |
| 17:30 | S | 86 | 49 | 9 | 10 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 158 | |
| 17:30 | N | 98 | 36 | 12 | 3 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 164 | 307 |
| 18:00 | S | 90 | 35 | 8 | 1 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 | 143 | |
| 18:00 | N | 102 | 41 | 9 | 9 | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 172 | 322 |
| 18:30 | S | 102 | 28 | 11 | 3 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 150 | |
| 18:30 | N | 106 | 16 | 8 | 11 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 148 | 250 |
| 19:00 | S | 70 | 14 | 7 | 4 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 102 | |
| TOTAL N | | 2402 | 912 | 285 | 123 | 321 | 53 | 99 | 24 | 3 | | |
| TOTAL S | | 2403 | 1074 | 310 | 154 | 126 | 0 | 88 | 4 | 0 | | |
| PARCIAL: | | 4805 | 1986 | 595 | 277 | 447 | 53 | 187 | 28 | 3 | 8381 | 8381 |

Figura 65. Conteo vehicular, día Sábado

Conteo vehicular, día Domingo

ESTUDIO DE TRAFICO - TRAMO 1

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|
| TRAMO DE LA Av. José María Eguren | | 1 | |
| SENTIDO | | N ← | S → |
| UBICACIÓN | | | |
| DÍA Y FECHA | | | |

| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | CAMION | | | Total x 1/2 Hora | Suma ambos sentidos |
|----------|---------|------|---------------|------------|-------|-------------|-------|--------|-----|-----|------------------|---------------------|
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | 3 E | 4 E | | |
| 05:00 | N | 34 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 61 | 103 |
| 05:30 | S | 22 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 42 | |
| 05:30 | N | 40 | 19 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 68 | 120 |
| 06:00 | S | 19 | 21 | 2 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 52 | |
| 06:00 | N | 45 | 26 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 80 | 128 |
| 06:30 | S | 23 | 18 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 48 | |
| 06:30 | N | 49 | 31 | 2 | 1 | 5 | 2 | 4 | 0 | 1 | 95 | 171 |
| 07:00 | S | 39 | 28 | 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 76 | |
| 07:00 | N | 68 | 28 | 6 | 3 | 15 | 2 | 3 | 0 | 0 | 125 | 228 |
| 07:30 | S | 58 | 28 | 7 | 2 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 103 | |
| 07:30 | N | 72 | 39 | 8 | 0 | 18 | 3 | 1 | 0 | 0 | 141 | 260 |
| 08:00 | S | 69 | 30 | 10 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | |
| 08:00 | N | 83 | 34 | 10 | 3 | 14 | 2 | 1 | 0 | 0 | 147 | 279 |
| 08:30 | S | 78 | 31 | 14 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | |
| 08:30 | N | 79 | 31 | 6 | 2 | 14 | 2 | 2 | 0 | 0 | 136 | 268 |
| 09:00 | S | 91 | 24 | 9 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | |
| 09:00 | N | 90 | 33 | 12 | 6 | 13 | 2 | 4 | 0 | 0 | 160 | 360 |
| 09:30 | S | 120 | 60 | 15 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 200 | |
| 09:30 | N | 90 | 45 | 14 | 7 | 12 | 3 | 3 | 0 | 0 | 174 | 379 |
| 10:00 | S | 110 | 71 | 15 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 205 | |
| 10:00 | N | 90 | 38 | 13 | 5 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 164 | 350 |
| 10:30 | S | 89 | 68 | 10 | 11 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 186 | |
| 10:30 | N | 86 | 29 | 15 | 9 | 12 | 1 | 3 | 0 | 0 | 155 | 340 |
| 11:00 | S | 95 | 52 | 19 | 13 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 185 | |
| 11:00 | N | 70 | 32 | 10 | 2 | 8 | 2 | 4 | 2 | 0 | 130 | 319 |
| 11:30 | S | 110 | 43 | 19 | 7 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 189 | |
| 11:30 | N | 82 | 40 | 9 | 4 | 12 | 2 | 2 | 3 | 0 | 154 | 313 |
| 12:00 | S | 98 | 41 | 12 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 159 | |
| 12:00 | N | 75 | 20 | 10 | 1 | 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | 123 | 307 |
| 12:30 | S | 89 | 52 | 17 | 14 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 184 | |
| 12:30 | N | 75 | 39 | 12 | 6 | 7 | 1 | 4 | 0 | 0 | 144 | 326 |
| 13:00 | S | 115 | 37 | 17 | 3 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 182 | |
| 13:00 | N | 80 | 22 | 12 | 7 | 12 | 2 | 5 | 0 | 0 | 140 | 283 |
| 13:30 | S | 83 | 52 | 12 | 6 | 6 | 0 | 4 | 0 | 0 | 143 | |
| 13:30 | N | 92 | 31 | 11 | 3 | 8 | 2 | 3 | 0 | 0 | 150 | 290 |
| 14:00 | S | 81 | 36 | 8 | 5 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 140 | |
| 14:00 | N | 90 | 35 | 15 | 4 | 9 | 1 | 2 | 2 | 0 | 158 | 289 |
| 14:30 | S | 79 | 29 | 12 | 8 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 131 | |
| 14:30 | N | 79 | 37 | 13 | 4 | 7 | 2 | 4 | 0 | 0 | 146 | 325 |
| 15:00 | S | 113 | 39 | 7 | 9 | 4 | 0 | 7 | 0 | 0 | 179 | |
| 15:00 | N | 84 | 41 | 9 | 5 | 10 | 2 | 6 | 0 | 0 | 157 | 363 |
| 15:30 | S | 115 | 55 | 13 | 11 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 206 | |
| 15:30 | N | 112 | 12 | 10 | 7 | 12 | 1 | 5 | 0 | 0 | 159 | 307 |
| 16:00 | S | 99 | 26 | 8 | 8 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 148 | |
| 16:00 | N | 98 | 27 | 11 | 7 | 12 | 2 | 1 | 2 | 1 | 161 | 292 |
| 16:30 | S | 60 | 45 | 15 | 5 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 131 | |
| 16:30 | N | 96 | 48 | 9 | 4 | 11 | 1 | 1 | 1 | 0 | 171 | 320 |
| 17:00 | S | 82 | 39 | 13 | 5 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 149 | |
| 17:00 | N | 121 | 38 | 11 | 7 | 11 | 2 | 5 | 0 | 0 | 195 | 337 |
| 17:30 | S | 78 | 38 | 10 | 12 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 142 | |
| 17:30 | N | 98 | 36 | 11 | 3 | 9 | 1 | 2 | 0 | 0 | 160 | 288 |
| 18:00 | S | 82 | 29 | 8 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 128 | |
| 18:00 | N | 102 | 35 | 8 | 5 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 157 | 292 |
| 18:30 | S | 100 | 20 | 9 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 135 | |
| 18:30 | N | 99 | 18 | 9 | 9 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 141 | 223 |
| 19:00 | S | 60 | 13 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 82 | |
| TOTAL N | | 2279 | 882 | 264 | 115 | 266 | 43 | 91 | 10 | 2 | | |
| TOTAL S | | 2257 | 1019 | 297 | 144 | 112 | 0 | 79 | 0 | 0 | | |
| PARCIAL: | | 4536 | 1901 | 561 | 259 | 378 | 43 | 170 | 10 | 2 | 7860 | 7860 |

Figura 66. Conteo vehicular, día Domingo

ANEXO 62

Diseño estructural

Pavimento

| | CBR | Mr |
|------------|-------------|-----------|
| Subrasante | 11 % | 12105.87 |
| Sub base | 40 % | 27083.78 |
| Base | 80 % | 42205.45 |

Carpeta Asfáltica en caliente

| | | | |
|---|---|-------------------|------------------|
| REE | = | 1419370.78 | |
| | | | |
| Tipos Tráfico Pesado expresado en EE | = | Tp5 | |
| | | | |
| W18 | = | 1419370.78 | |
| | | | |
| Psi(inicial) | = | 4 | |
| Psi(final) | = | 2.5 | |
| | | | |
| Δ Psi | = | 1.5 | |
| | | | |
| R | = | 0.85 | |
| Zr | = | -1.036 | |
| So | = | 0.45 | |
| | | | |
| Calidad de Drenaje | : | BUENO | |
| | | | |
| Coefficiente de drenaje (m1) | = | 1 | |
| | | | |
| a1 | = | 0.17 | 0.43 pulg |
| a2 | = | 0.052 | 0.13 pulg |
| a3 | = | 0.047 | 0.12 pulg |

Figura 67. Diseño estructural

**DISEÑO DEL PAVIMENTO
METODO AASHTO 1993**

PROYECTO : **Ejemplo**

FECHA :

SECCION 1km - km

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

| | |
|--|----------|
| a. PERIODO DE DISEÑO (Años) | 10 |
| b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18) | 1.42E+06 |
| c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi) | 4.0 |
| d. SERVICIABILIDAD FINAL (pt) | 2.5 |
| e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R) | 85% |
| STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr) | -1.036 |
| OVERALL STANDARD DEVIATION (So) | 0.45 |

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

| | |
|---|-------|
| a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN ²) | 42.21 |
| b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE | 27.08 |
| c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi) | 12.11 |

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

| | | | |
|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| SN Requerido | G_t | N18 NOMINAL | N18 CALCULO |
| 2.99 | -0.25527 | 6.15 | 6.15 |

4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

| | |
|---------------------------------------|------------|
| a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA | |
| Concreto Asfáltico (a1) | 0.43 pulg |
| Base granular (a2) | 0.130 pulg |
| Subbase (a3) | 0.120 pulg |
| b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA | |
| Base granular (m2) | 1.00 |
| Subbase (m3) | 1.00 |

| ALTERNATIVA | SNreq | SNresul | D1(cm) | D2(cm) | D3(cm) |
|-------------|-------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 2.99 | 3.00 | 7.5 | 20 | 15 |
| 2 | 2.99 | 3.09 | 8 | 20 | 15 |

Ingrese espesores de capas de tal manera que SN resul > SN req

Figura 68. Diseño estructural, espesores de capa

Ecuación AASHTO 93 [Minimizar] [Maximizar] [Cerrar]

| | | | |
|---|----------------------|--|----------------------|
| Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido | | Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45 | |
| Serviciabilidad inicial y final PSI inicial = 4 PSI final = 2.5 | | Módulo resiliente de la subrasante Mr = 12105.87 psi | |
| Información adicional para pavimentos rígidos | | | |
| Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) | <input type="text"/> | Coefficiente de transmisión de carga - (J) | <input type="text"/> |
| Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) | <input type="text"/> | Coefficiente de drenaje - (Cd) | <input type="text"/> |
| Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 1419370.78 <input type="radio"/> Calcular W18 | | Número Estructural SN = 2.99 | |
| [Calcular] | | [Salir] | |

Figura 69. Diseño estructural, Número estructural, ecuación AASHTO 93

ANEXO 63

Insumos a considerar en la rehabilitación

DATA DE INSUMOS

Zonal

Trujillo

Mano de Obra

| | | |
|----------|----|-----------|
| Operario | hh | S/. 20.10 |
| Oficial | hh | S/. 16.51 |
| Peon | hh | S/. 14.85 |

PROM

18.60

15.35

13.85

Materiales

| | | | |
|---|-----|--------------|---------|
| Mezcla de Asfalto en Caliente MAC | m3 | S/. 605.27 | 517.81 |
| CMr 4.8-MS-H57-A3-5" (incluye patente) | m3 | S/. 386.35 | 398.32 |
| CMr 4.5-MS-H57-A3-5" (C210) | m3 | S/. 212.00 | 300.00 |
| Afirmado -Sub Base (80%) TCP | m3 | S/. 104.00 | 114.45 |
| Afirmado - Base (80%) AASHTO | m3 | S/. 36.00 | 41.68 |
| Afirmado Sub Base (30% - 40%) | m3 | S/. 23.00 | 39.61 |
| Arena gruesa | m3 | S/. 30.00 | 43.40 |
| Alambre Negro Recogido # 8 | Kg | S/. 3.30 | 4.52 |
| Alambre Negro Recogido # 16 | Kg | S/. 3.30 | 4.51 |
| Clavos 2" y 3" | Kg | S/. 3.30 | 4.42 |
| Agua puesta en Obra | m3 | S/. 6.00 | 6.22 |
| Mayerial tipo Over - Piedra Base | m3 | S/. 45.00 | 53.88 |
| Emulsion para Imprimir Inc. Flete, Asfalto RC - 250 | gln | S/. 8.60 | 8.54 |
| Imprimante Para Sellantes Juntas | gln | S/. 225.63 | 225.63 |
| Formaleta Metalica | und | S/. 1,000.00 | 1000.00 |
| Liquido Asfaltico MC-30 | gln | S/. 11.44 | 9.58 |
| Madera Tornilo | p2 | S/. 4.75 | 5.31 |
| Piedra de Chancada de 1/2" - 3/4" | m3 | S/. 0.00 | 55.34 |

Trujillo
Chiclayo
Piura
Sullana

| Trujillo | Chiclayo | Piura | Sullana | Talara | Tumbes | Cajamarca |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| S/. 20.10 | S/. 18.36 | S/. 19.30 | S/. 18.38 | S/. 16.67 | S/. 20.10 | S/. 17.31 |
| S/. 16.50 | S/. 15.39 | S/. 16.01 | S/. 15.40 | S/. 13.88 | S/. 16.05 | S/. 14.23 |
| S/. 14.84 | S/. 13.84 | S/. 14.40 | S/. 13.85 | S/. 12.73 | S/. 14.55 | S/. 12.73 |

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 605.27 | 600 | 450 | 375 | 510 | 566.58 | - |
| S/. 386.35 | S/. 378.71 | S/. 364.60 | S/. 463.60 | | | |
| S/. 212.00 | S/. 302.50 | S/. 316.00 | S/. 370.00 | S/. 350.00 | - | S/. 347.44 |
| S/. 104.00 | S/. 104.00 | S/. 135.36 | | | | |
| S/. 36.00 | S/. 29.50 | S/. 65.00 | S/. 45.00 | S/. 38.14 | S/. 38.14 | S/. 40.00 |
| S/. 23.00 | S/. 28.00 | S/. 65.00 | S/. 45.00 | S/. 38.14 | S/. 38.14 | S/. 40.00 |
| S/. 30.00 | S/. 45.00 | S/. 53.00 | S/. 42.37 | S/. 35.90 | S/. 27.50 | S/. 70.00 |
| S/. 3.30 | S/. 2.90 | S/. 4.00 | S/. 3.66 | S/. 6.14 | S/. 6.14 | S/. 5.50 |
| S/. 3.30 | S/. 2.80 | S/. 4.00 | S/. 3.66 | S/. 6.14 | S/. 6.14 | S/. 5.50 |
| S/. 3.30 | S/. 3.20 | S/. 4.00 | S/. 2.67 | S/. 6.14 | S/. 6.14 | S/. 5.50 |
| S/. 6.00 | S/. 7.00 | S/. 5.88 | S/. 5.88 | S/. 7.00 | S/. 5.88 | S/. 5.88 |
| S/. 45.00 | S/. 45.00 | S/. 45.00 | S/. 80.51 | | | |
| S/. 8.60 | | S/. 8.47 | | | | |
| S/. 225.63 | S/. 225.63 | S/. 225.63 | S/. 225.63 | S/. 225.63 | S/. 225.63 | S/. 225.63 |
| S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 | S/. 1,000.00 |
| S/. 11.44 | S/. 11.44 | S/. 8.43 | S/. 8.58 | S/. 8.80 | S/. 8.80 | - |
| S/. 4.75 | S/. 3.80 | S/. 3.80 | S/. 5.40 | S/. 7.20 | S/. 4.75 | S/. 7.50 |
| | | S/. 50.00 | | S/. 72.03 | S/. 44.00 | |

Equipo y Maquinaria

| | | | |
|--|----|--------------|---------|
| Tractor De Orugas de 140-160 HP | hm | S/. 259.38 | 231.54 |
| Camion Cisterna 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl | hm | S/. 120.00 | 119.63 |
| Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 101-135HP 10-12 ton | hm | S/. 180.00 | 155.11 |
| Motoniveladora De 125 HP | hm | S/. 180.00 | 187.90 |
| Camion Volquete De 10 m3 | hm | S/. 120.00 | 130.51 |
| Cargador Retroexcavador 62 HP 1 yd3 | hm | S/. 200.00 | 182.86 |
| Cargador Sobre Llantas de 125-135 HP 3yd3 | hm | S/. 200.00 | 183.43 |
| Compresora Neumatica 125-175 PCM, 76 HP | hm | S/. 66.20 | 66.20 |
| Barredora Mecanica 10-20 HP 7 p Longitud | hm | S/. 180.00 | 124.29 |
| Camion Imprimador 6X2 178-210 HP 1,800 GL | hm | S/. 220.00 | 222.63 |
| Rodillo Neumatico Autopropulsado 127 HP 8-23 ton | hm | S/. 190.00 | 169.22 |
| Rodillo Tandem Estatico Autopropulsado 58-70HP 8-10 ton | hm | S/. 160.00 | 123.30 |
| Pavimentadora Sobre Orugas 69 HP 10-16' | hm | S/. 220.00 | 196.15 |
| Torre De Iluminacion I/R 4X100 W (Inc. Generador) | hm | S/. 60.00 | 60.00 |
| Alisadora Simple C/Disco MBW - Motor de 5.5 hp | hm | S/. 29.40 | 29.40 |
| Cortadora De Concreto De 27 HP (Soff - Cut) | hm | S/. 35.80 | 35.80 |
| Compresora Neumatica 125-175 PCM, 76 HP | hm | S/. 66.20 | 69.36 |
| Compactador Vibr. Tipo Plancha 4 HP | hm | S/. 12.71 | 13.26 |
| Grupo Electrogenero | hm | S/. 1,060.00 | 1060.00 |
| Plnata Asfalto en Caliente 30-60 T/H | hm | S/. 2,500.00 | 2500.00 |
| Minicargador Tipo Bobcat | hm | S/. 40.00 | 40.00 |

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| S/. 259.38 | S/. 269.52 | S/. 220.00 | S/. 220.00 | S/. 211.86 | S/. 220.00 | S/. 220.00 |
| S/. 120.00 | S/. 162.18 | S/. 100.00 | S/. 125.25 | S/. 110.00 | S/. 100.00 | S/. 120.00 |
| S/. 180.00 | S/. 157.28 | S/. 150.00 | S/. 148.50 | S/. 160.00 | S/. 150.00 | S/. 140.00 |
| S/. 180.00 | S/. 173.87 | S/. 180.00 | S/. 186.45 | S/. 180.00 | S/. 180.00 | S/. 235.00 |
| S/. 120.00 | S/. 120.00 | S/. 136.78 | S/. 150.00 | S/. 140.00 | S/. 136.78 | S/. 110.00 |
| S/. 200.00 | S/. 180.00 | S/. 180.00 | S/. 180.00 | S/. 180.00 | S/. 180.00 | S/. 180.00 |
| S/. 200.00 | S/. 165.00 | S/. 190.00 | S/. 190.00 | S/. 160.00 | S/. 209.00 | S/. 170.00 |
| S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 |
| S/. 180.00 | S/. 120.00 | S/. 110.00 | S/. 120.00 | S/. 110.00 | S/. 120.00 | S/. 110.00 |
| S/. 220.00 | S/. 145.00 | S/. 238.68 | S/. 238.68 | S/. 238.68 | S/. 238.68 | S/. 238.68 |
| S/. 190.00 | S/. 137.75 | S/. 250.00 | S/. 137.75 | S/. 137.75 | S/. 193.52 | S/. 137.75 |
| S/. 160.00 | S/. 170.00 | S/. 150.00 | S/. 63.20 | S/. 63.20 | S/. 193.52 | S/. 63.20 |
| S/. 220.00 | S/. 280.00 | S/. 310.00 | S/. 141.37 | S/. 141.37 | S/. 138.95 | S/. 141.37 |
| S/. 60.00 | S/. 60.00 | S/. 60.00 | S/. 60.00 | S/. 60.00 | S/. 60.00 | S/. 60.00 |
| S/. 29.40 | S/. 29.40 | S/. 29.40 | S/. 29.40 | S/. 29.40 | S/. 29.40 | S/. 29.40 |
| S/. 35.80 | S/. 35.80 | S/. 35.80 | S/. 35.80 | S/. 35.80 | S/. 35.80 | S/. 35.80 |
| S/. 66.20 | S/. 88.30 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 | S/. 66.20 |
| S/. 12.71 | S/. 12.71 | S/. 12.71 | S/. 12.00 | S/. 12.71 | S/. 15.00 | S/. 15.00 |
| S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 | S/. 1,060.00 |
| S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 | S/. 2,500.00 |
| S/. 40.00 | S/. 40.00 | S/. 40.00 | S/. 40.00 | S/. 40.00 | S/. 40.00 | S/. 40.00 |

Figura 70. Insumos a considerar en la rehabilitación

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**PAVIMENTO EN ASFALTO EN CALIENTE****CARTEL DE OBRA 2.4x3.6M**

und/DIA 1.0000 Costo unitario directo por : und **1,123.98**

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|--------------------------------|--------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 8.0000 | 18.60 | 148.80 |
| PEON | hh | 1.0000 | 8.0000 | 13.85 | 110.80 |
| | | | | | 259.60 |
| Equipos | | | | | |
| Clavos de madera C/C3" | kg | | 2.0000 | 4.15 | 8.30 |
| Hormigon | m3 | | 0.5460 | 45 | 24.57 |
| CEMENTO PORTLAND TIPO MS 425KG | | | 1.6200 | 22.54 | 36.51 |
| MADERA TORNILLO | p2 | | 49.0000 | 5.00 | 245.00 |
| GIGANTOGRAFIA | und | 1.0000 | 1.0000 | 550.00 | 550.00 |
| | | | | | 864.38 |

SEÑALIZACIÓN Y DESVIO DE TRANSITO

glb/DIA 1.0000 Costo unitario directo por : glb **1,878.50**

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--------|-----------|----------|------------|-----------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| PEON | hh | 10.0000 | 10.0000 | 13.85 | 138.50 |
| | | | | | 138.50 |
| Equipos | | | | | |
| SEÑAL INFORMATIVA | und | | 5.0000 | 25.00 | 125.00 |
| SEÑAL PREVENTIVA | und | | 5.0000 | 35.00 | 175.00 |
| SEÑAL RESTRICTIVA | und | | 5.0000 | 28.00 | 140.00 |
| BANDERINES | und | | 10.0000 | 8.00 | 80.00 |
| CONOS REFLECTANTES | und | | 10.0000 | 12.00 | 120.00 |
| TRANQUERA DE MADERA | und | 1.0000 | 5.0000 | 220.00 | 1,100.00 |
| | | | | | 1,740.00 |

TRAZO NIVEL Y REPLANTEO

m2/DIA 1.0000 Costo unitario directo por : m2 **2.49**

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-----------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO TOPOGRÁFICO | hh | 1 | 0.01 | 22.94 | 0.23 |
| PEON | hh | 3.0000 | 0.0300 | 16.39 | 0.49 |
| | | | | | 0.72 |
| Materiales | | | | | |
| YESO BOLSA 12 KG | bls | | 0.1 | 3.9 | 0.39 |
| PINTURA ESMALTE | gal | | 0.005 | 41.52 | 0.21 |
| | | | | | 0.60 |
| Equipos | | | | | |
| NIVEL TOPOGRÁFICO | día | 0.5 | 0.0006 | 80.00 | 0.05 |
| ESTACION TOTAL | hm | 1 | 0.0100 | 110.00 | 1.10 |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.72 | 0.02 |
| | | | | | 1.17 |

CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE, PISTAS

m3/DIA 350.0000 Costo unitario directo por : m3 **6.27**

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-----------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| PEON | hh | 3.0000 | 0.0686 | 13.85 | 0.95 |
| | | | | | 0.95 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 0.95 | 0.03 |
| TRACTOR DE ORUGAS DE 140-16 | hm | 1.0000 | 0.0229 | 231.54 | 5.29 |
| | | | | | 5.32 |

CONFORMACION DE SUBRASANTE, PISTAS

m2/DIA 2,000.0000 Costo unitario directo por : m2 **3.46**

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-----------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0040 | 18.60 | 0.07 |
| PEON | hh | 3.0000 | 0.0120 | 13.85 | 0.17 |
| | | | | | 0.24 |
| Materiales | | | | | |
| AGUA | m3 | | 0.1200 | 6.22 | 0.75 |
| | | | | | 0.75 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 5.0000 | 0.24 | 0.01 |
| CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA | hm | 1.0000 | 0.0040 | 119.63 | 0.48 |
| RODILLO LISO VIBRATORIO AU | hm | 1.5000 | 0.0060 | 155.11 | 0.93 |
| MOTONIVELADORA DE 125 HP | hm | 1.4000 | 0.0056 | 187.90 | 1.05 |
| | | | | | 2.47 |

ELIMINACION DE MATERIAL EXCENDENTE

| m3/DIA | 450.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 9.51 |
|----------------------------|-----------------|--|-----------------|-------------------|--------------------|
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | |
| PEON | hh | 3.0000 | 0.0533 | 13.85 | 0.74 |
| | | | | | 0.74 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % MO | | 5.0000 | 0.74 | 0.04 |
| CAMION VOLQUETE DE 10 m3 | dm | 2.5000 | 0.0444 | 130.51 | 5.80 |
| CARGADOR FRONTAL | hm | 1.0000 | 0.0178 | 165.00 | 2.93 |
| | | | | | 8.77 |

CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR

| m2/DIA | 1,600.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 12.83 |
|-----------------------------|-------------------|--|-----------------|-------------------|--------------------|
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0050 | 18.60 | 0.09 |
| PEON | hh | 4.0000 | 0.0200 | 13.85 | 0.28 |
| | | | | | 0.37 |
| Materiales | | | | | |
| AFIRMADO PREPARADO PARA | m3 | | 0.2400 | 41.68 | 10.00 |
| AGUA | m3 | | 0.0200 | 6.22 | 0.12 |
| | | | | | 10.13 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % MO | | 5.0000 | 0.37 | 0.02 |
| CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA | hm | 1.0000 | 0.0050 | 119.63 | 0.60 |
| RODILLO LISO VIBRATORIO AU | hm | 1.0000 | 0.0050 | 155.11 | 0.78 |
| MOTONIVELADORA DE 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0050 | 187.90 | 0.94 |
| | | | | | 2.33 |

CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR

| m2/DIA | 1,600.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 9.96 |
|-----------------------------|-------------------|--|-----------------|-------------------|--------------------|
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0050 | 18.60 | 0.09 |
| PEON | hh | 4.0000 | 0.0200 | 13.85 | 0.28 |
| | | | | | 0.37 |
| Materiales | | | | | |
| AFIRMADO PREPARADO PARA | m3 | | 0.1800 | 39.61 | 7.13 |
| AGUA | m3 | | 0.0200 | 6.22 | 0.12 |
| | | | | | 7.25 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % MO | | 5.0000 | 0.37 | 0.02 |
| CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA | hm | 1.0000 | 0.0050 | 119.63 | 0.60 |
| RODILLO LISO VIBRATORIO AU | hm | 1.0000 | 0.0050 | 155.11 | 0.78 |
| MOTONIVELADORA DE 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0050 | 187.90 | 0.94 |
| | | | | | 2.33 |

IMPRIMACION ASFALTICA

| | | | |
|---------------|-------------------|---------------------------------|-------------|
| m2/DIA | 2,500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 4.87 |
|---------------|-------------------|---------------------------------|-------------|

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0032 | 18.60 | 0.06 |
| OFICIAL | hh | 6.0000 | 0.0192 | 15.35 | 0.29 |
| | | | | | 0.35 |
| Materiales | | | | | |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.0070 | 43.40 | 0.30 |
| LIQUIDO ASFALTICO MC-30 | gal | | 0.3000 | 9.58 | 2.87 |
| | | | | | 3.18 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 0.35 | 0.01 |
| COMPRESORA NEUMATICA 125 hm | | 1.0000 | 0.0032 | 66.20 | 0.21 |
| BARREDORA MECANICA 10-20 Fhm | | 1.0000 | 0.0032 | 124.29 | 0.40 |
| CAMION IMPRIMADOR 6X2 178- hm | | 1.0000 | 0.0032 | 222.63 | 0.71 |
| | | | | | 1.33 |

CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

| | | | |
|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------|
| m2/DIA | 1,200.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 52.05 |
|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------|

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|------------------------------|--------|-----------|----------|------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0067 | 18.60 | 0.12 |
| OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.0133 | 15.35 | 0.20 |
| PEON | hh | 10.0000 | 0.0667 | 13.85 | 0.92 |
| | | | | | 1.25 |
| Materiales | | | | | |
| MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE | m3 | | 0.0900 | 517.81 | 46.60 |
| | | | | | 46.60 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 5.0000 | 1.25 | 0.06 |
| RODILLO NEUMATICO AUTOPR | hm | 1.0000 | 0.0067 | 169.22 | 1.13 |
| RODILLO TANDEM ESTATICO A | hm | 1.0000 | 0.0067 | 123.30 | 0.82 |
| CAMION VOLQUETE DE 10m3 | hm | 1.0000 | 0.0067 | 130.51 | 0.87 |
| PAVIMENTADORA SOBRE ORUCH | hm | 1.0000 | 0.0067 | 196.15 | 1.31 |
| | | | | | 4.19 |

PINTURA DE TRÁFICO PARA LINEAS DE PASO Y FLECHAS

| | | | |
|---------------|----------------|---------------------------------|-------------|
| m2/DIA | 30.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 9.15 |
|---------------|----------------|---------------------------------|-------------|

| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-----------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.2667 | 22.94 | 6.12 |
| OFICIAL | hh | 0.5000 | 0.1333 | 16.39 | 2.19 |
| | | | | | 8.30 |
| Materiales | | | | | |
| PINTURA PARA TRÁFICO | m3 | | 0.0070 | 60.00 | 0.42 |
| DISOLVENTE XILOL | gal | | 0.3000 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | | 0.42 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 5.0000 | 8.30 | 0.42 |
| BROCHA DE NYLON DE 4" | und | | 0.0050 | 2.20 | 0.01 |
| | | | | | 0.43 |

Figura 71. Análisis de costos unitarios

| PRESUPUESTO ASFALTO AASHTO | | | | |
|---|-------------|------------------|--|-----------------------|
| Característica de la Via carril derecho | | | Característica de la Via carril izquierdo | |
| Long (m) | 680 | Long (m) | 728 | |
| Ancho (m) | 6 | Ancho (m) | 6 | |
| Area (m2) | 4080 | Area (m2) | 4368 | |
| Estructura de la Via | | | | |
| | Espeor | | | |
| Asfalto (m) | 0.08 | | | |
| Base (m) | 0.20 | | | |
| SubBase (m) | 0.15 | | | |
| Total (m) | 0.43 | | | |
| | Und | Metrados | PU | Total |
| 01.00 TRABAJOS PROVISIONALES | | | | |
| 1.01 CARTEL DE OBRA 2.4x3.6M | und | 1 | 1123.98 | 1123.98 |
| 1.02 SEÑALIZACIÓN Y DESVIO DE TRANSITO | GLB | 2 | 1878.50 | 3757.00 |
| 02.00 TRABAJOS PRELIMINARES | | | | |
| 2.01 TRAZO NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 3 | 2.49 | 7.46 |
| 2.02 CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE, PISTAS | m3 | 3,590.40 | 6.27 | 22513.18 |
| 2.03 CONFORMACION DE SUBRASANTE, PISTAS | m2 | 8,448.00 | 3.46 | 29231.24 |
| 2.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCIDENTE | m3 | 4,488.00 | 9.51 | 42677.44 |
| 03.00 PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | |
| 3.01 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR | m2 | 8,448.00 | 12.83 | 108387.41 |
| 3.02 CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR | m2 | 8,448.00 | 9.96 | 84109.31 |
| 3.03 IMPRIMACION ASFALTICA | m2 | 8,448.00 | 4.87 | 41100.71 |
| 3.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE | m2 | 8,448.00 | 52.05 | 439677.48 |
| 04.00 OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | | |
| 4.01 PINTURA DE TRÁFICO PARA LINEAS DE PASO Y FLECHAS | m2 | 1,000.00 | 9.15 | 9,148.80 |
| | | | COSTO DIRECTO | S/ 781,734.02 |
| | | | GASTOS GENERALES (7.00%) | S/ 54,721.38 |
| | | | UTILIDADES (10%) | S/ 78,173.40 |
| | | | SUB TOTAL | S/ 914,628.81 |
| | | | IGV(18%) | S/ 164,633.19 |
| | | | TOTAL | S/1,079,261.99 |

Figura 72. Presupuesto total